Plan-Nr. GP----_UX_X----_5ELP003ebBXXXX

-	-	-	-	-	-
B	Version 5.0	28.12.18	Georgieva	-	-
A	Version 4.0	27.08.18	Georgieva	-	-
Index	Art der Änderung	Datum	Verfasser	Datum	Freigabe

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 Ausführungsplanung		Liegenschaft / Strecke 0044		Grundstr. / Teilabschn. B / III	
Bezeichnung Station Güterplatz Beschallungsbericht Sprachalarmanlage DIN VDE 0833-4		Datum	Name	Anlage	-
	bearb.	19.05.14	Georgieva	Blatt	-
	geprueft	19.05.14	Kasperlik	Maßstab	ohne
	genehm.			Projekt-Nr.	-
Plannummer GP----_UX_X----_5ELP003ebBXXXX				Index B	

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

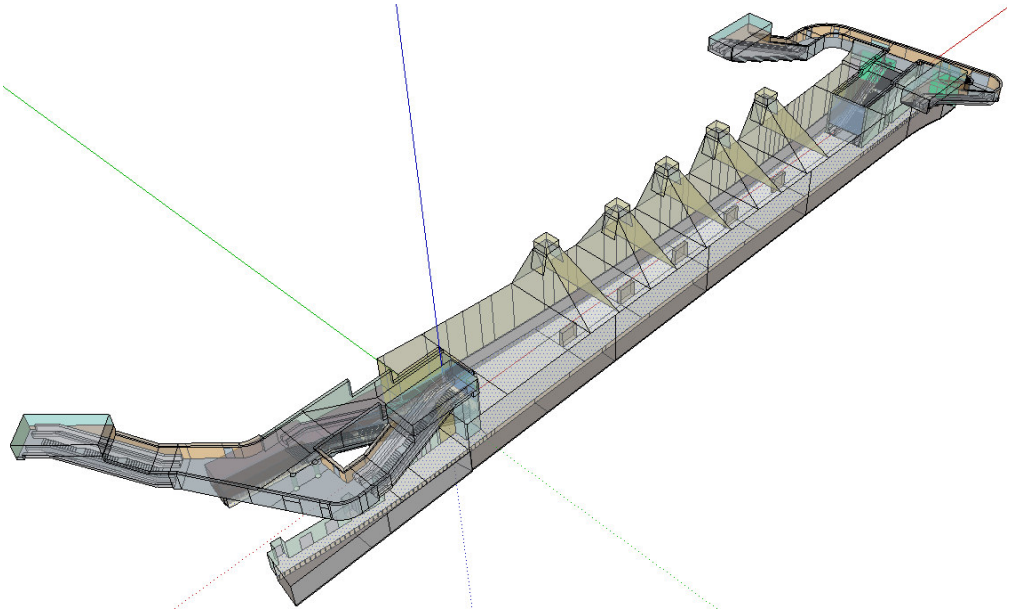
U-Bahnhof

Station Güterplatz

Beschallungsbericht

Sprachalarmanlage DIN VDE 0833-4

Version 5.0 vom 28.12.18



Obermeyer
Planen+Beraten GmbH
Quatermarkt 5

D-50667 Köln

Dokument:

Bericht zur elektroakustischen Untersuchung und Berechnung nach DIN VDE 0833-4 der 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: 19.05.14

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

Interne QS Datum: 19.05.14

Grundlagen CAD-Daten:

- Brandschutzkonzept von Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig, Stand 11.12.2012 Index B
- PDF-Plan 131210_sbev_güterplatz_kurz von KSW Architekten + Stadtplaner GmbH am 28.03.2014
- Datenblatt zu Luxalon lineare Deckensysteme von HunterDouglas Deckensysteme, übermittelt von am KSW Architekten + Stadtplaner GmbH am 24.04.2014
- Grundrisspläne übermittelt von KSW Architekten + Stadtplaner GmbH durch Hr. Buchmeier im Januar 2014
- Grundrisspläne übermittelt von Obermeyer Planen + Beraten GmbH, Stand 10.12.2014
- CAD-Pläne übermittelt von Obermeyer Planen + Beraten GmbH am 22.10.2015
- CAD-Pläne übermittelt von Herr Kilic von Obermeyer Planen + Beraten GmbH am 22.11.2018
- Längs- und Querschnitte übermittelt von KSW Architekten + Stadtplaner GmbH durch Hr. Conrad am 28.11.2018
- Flächenbeschaffenheiten aus der E-Mail von Herr Conrad an Frau Georgieva von 28.11.2018 und vom 21.08.2018

Grundlagen Anwendung:

- DIN VDE 0833-4: 2014-10 für Sprachalarmierungsanlagen sowie normative Verweisung zu DIN 14675, DIN VDE 0833-1, DIN VDE 0833-2, DIN VDE 0833-6
- Muster-Leitungsanlagenrichtlinie Stand 17.11.05

Index	Ausgabe	Von	Datum
1.0	QS geprüfte Initialausgabe	S. Georgieva	19.05.14
2.0	Geändert: - Lage, Größe und Anzahl der Multifunktionsboxen - Lautsprecheranordnung in der Bahnsteigebene - Werkstoff der Bahnsteigdecke - Fassade und Decke der Stationszugänge aus Glas nicht aus ungelochten Messingpaneelen - Typ und Montageort der Lautsprecher in den Stationszugängen - Leistungsaufnahme der Deckeneinbaulautsprecher	S. Georgieva	29.02.16
3.0	- Zusätzliche Ausfallszenarien eingefügt - Die in der Bahnsteigebene und in den Verteilerebenen eingesetzte Materialien an Wände und Decke sind mit dem Stand wie im Bericht 2.0 vom 29.02.2016 und sind nicht mehr aktuell	S. Georgieva	08.08.18
4.0	- Korrektur der Tabellen mit den Koordinaten der Lautsprecher in den Verteilerebenen	S. Georgieva	27.08.18
5.0	- Multifunktionsboxen auf 3,5m verlängern - Lautsprecherkoordinaten in der Bahnsteigebene an die Multifunktionsboxen anpassen - Werkstoffe am aktuellen Stand vom 28.11.2018 anpassen - Bericht um die Berechnungen der akustischen Größen, erzielt von der SAA in den einzelnen Verkabelungsbrandabschnitten erweitern	S. Georgieva	28.12.18

Inhaltsverzeichnis

Vorwort ... 8
1 Ergebnis ... 9
2 Zusammenfassung Aufgabenstellung ... 10
3 Normative Vorgaben und Richtlinien ... 10
3.1 Akustische Normvorgaben gemäß DIN VDE 0833-4: 2014-10 ... 10
3.2 Sicherheitsstufen gemäß DIN VDE 0833-4: 2014-10 ... 10
3.3 Hintergrundgeräusch ... 11
3.4 Verkabelung Brandabschnitt gemäß MLAR, Stand 2005 ... 11
4 Akustische Parameter – 3D Modell ... 12
4.1 CAD Grundlagen zur Erstellung des 3D Modells ... 12
4.2 Verwendete Materialien ... 12
4.3 Sammlung Absorptionskoeffizienten verwendeter Materialen ... 14
5 Technische Lösung zur Beschallung der Station Güterplatz ... 17
5.1 Bahnsteigebene - Lautsprecheranordnung und eingesetzte Lautsprecher ... 17
5.1.1 Lautsprecheranordnung ... 17
5.1.2 Eingesetzter Lautsprecher ... 19
5.2 Verteilerebenen Ost und West - Lautsprecheranordnung und eingesetzte Lautsprecher ... 20
5.2.1 Lautsprecheranordnung ... 20
5.2.2 Eingesetzter Lautsprecher ... 21
5.3 Installationskoordinaten und Einstellungsparameter der Lautsprecher ... 22
5.3.1 Bahnsteigebene ... 22
5.3.2 Verteilerebenen Ost und West ... 24
6 Elektroakustische Berechnung des gesamten Alarmierungsbrandabschnitts ... 27
6.1 Sprachverständlichkeit ohne Anlagenfehler ... 27
6.2 Gesamtschalldruck ohne Anlagenfehler ... 28
6.3 Elektroakustische Berechnung des 1. Fehlerfalls gemäß Sicherheitsstufe II ... 30
6.3.1 Szenario 1: Ausfall Lautsprecherzeile 4 gleichwertig der Ausfallszenario Lautsprecherzeile 3 ... 30
6.3.1.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 30
6.3.1.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 31
6.3.2 Szenario 2: Ausfall Lautsprecherzeilen 1 und 6 ... 33
6.3.2.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 33
6.3.2.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 34
6.3.1 Szenario 3: Ausfall Lautsprecherzeilen 2 und 5 ... 35
6.3.1.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 35
6.3.1.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 36
6.3.2 Szenario 4: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene Ost ... 37
6.3.2.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 37
6.3.2.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 38
6.3.3 Szenario 5: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene West ... 39
6.3.3.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 39
6.3.3.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 40
6.3.4 Szenario 6: Ausfall Lautsprecherzeilen VE Ost -LS23 und VE Ost -LS24 gleichwertig dem Ausfallszenario VE West -LS21 und VE West -LS22 ... 42
6.3.4.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 42
6.3.4.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 43
7 Elektroakustische Berechnung der einzelnen virtuellen Brandabschnitte ... 44
7.1 Bahnsteigebene ... 44
7.1.1 Nachhallzeit Bahnsteigebene ... 44
7.1.2 Sprachverständlichkeit ohne Anlagenfehler ... 44
7.1.3 Gesamtschalldruck ohne Anlagenfehler ... 46
7.1.4 Elektroakustische Berechnung des 1. Fehlerfalls gemäß Sicherheitsstufe II ... 47
7.1.4.1 Szenario 1: Ausfall Lautsprecherzeile 4 gleichwertig der Ausfallszenario Lautsprecherzeile 3 ... 47
7.1.4.1.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 47
7.1.4.1.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 48
7.1.4.2 Szenario 2: Ausfall Lautsprecherzeilen 1 und 6 ... 49
7.1.4.2.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 49
7.1.4.2.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 50
7.1.4.3 Szenario 3: Ausfall Lautsprecherzeilen 2 und 5 ... 51
7.1.4.3.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 51
7.1.4.3.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 52
7.2 Verteilerebene Ost ... 54
7.2.1 Nachhallzeit – Verteilerebene mit perforierter Metalldecke ... 54
7.2.2 Sprachverständlichkeit ohne Anlagenfehler ... 54

7.2.3 Gesamtschalldruck ohne Anlagenfehler ... 56
7.2.4 Elektroakustische Berechnung des 1. Fehlerfalls gemäß Sicherheitsstufe II ... 57
7.2.4.1 Szenario 4: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene Ost ... 57
7.2.4.1.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 57
7.2.4.1.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 58
7.2.4.2 Szenario 6: Ausfall Lautsprecherzeilen VE Ost -LS23 und VE Ost -LS24 ... 60
7.2.4.2.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 60
7.2.4.2.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 61
7.3 Verteilerebene West ... 62
7.3.1 Nachhallzeit – Verteilerebene mit perforierter Metalldecke ... 62
7.3.2 Sprachverständlichkeit ohne Anlagenfehler ... 63
7.3.3 Gesamtschalldruck ohne Anlagenfehler ... 64
7.3.4 Elektroakustische Berechnung des 1. Fehlerfalls gemäß Sicherheitsstufe II ... 65
7.3.4.1 Szenario 5: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene West ... 65
7.3.4.1.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 65
7.3.4.1.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 66
7.3.4.2 Szenario 6: Ausfall Lautsprecherzeilen VE West - LS23 und VE West -LS24 ... 68
7.3.4.2.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall ... 68
7.3.4.2.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall ... 69
8 Zusammenfassung Elektroakustik SAA Station Güterplatz ... 70
9 Abkürzungsverzeichnis ... 73

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung 3D Modell Station Güterplatz der Stadtbahnlinie Europaviertel in Frankfurt am Main ... 12
Abbildung 2: Absorptionskoeffizienten Marmor ... 14
Abbildung 3: Absorptionskoeffizienten Glattbeton ... 14
Abbildung 4: Absorptionskoeffizienten Glasfenster ... 15
Abbildung 5: Absorptionskoeffizienten OWA Metalldecke, 8% Lochanteil, 2,5mm Lochdurchmesser, mit 30mm Mineralwolle hinterlegt ... 15
Abbildung 6: Absorptionskoeffizienten perforierter Metallblech, Lochanteil mit ca. 8% angenommen ... 16
Abbildung 7: Absorptionskoeffizienten Metallpaneele mit Stoßfuge ... 16
Abbildung 8: Absorptionskoeffizienten feste Fahrbahn ... 17
Abbildung 9: Absorptionskoeffizienten OWA Metalldecke, 1,5% Lochanteil, 0,7mm Lochdurchmesser, mit Premium OP19 hinterlegt ... 17
Abbildung 10: Bahnsteigebene – Anordnung der V90 Lautsprecherzeilen im 3D Modell ... 18
Abbildung 11: Bahnsteigebene – Ausrichtung der Lautsprecherzeilen in der mittleren Multifunktionsbox ... 19
Abbildung 12: Balloon V90 Lautsprecher 1/3 Octave @ 1kHz ohne Equalizer ... 19
Abbildung 13: Detailabbildung – Anordnung der Lautsprecherzeile Zugang Nord-West ... 20
Abbildung 14: Verteilerebene Ost – Lautsprecheranordnung im 3D Modell ... 21
Abbildung 15: Verteilerebene West – Lautsprecheranordnung im 3D Modell ... 21
Abbildung 16: Balloon H90 Lautsprecher 1/3 Octave @ 1kHz ohne Equalizer ... 22
Abbildung 17: Koordinatensystem im 3D Modell der Station Güterplatz ... 23
Abbildung 18: Equalizereinstellung Intellivox V90 Lautsprecherzeilen ... 24
Abbildung 19: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung ohne Anlagenfehler ... 27
Abbildung 20: Brandabschnitt - STI Histogramm ohne Anlagenfehler ... 28
Abbildung 21: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung ohne Anlagenfehler ... 29
Abbildung 22: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm ohne Anlagenfehler ... 29
Abbildung 23: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 1 ... 31
Abbildung 24: Brandabschnitt - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 1 ... 31
Abbildung 25: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 1 ... 32
Abbildung 26: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 1 ... 32
Abbildung 27: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 2 ... 33
Abbildung 28: Brandabschnitt - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 2 ... 33
Abbildung 29: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 2 ... 34
Abbildung 30: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 2 ... 34
Abbildung 31: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 3 ... 35
Abbildung 32: Brandabschnitt - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 3 ... 35
Abbildung 33: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 3 ... 36
Abbildung 34: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 3 ... 36
Abbildung 35: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 4 ... 37
Abbildung 36: Brandabschnitt - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 4 ... 38
Abbildung 37: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 4 ... 38
Abbildung 38: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 4 ... 39
Abbildung 39: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 5 ... 40
Abbildung 40: Brandabschnitt - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 5 ... 40
Abbildung 41: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 5 ... 41
Abbildung 42: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 5 ... 41
Abbildung 43: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 6 ... 42
Abbildung 44: Brandabschnitt - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 6 ... 42
Abbildung 45: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 6 ... 43
Abbildung 46: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 6 ... 43
Abbildung 47: Bahnsteigebene – Nachhallzeit T30 über der Frequenz ... 44
Abbildung 48: Bahnsteigebene - 3D STI Verteilung ohne Anlagenfehler ... 45
Abbildung 49: Bahnsteigebene - STI Histogramm ohne Anlagenfehler ... 45
Abbildung 50: Bahnsteigebene - TotalSPL 3D Verteilung ohne Anlagenfehler ... 46
Abbildung 51: Bahnsteigebene - TotalSPL Histogramm ohne Anlagenfehler ... 46
Abbildung 52: Bahnsteigebene - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 1 ... 48
Abbildung 53: Bahnsteigebene - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 1 ... 48
Abbildung 54: Bahnsteigebene - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 1 ... 49
Abbildung 55: Bahnsteigebene - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 1 ... 49
Abbildung 56: Bahnsteigebene - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 2 ... 50
Abbildung 57: Bahnsteigebene - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 2 ... 50
Abbildung 58: Bahnsteigebene - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 2 ... 51
Abbildung 59: Bahnsteigebene - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 2 ... 51
Abbildung 60: Bahnsteigebene - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 3 ... 52

Abbildung 61: Bahnsteigebene - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 3 52
Abbildung 62: Bahnsteigebene - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 3 53
Abbildung 63: Bahnsteigebene - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 3 53
Abbildung 64: Verteilerebene Ost – Nachhallzeit T30 über der Frequenz 54
Abbildung 65: Verteilerebene Ost - 3D STI Verteilung ohne Anlagenfehler 55
Abbildung 66: Verteilerebene Ost - STI Histogramm ohne Anlagenfehler 55
Abbildung 67: Verteilerebene Ost - TotalSPL 3D Verteilung ohne Anlagenfehler 56
Abbildung 68: Verteilerebene Ost - TotalSPL Histogramm ohne Anlagenfehler 56
Abbildung 69: Verteilerebene Ost - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 4 58
Abbildung 70: Verteilerebene Ost - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 4 58
Abbildung 71: Verteilerebene Ost - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 4 59
Abbildung 72: Verteilerebene Ost - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 4 59
Abbildung 73: Verteilerebene Ost - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 6 60
Abbildung 74: Verteilerebene Ost - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 6 60
Abbildung 75: Verteilerebene Ost - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 6 61
Abbildung 76: Verteilerebene Ost - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 6 62
Abbildung 77: Verteilerebene West – Nachhallzeit T30 über der Frequenz 62
Abbildung 78: Verteilerebene West - 3D STI Verteilung ohne Anlagenfehler 63
Abbildung 79: Verteilerebene West - STI Histogramm ohne Anlagenfehler 63
Abbildung 80: Verteilerebene West - TotalSPL 3D Verteilung ohne Anlagenfehler 64
Abbildung 81: Verteilerebene West - TotalSPL Histogramm ohne Anlagenfehler 64
Abbildung 82: Verteilerebene West - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 5 66
Abbildung 83: Verteilerebene West - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 5 66
Abbildung 84: Verteilerebene West - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 5 67
Abbildung 85: Verteilerebene West - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 5 67
Abbildung 86: Verteilerebene West - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 6 68
Abbildung 87: Verteilerebene West - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 6 68
Abbildung 88: Verteilerebene West - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 6 69
Abbildung 89: Verteilerebene West - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 6 69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox V90 in der Bahnsteigebene 23
Tabelle 2: Installationskoordinaten Lautsprecher – Verteilerebene West 25
Tabelle 3: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox H90 – Verteilerebene West 25
Tabelle 4: Installationskoordinaten Lautsprecher – Verteilerebene Ost 25
Tabelle 5: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox H90 – Verteilerebene Ost 26
Tabelle 6: Zusammenfassende Auswertung Brandabschnitt 70
Tabelle 7: Zusammenfassende Auswertung Verkabelungsbrandabschnitt Bahnsteigebene 71
Tabelle 8: Zusammenfassende Auswertung Verkabelungsbrandabschnitt Verteilerebene Ost 71
Tabelle 9: Zusammenfassende Auswertung Verkabelungsbrandabschnitt Verteilerebene West 71

Vorwort

Zur Erstellung von elektroakustischen Simulationen werden maßstabsgetreue 3D Modelle der zu beschallenden Bereiche anhand aktueller Architekturpläne erstellt. Die Genauigkeit des 3D Modells ist die entscheidende Grundlage wie genau die raumakustischen Verhältnisse des 3D Modells im Vergleich zur Realität abgebildet werden können.
Nachfolgende Untersuchungen und Berechnungen der Station Güterplatz in Frankfurt am Main decken die öffentlichen Verkehrsflächen der Bahnsteigebene (C-Ebene) und der Verteilerebene Ost und West (B- Ebene) vollständig ab. Die Sprachalarmierungsanlage ist gemäß DIN VDE 0833-4: 2014-10 als Teilschutz (nur öffentliche Bereiche) mit Sicherheitsstufe II ausgeführt.

Die Berechnung der Schallausbreitung und somit erzielbaren elektroakustischen Vorgaben der DIN VDE 0833-4: 2014-10 kann nur mit komplexen Berechnungsverfahren durchgeführt werden, die die Raumarchitektur, Oberflächenbeschaffenheiten und Abstandsmaße einbeziehen. Nach DIN VDE 0833-4: 2014-10 sind Berechnungsprogramme zu verwenden, die die Verdeckung mit einberechnen. Rein statistische Berechnungen sind nicht aussagekräftig. Es wurde das Programm EASE 4.4 mit dem AURA Plug-In der RWTH Aachen eingesetzt.

Die SAA muss im täglichen Betrieb die Reisenden im Gefahrenfall zuverlässig evakuieren können. Da der Simulationsbericht nicht nur über die Machbarkeit der SAA in der Station Güterplatz entscheiden soll sondern auch zugleich die Installationskoordinaten der Lautsprecher, deren Leistungsabgriffe und Verstärkerkanalzugehörigkeit sowie für den späteren Betrieb Einpegelungszielvorgaben festlegt ist es zwingend notwendig die SAA so zu berechnen und auszulegen, dass sie den zusätzlichen Anforderungen an Schalldruck und Sprachverständlichkeit bei einer Alarmierung/Räumung der Station erfüllt.

1 Ergebnis

Die Berechnungen im Beschallungsbericht der Version 4.0 von 27.08.2018 ohne Raumakustik haben gezeigt, dass die geforderte Sprachverständlichkeit von 0,5 STI-Wert ohne raumakustisch wirksame Oberflächen nicht erreicht werden kann. Daher wird in den nachfolgend durchgeführten Berechnungen eine abgehängte Metalldecke aus perforierten Metallkassetten mit hinterlegten Akustikplatten an die Decke in der Verteilerebene Ost und in der Verteilerebene West eingesetzt. Eine genauere Beschreibung der Raumakustik ist unter Punkt 4.2 zu finden. Im aktuellen Beschallungsbericht sind nicht nur das Absorptionsvermögen der raumakustischen Oberflächen, sondern auch die Lautsprecherkoordinaten und die Signal-Einstellungen am Lautsprecher definiert.

Die gesamte Station gehört nach BSK zu einem Brandabschnitt. Um die Bestimmungen für die Verkabelung nach MLAR zu erfüllen, musste der Brandabschnitt in drei virtuellen Brandabschnitte/ Verkabelungsbrandabschnitte aufgeteilt werden. Somit werden die Verteilerebene Ost, Verteilerebene West und die Bahnsteigebene mit eigenen Funktionserhatkreisen erschlossen.
Nachfolgend sind die von der SAA im Regelbetrieb und im Fehlerfall erzielten mittleren Sprachverständlichkeit und Gesamtschalldruck, sowohl für den gesamten Brandabschnitt als auch für die drei einzelne virtuelle Brandabschnitte /Verkabelungsbrandabschnitte angegeben. Es wurden auch alle mögliche Fehlerfälle nach Sicherheitsstufe II betrachtet und ausführlich dokumentiert.

Fazit:
Unter Einhaltung der hier definierten raumakustischen Vorgaben kann mittels EN54-24 zertifizierter Deckeneinbaulautsprecher und passive Lautsprecherzeilen die Station Güterplatz normgerecht nach DIN VDE 0833-4: 2014-10 sowohl im Regelbetrieb als auch im Fehlerfall alarmiert werden.

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.

Bemerkung:
Bei der Messung der Sprachverständlichkeit ist auf eine natürliche Verteilung der Messpunkte in der Station zu achten. Werden hauptsächlich Messpunkte gewählt, die sich in den Schatten der Stationsausstattung befinden, so kann einen niedrigeren STI-Wert gemessen werden als den Wert, der im Bericht angegeben ist.
Wird zur Einmessung der SAA die direkte Messmethode (STIPa Messung mit NTI) eingesetzt, ist darauf zu achten, dass sich die Person, die das Messgerät bedient an einem zufälligen Ort befindet und nicht immer im Direktfeld des nächsten Lautsprechers.

Der in diesem Bericht definierte Alarmierungspegel stellt den Signalpegel im Alarmierungsfall dar. Er soll einen ausreichenden Signal-Stör-Abstand zu dem Hintergrundgeräusch im Alarmierungsfall gewährleisten. Da die Messungen aber meistens nachts durchgeführt werden, ist das Hintergrundgeräusch in der Station sehr leise. Bei leisen Hintergrundgeräuschen setzt die Verdeckung früher ein, demzufolge kann der hohe Alarmierungspegel eine Verschlechterung der Sprachverständlichkeit bewirken. Es ist somit zu empfehlen den Alarmierungspegel für die STI-Messung abzusenken.

2 Zusammenfassung Aufgabenstellung

Der nachfolgende Beschallungsbericht soll die Beschallbarkeit der öffentlichen Verkehrsflächen der Station Güterplatz gemäß den Vorgaben einer Sprachalarmierungsanlage nach DIN VDE 0833-4: 2014-10 mit der Sicherheitsstufe II (Teilschutz) untersuchen und die zu verwendenden Lautsprecher, deren Installationsorte und deren Leistungsabgriffe definieren. Die Installationsorte sind mit der Architektur sowie der technischen Ausführbarkeit zu koordinieren und festzulegen. Sind raumakustische Absorbermaterialien notwendig ist dieses mit der Architektur und sonstigen technischen Einbauten zu koordinieren.

3 Normative Vorgaben und Richtlinien

Als normative Grundlage gilt die im Oktober 2014 herausgegebene DIN VDE 0833-4: 2014-10 für Sprachalarmierungsanlagen (SAA) deren Kernfestlegungen nachfolgend aufgelistet sind. Zusätzlich zur DIN VDE 0833-4: 2014-10 gilt die MLAR, Stand 2005, als Richtlinie bezüglich des Funktionserhalts von Leitungsanlagen.

3.1 Akustische Normvorgaben gemäß DIN VDE 0833-4: 2014-10

In den Publikumsbereichen sind eine mittlere Sprachverständlichkeit abzüglich einer Standardabweichung von mindestens 0,5 auf der STI-Skala zu erzielen. Bei besonders komplizierten akustischen Randbedingungen (z.B. lange Nachhallzeit, hohes Hintergrundgeräusch) dürfen die Anforderungen an die Sprachverständlichkeit auf STI=0,45 herabgesetzt werden. Dafür ist ein Nachweis zu erbringen (z. B. eine Computersimulation), dass ein STI=0,5 mit verfügbarer Technik nicht erreichbar ist.

Regelbetrieb:
➔ Mindestsprachverständlichkeit 0,5 STI
➔ In Ausnahmefälle mindestens 0,45 STI

3.2 Sicherheitsstufen gemäß DIN VDE 0833-4: 2014-10

In den Publikums- und Passagierbereichen (Teilschutz) gilt die Sicherheitsstufe II. Im Leitungs- oder Verstärkerfehler darf die Sprachverständlichkeit innerhalb eines Brandabschnitts auf 0,45 STI sinken. In der aktuellen Version der Norm entfällt die Regel, dass der Gesamtschalldruck nur um maximal 3dB abfallen darf. Es wird aber auf eine A-B Verkabelung hingewiesen. Da aufgrund der Verkabelung nur die Hälfte der Lautsprecher im Fehlerfall ausfallen kann fällt der Gesamtschalldruck nur um maximal 3dB.

Fehlerfall:
➔ Mindestsprachverständlichkeit 0,45 STI

Ein Ausfall der 230VAC Ortsnetzversorgung gilt NICHT als erster Fehlerfall.

3.3 Hintergrundgeräusch

Das Hintergrundgeräusch in der Verteilerebene (Ebene B) hat hauptsächlich das Reisendenaufkommen, die Straßengeräusche von außerhalb der Station und die Geräusche der U-Bahnfahrzeuge aus der Bahnsteigebene als Ursache. Die Bahngeräusche gelangen über die Treppenaufstiege nur gedämpft in die Verteilerebenen. Deswegen ist das Hintergrundgeräusch dort in der Regel leiser als in der Bahnsteigebene. Da die gesamte Station laut Brandschutzkonzept einen Brandabschnitt darstellt, ist die Verteilerebene gleichzeitig mit der Bahnsteigebene zu evakuieren. Die Akustik- Programme können nicht mit unterschiedlichen Hintergrundgeräuschen im Raum rechnen. Deshalb wird bei den folgenden Berechnungen das schlimmste Szenario betrachtet und in beiden Ebenen das 70dB(A) Hintergrundgeräusch der Bahnsteigebene eingesetzt. Das höher angesetzte Hintergrundgeräusch kann dazu führen, dass die Lautsprecher in der Verteilerebene für die reale Anwendung etwas zu laut eingestellt sind und die Verdeckung die Sprachverständlichkeit reduziert. Sollte dies der Fall sein, so ist das bei der Einmessung zu berücksichtigten und die Lautsprecherkreise in der Verteilerebene sind entsprechend leiser zu stellen.

3.4 Verkabelung Brandabschnitt gemäß MLAR, Stand 2005

Als Grundfläche eines Verkabelungsbrandabschnitts mit Ansteuerung in Funktionserhaltverkabelung ist eine maximale Fläche von 1.600m² in einer Ebene nicht zu überschreiten, gemäß MLAR Stand 2005. Nach BSK ist die Station ein Alarmierungsbrandabschnitt, so dass die SAA über alle Ebenen zeitgleich alarmieren muss. Nach MLAR ist die Ansteuerung von mehreren Etagen mit einem Funktionserhaltkreis nicht zulässig, deshalb muss der Brandabschnitt in mehrere virtuelle Brandabschnitte aufgeteilt werden. Die Fläche der virtuellen Abschnitte darf, die von MLAR festgelegten Fläche von 1600m² nicht überschreiten.

Brandabschnitt nach BSK:	gesamte uPva bestehend aus Bahnsteig, Verteilerebene Ost und West
Verkabelungs-Brandabschnitte:	Bahnsteigebene Verteilerebene Ost Verteilerebene West

Die Aufteilung in verschiedene Verkabelungsbrandabschnitte wurde für die akustischen Berechnungen eingesetzt.

4 Akustische Parameter – 3D Modell

4.1 CAD Grundlagen zur Erstellung des 3D Modells

Das ursprüngliche 3D Modell wurde anhand der von der Firma Obermeyer Planen + Beraten GmbH am 22.11.2018 und anhand der von KSW Architekten + Stadtplaner GmbH am 28.11.2018 übermittelten Grundrisspläne und Schnitte überarbeitet. Die Werkstoffe, die im Modell eingesetzt wurden, wurden sowohl aus den übermittelten Plänen als auch aus den E-Mails vom Architekten Herr Conrad am Akustikplaner Frau Georgieva vom 28.11.2018 und 21.08.2018 entnommen.

Die Länge der Multifunktionsboxen wurde in den Simulationen auf 3,5m gesetzt. Diese Länge ist gemäß E-Mail vom Architekten vom 29.10.18 aufgrund der Schilder des Wegleitsystems erforderlich. Die Breite beträgt nach wie vor 0,8m und die Höhe 3,25m.

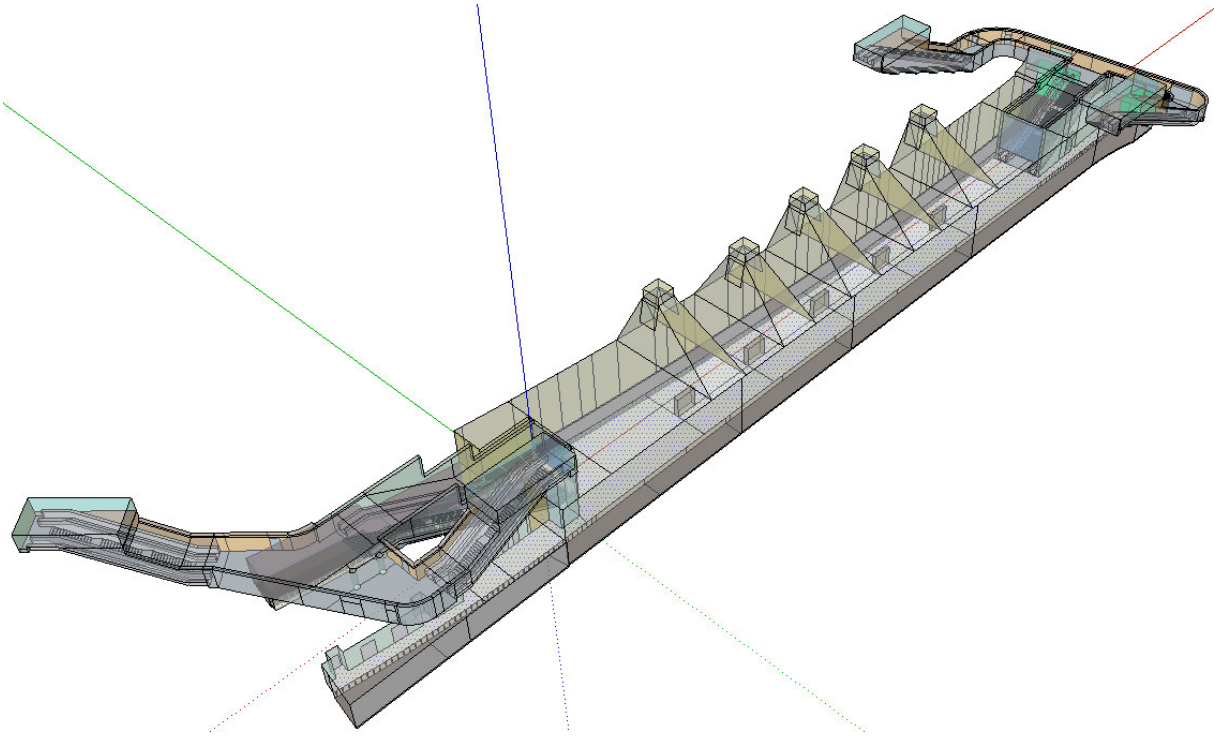


Abbildung 1: Darstellung 3D Modell Station Güterplatz der Stadtbahnlinie Europaviertel in Frankfurt am Main

Das 3D Modell wurde im Programm Google SketchUp Pro 2016 erstellt, in EASE 4.4 importiert und dort mit den entsprechenden Materialien belegt.

4.2 Verwendete Materialien

<u>Verteilerebene</u>

Der Boden der Verteilerebene Ost und West ist aus schallhartem Material wie Marmor oder Terrazzo und hat sehr geringer Schallabsorption. Die Wände in den Aufgängen von der Bahnsteigebene zur Verteilerebene sind beidseitig aus Sichtbeton und somit ebenso als schallhart einzustufen.
Die Wände in den Zugängen sind mit Messingpaneele verkleidet und weisen eine höhere Schallabsorption als Marmor auf. In der Verteilerebene sind die Paneele mit Lochmuster versehen. Es werden gemäß der Information vom Architekten zwei

unterschiedliche Arten von Lochung eingesetzt. Eines der Lochmuster hat eine Standardlochung mit 9,2mm Lochweite, 28mm Lochabstand und einem Lochanteil von 8,5%. Das zweite Lochmuster wird aus einem Fotomotiv generiert und hat eine variable Lochweite bei einem konstanten Lochabstand von 28mm. Das Motiv und das Lochanteil sind noch nicht bekannt. Die Schallabsorption der Metallpaneele zu ermitteln, ohne Messwerte vom Hersteller ist aufgrund der unterschiedlichen Lochweiten nicht möglich. Deswegen wurde in den nachfolgenden akustischen Berechnungen eine regelmäßige Lochung der Metallpaneele mit 8% Lochanteil angenommen, deren Schallabsorption gleich der Schallabsorption einer perforierten Metalldecke mit ca. 8% Lochanteil ohne Akustikauflage und Vlies gesetzt wurde.
Der Frequenzverlauf der Schallabsorption der Wände aus perforierte und nicht perforierte Metallpaneele ist in der nachfolgenden Sammlung dargestellt.
In den Stationszugängen auf der Ebene A sind die Wände und die Decke aus Glas und absorbieren somit sehr wenig Schall.
In der Verteilerebene ist eine abgehängte Akustikdecke aus perforierte Metallkassetten eingesetzt. Sie bedeckt nicht vollflächig die Betondecke, sondern endet jeweils 50 cm von der Wand und bildet so einen freien Rand als Lichtvoute aus. In den 50 cm breiten Randstreifen ist die Betondecke sichtbar. In den Berechnungen wurde die Metalldecke von der Fa. Armstrong mit dem Lochmuster Rg 0701 mit einem freien Querschnitt von 1,5% und der Einlage Premium OP19 eingesetzt. Die Abhangtiefe der Decke beträgt 30cm. Die Seiten der Abhangdecke sind mit senkrechten Schürzen aus Stahlblech verschlossen. Die Schallabsorption der gelochte Abhangdecke ist aus dem Datenblatt des Herstellers Fa. Armstrong entnommen und befindet sich in der nachfolgenden Sammlung.

Bahnsteigebene

Der Boden der Bahnsteigebene ist aus Terrazzo und ist ebenso wie Marmor als schallhart mit geringer Absorption einzustufen. Schallhart sind auch das Gleisbett aus Beton, die Decke und die Wände der Treppenaufgänge aus Sichtbeton. Eine etwas höhere Absorption im tiefen Frequenzbereich haben die Lichtöffnungen an der Decke aus Glas.
Der Außenwände der Station ist eine Streckmetallfassade aus perforiertem Messing vorgesetzt. Der Abstand zwischen der Fassade und der Betonwand beträgt ca. 80mm. Der Öffnungsquerschnitt der Streckmetallfassade beträgt laut Hersteller 8%. Direkt hinter der Streckmetallfassade sind 30mm starke Akustikplatten z.B. ISOVER Akustic SSP2, angebracht. Da zu dem Absorptionsvermögen der Fassadenkonstruktion keine Messwerte vorhanden sind, wurden ihre Schallabsorptionskoeffizienten pro Terzband analog zu diesen einer Metallkassettendecke mit einem Lochanteil von 8% und einem Lochdurchmesser von 2,5mm, hinterlegt mit 30mm Mineralwolle angenommen. Eine Metalldecke dieser Art hat eine hohe Schallabsorption, die z.B. aus den Produktdatenblättern des Herstellers Fural GmbH entnommen werden kann.
Die Beschaffenheit der Wände der 5 Lichtkegeln ist unterschiedlich. Die Kegelflächen parallel zum Gleis sind so wie die Fassade mit Messing-Streckmetallpaneelen mit einem Öffnungsgrad von 8% verkleidet, jedoch ohne akustisch wirksame Einlage. Trotz Perforation ist Schallabsorption der perforierten Metallpaneele ohne eine Einlage sehr niedrig. Deswegen wird bei den Akustikdecken standardmäßig Vlies hinterlegt. Da zu dem Absorptionsvermögen der Fassadenkonstruktion keine Messwerte vorhanden sind, wurden ihre Schallabsorptionskoeffizienten pro Terzband

analog zu diesen einer Metallkassettendecke mit einem Lochanteil von ca. 8% ohne Akustikeinlage angenommen.
Die Kegelflächen quer zum Gleis bestehen aus schallhartem Sichtbeton mit horizontaler Profilierung. Die Profilierung erhöht die Streuung an der Fläche, erhöht aber deren Schallabsorption nicht.

4.3 Sammlung Absorptionskoeffizienten verwendeter Materialen

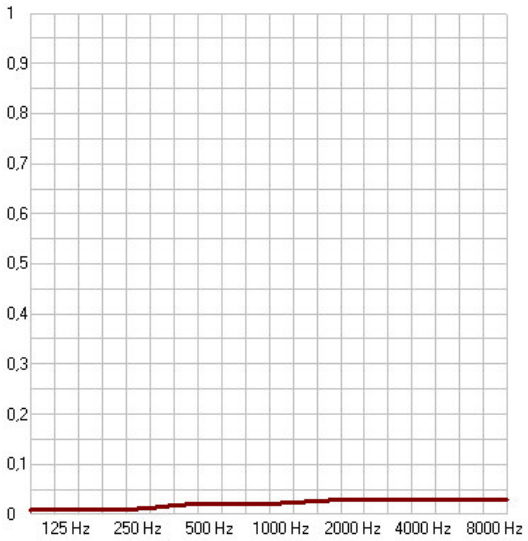


Abbildung 2: Absorptionskoeffizienten Marmor

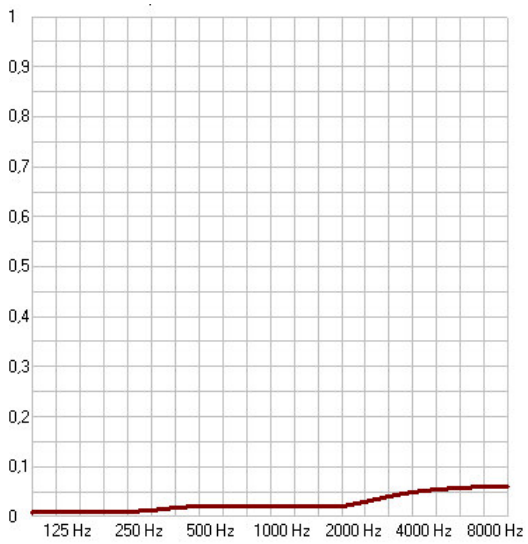


Abbildung 3: Absorptionskoeffizienten Glattbeton

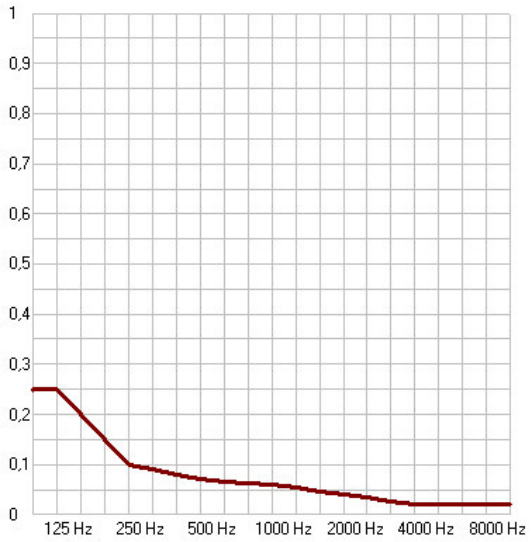


Abbildung 4: Absorptionskoeffizienten Glasfenster

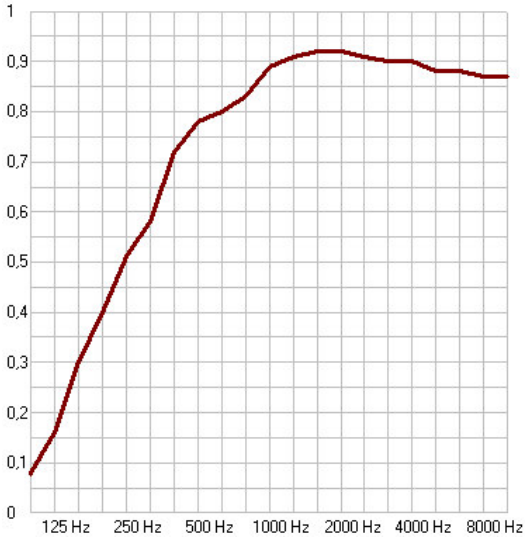


Abbildung 5: Absorptionskoeffizienten OWA Metalldecke, 8% Lochanteil, 2,5mm Lochdurchmesser, mit 30mm Mineralwolle hinterlegt

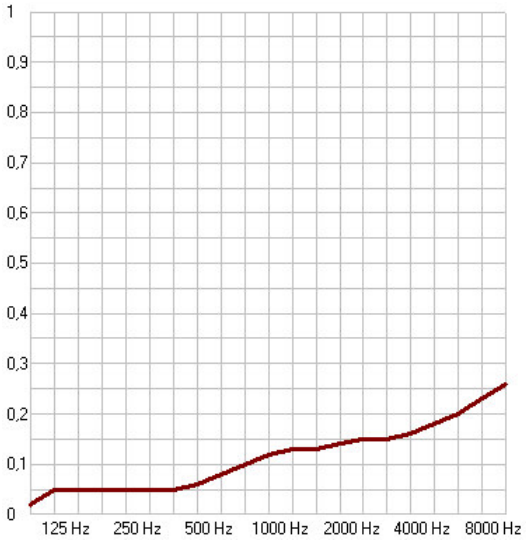


Abbildung 6: Absorptionskoeffizienten perforierter Metallblech, Lochanteil mit ca. 8% angenommen

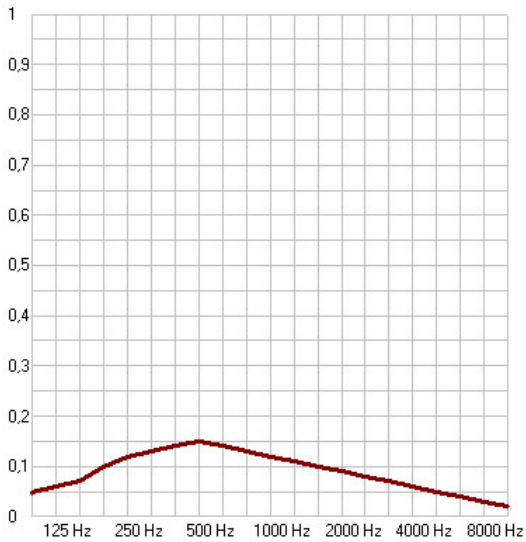


Abbildung 7: Absorptionskoeffizienten Metallpaneele mit Stoßfuge

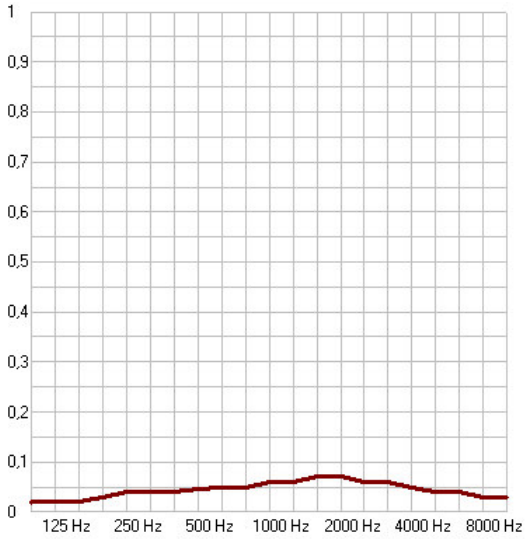


Abbildung 8: Absorptionskoeffizienten feste Fahrbahn

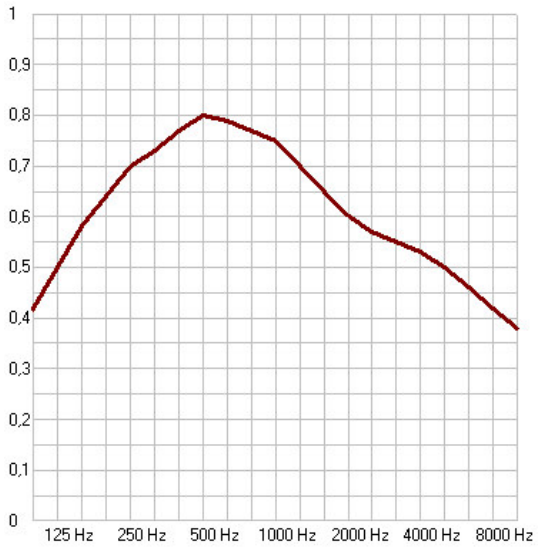


Abbildung 9: Absorptionskoeffizienten OWA Metalldecke, 1,5% Lochanteil, 0,7mm Lochdurchmesser, mit Premium OP19 hinterlegt

5 Technische Lösung zur Beschallung der Station Güterplatz

5.1 Bahnsteigebene - Lautsprecheranordnung und eingesetzte Lautsprecher

5.1.1 Lautsprecheranordnung

In der Bahnsteigebene werden insgesamt 6 passive Lautsprecherzeilen eingesetzt, die zur Sprachalarmierung dienen. Sie sind so wie in Abbildung 10 und Abbildung 11 dargestellt in den fünf Multifunktionsboxen auf einer Höhe von 2,35m (Abstand von der Lautsprecher-Unterkante bis zum Boden) eingebaut. Sollten die Lautsprecher mit einem Gitter verblendet werden, so soll es ein Öffnungsgrad von 75% aufweisen und mindestens die Maße der Lautsprecher-Frontseite haben.
Neben den Lautsprechern der SAA werden in den Multifunktionsboxen Lautsprecher eingebaut, die zur Information der Reisenden dienen (siehe Bericht zur

gleichzeitigen, gleisselektiven Beschallung). Um alle drei Lautsprecher nebeneinander zu montieren wird eine Tiefe der Multifunktionsbox von mindestens 0,8m benötigt.

Wie in der Abbildung 11 dargestellt werden in der mittleren Multifunktionsbox zwei Lautsprecherzeilen eingesetzt. Eine davon ist nach Westen und die andere nach Osten gewandt. In den beiden Multifunktionsboxen an der westlichen Bahnsteighälfte ist jeweils eine Lautsprecherzeile eingebaut, die nach Westen gewandt ist. Analog dazu ist in den Multifunktionsboxen an der östlichen Bahnsteighälfte ebenso jeweils eine Lautsprecherzeile eingebaut, die nach Osten gewandt ist.

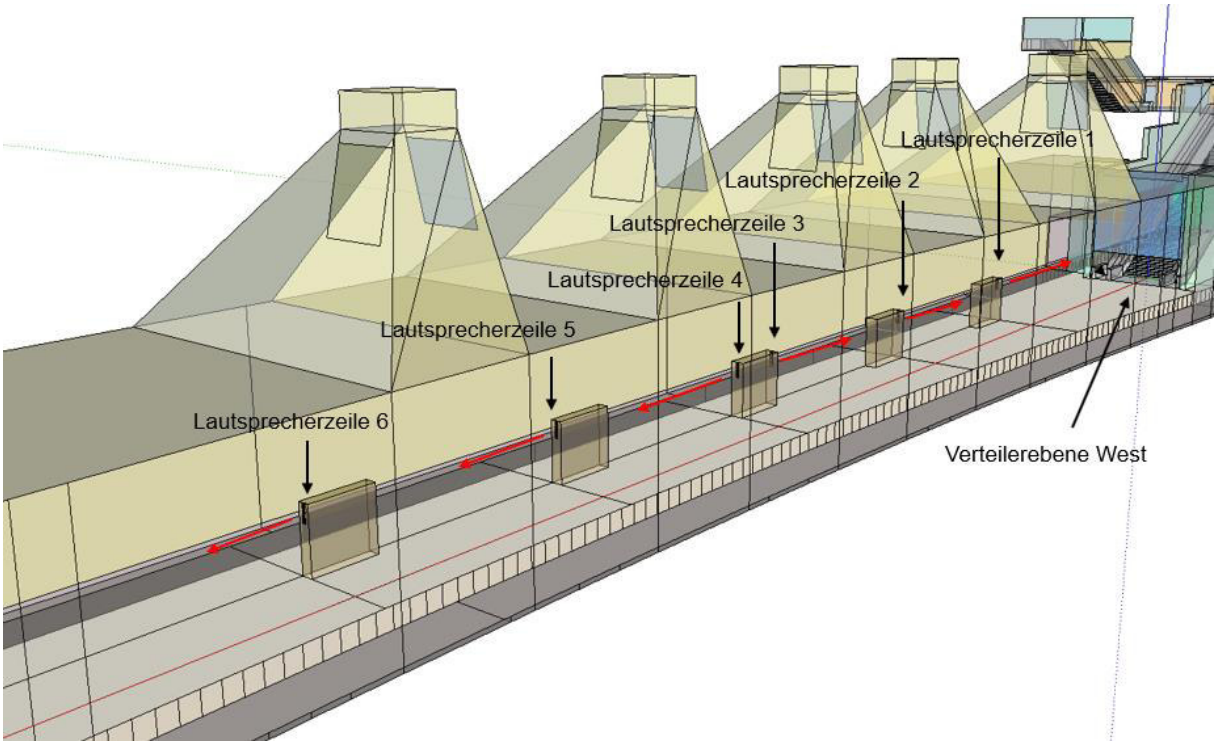


Abbildung 10: Bahnsteigebene – Anordnung der V90 Lautsprecherzeilen im 3D Modell

Um eine Verwechslung der Lautsprecher zu vermeiden sind in Abbildung 10 und Abbildung 11 nur die Lautsprecher der SAA abgebildet.

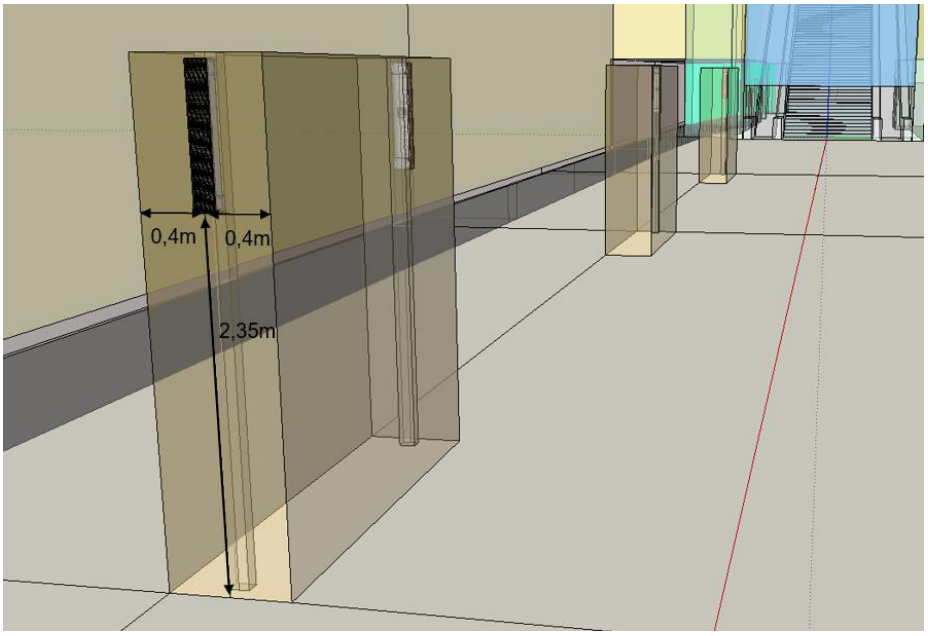


Abbildung 11: Bahnsteigebene – Ausrichtung der Lautsprecherzeilen in der mittleren Multifunktionsbox

5.1.2 Eingesetzter Lautsprecher

Zur Berechnung der Sprachalarmierungsanlage wird hier der Datensatz der passiven Lautsprecherzeilen Intellivox V90 von JBL (Duran Audio) mit EN54-24 Zertifizierung verwendet. Generell sind alle passiven Lautsprecherzeilen mit vergleichbaren akustischen Daten und einer EN54-24 Zertifizierung einsetzbar.

<u>Abstrahlcharakteristik V90 Lautsprecher</u>
Die Lautsprecherzeile Intellivox V90 besitzt einen breiten horizontalen Abstrahlungswinkel. Der vertikale Abstrahlungswinkel wird mit steigender Frequenz kleiner. In Abbildung 12 ist die Abstrahlcharakteristik der V90 Lautsprecher bei 1kHz dargestellt.

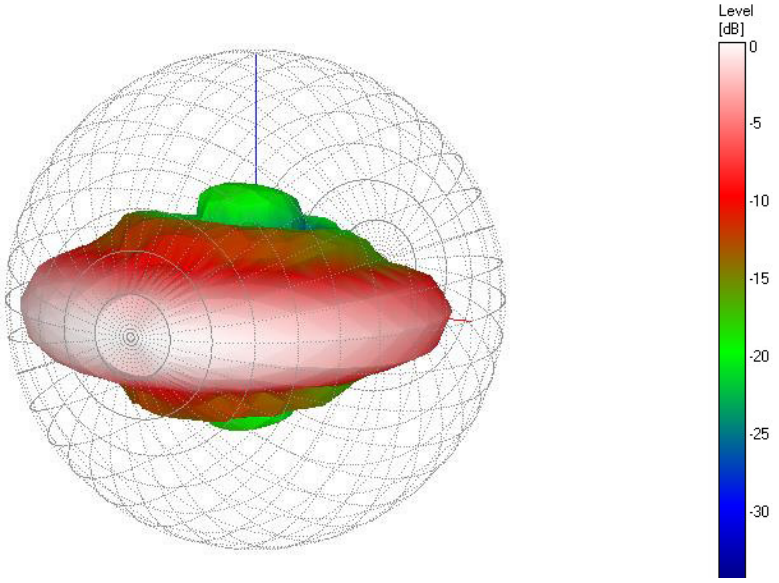


Abbildung 12: Balloon V90 Lautsprecher 1/3 Octave @ 1kHz ohne Equalizer

5.2 Verteilerebenen Ost und West - Lautsprecheranordnung und eingesetzte Lautsprecher

5.2.1 Lautsprecheranordnung

In der Verteilerebene West werden insgesamt 20 Deckeneinbaulautsprecher und in der Verteilerebene Ost insgesamt 24 Deckeneinbaulautsprecher eingesetzt. Die Lautsprecheranordnung im 3D Modell der Verteilerebenen Ost und West ist in Abbildung 14 und Abbildung 15 dargestellt. In den Stationszugängen werden passive Lautsprecherzeilen verwendet, die in der Wandverkleidung unterhalb der Sockeloberkante eingebaut sind so wie in der Detailabbildung dargestellt ist.

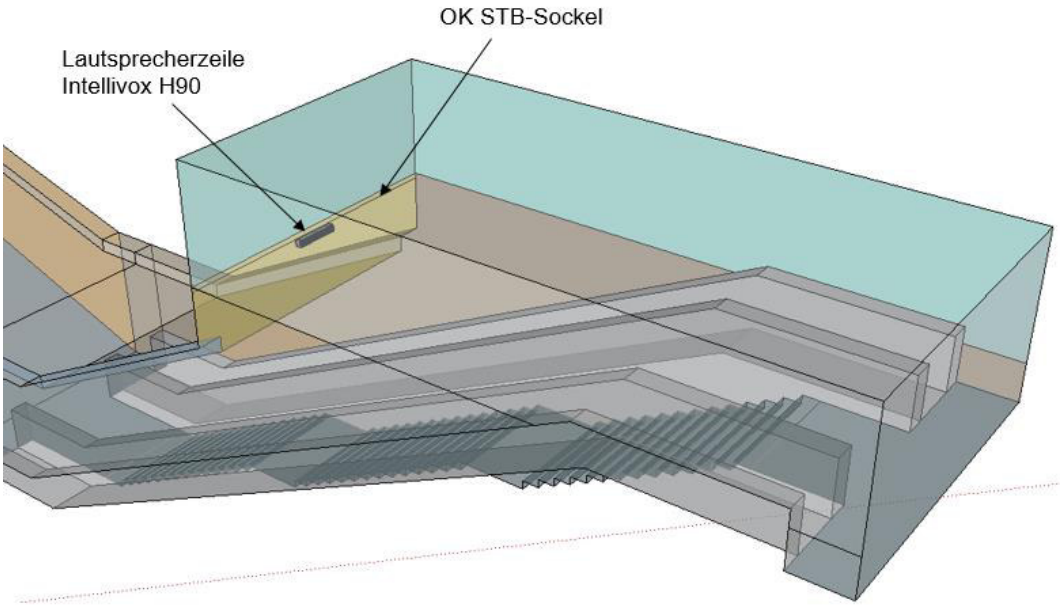


Abbildung 13: Detailabbildung – Anordnung der Lautsprecherzeile Zugang Nord-West

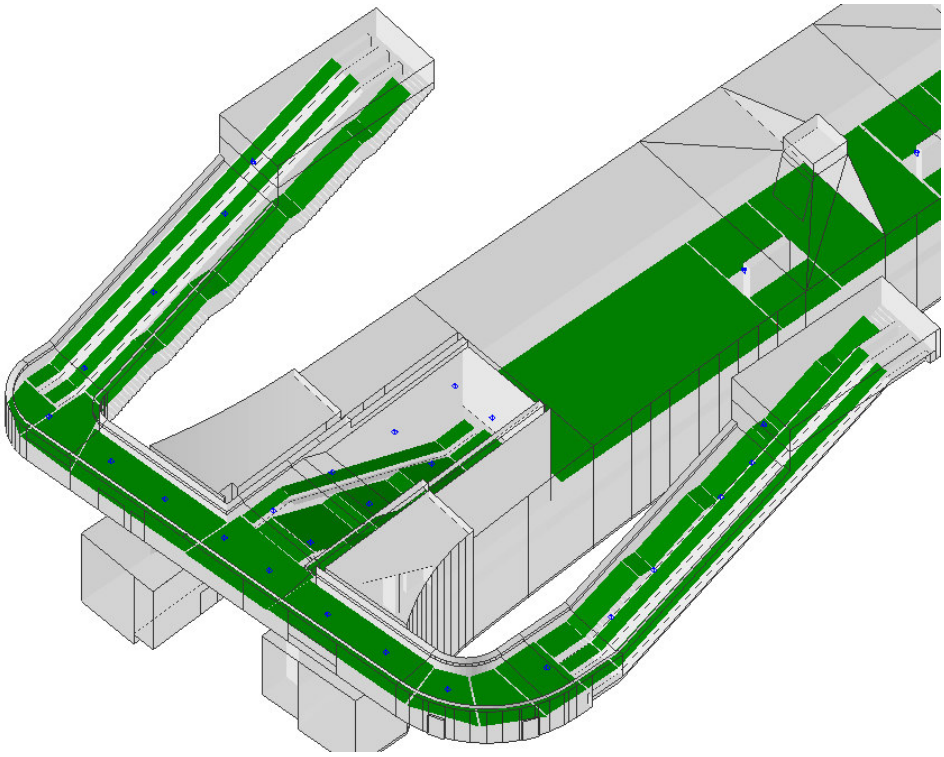


Abbildung 14: Verteilerebene Ost – Lautsprecheranordnung im 3D Modell

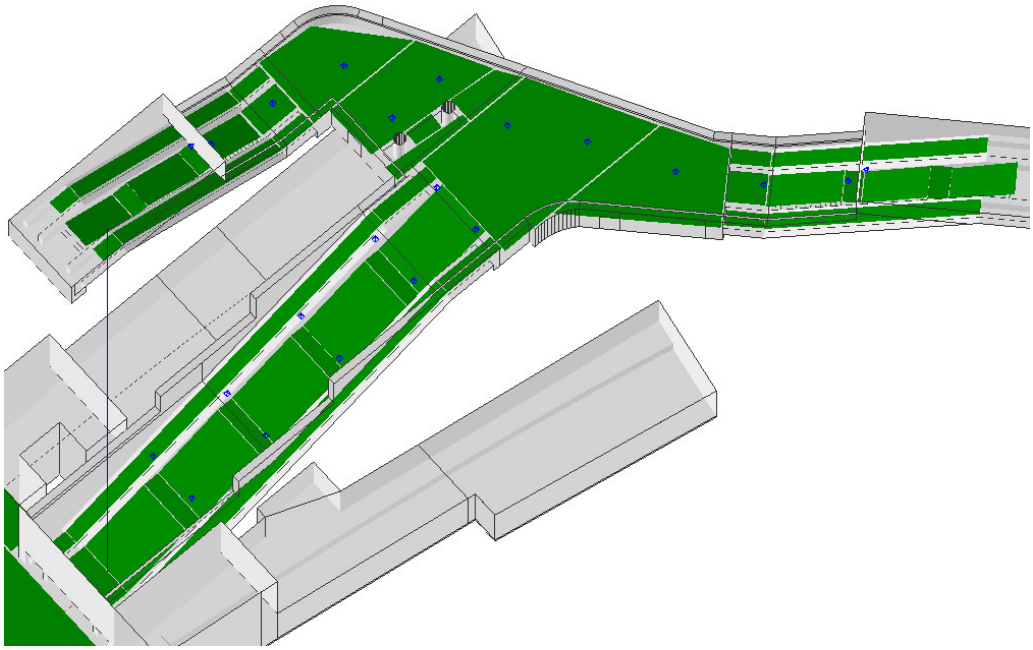


Abbildung 15: Verteilerebene West – Lautsprecheranordnung im 3D Modell

5.2.2 Eingesetzter Lautsprecher

Zur Berechnung der Sprachalarmierungsanlage werden hier die Datensätze der passiven Lautsprecherzeilen Intellivox H90 von JBL (Duran Audio) und der Deckeneinbaulautsprecher DL 06-165/T von IC Audio mit EN54-24 Zertifizierung

verwendet. Generell sind alle passiven Lautsprecher mit vergleichbaren akustischen Daten und einer EN54-24 Zertifizierung einsetzbar.

Abstrahlcharakteristik H90 Lautsprecher

Die Lautsprecherzeile Intellivox H90 besitzt einen breiten vertikalen Abstrahlungswinkel und einen schmalen horizontalen Abstrahlungswinkel. In Abbildung 16 ist die Abstrahlcharakteristik der H90 Lautsprecher bei 1kHz dargestellt.

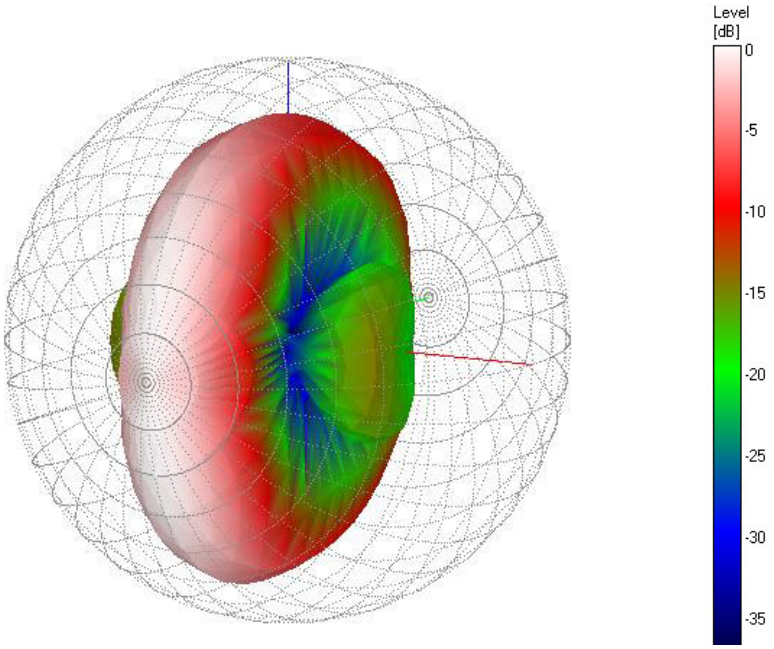


Abbildung 16: Balloon H90 Lautsprecher 1/3 Octave @ 1kHz ohne Equalizer

Vergleicht man die Keulen der beiden Lautsprechertypen V90 und H90 ist erkennbar, dass man die V90 nicht zu einer H90 durch drehen des Lautsprechers um 90° ändern kann. Die Bauart der beiden Lautsprechertypen ist zwar von außen betrachtet ähnlich, aber der innere Aufbau ist grundverschieden.

5.3 Installationskoordinaten und Einstellungsparameter der Lautsprecher

5.3.1 Bahnsteigebene

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

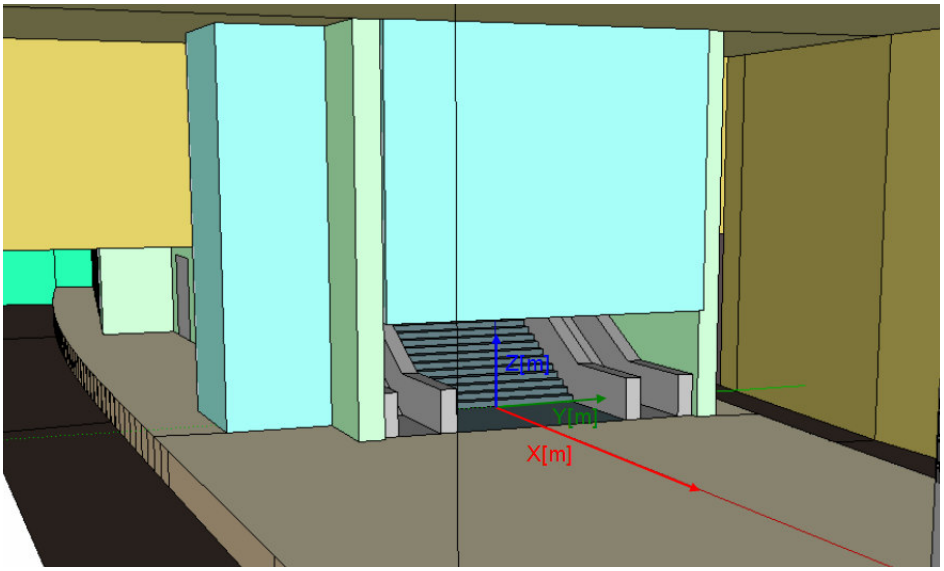


Abbildung 17: Koordinatensystem im 3D Modell der Station Güterplatz

Der Koordinatenursprung liegt in der Mitte des Treppenaufgangs zum Verteilerebene West auf Höhe des Fertigfußbodens.
Da die Lautsprecherzeilen in den Multifunktionsboxen eingebaut sind, sind die Koordinaten durch die Position der Multifunktionsboxen vorgegeben.

Um die Einstellungen der entsprechenden Lautsprecherzeile eindeutig einordnen zu können, werden die Koordinaten der Lautsprecher in der nachfolgenden Tabelle eingetragen. Die Montagehöhe Z[m] wird gemessen von Oberkante Fertigfußboden bis Unterkante Lautsprecher.

LS Nummer	X[m]	Y[m]	Z[m]	Delay [ms]
Lautsprecherzeile 1	23,90	-3,00	2,35	88
Lautsprecherzeile 2	38,90	-3,00	2,35	44
Lautsprecherzeile 3	53,90	-3,00	2,35	0
Lautsprecherzeile 4	57,40	-3,00	2,35	0
Lautsprecherzeile 5	72,40	-3,00	2,35	44
Lautsprecherzeile 6	87,40	-3,00	2,35	88

Tabelle 1: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox V90 in der Bahnsteigebene

Aufgrund der horizontalen Schallausbreitung müssen die Schallfelder von jedem einzelnen Lautsprechern zeitlich zueinander synchronisiert werden. Das einzustellende Delay ist aus der Tabelle 1 zu entnehmen.
Um die Lautstärke flexibel anpassen zu können, ohne den Leistungsabgriff am Lautsprecher nachträglich ändern zu müssen, werden die Intellivox V90 Zeilen an der maximalen Anzapfung von 100W angeschlossen. Die Lautstärke der Lautsprecher ist nach der Installation so einzustellen, dass der im Abschnitt 7.1.3 berechnete Gesamtschalldruck von 89dB(A) bei einem Signal mit 6dB Crestfaktor messbar ist.
Mit der Hilfe eines Equalizers wurde der Signal-Stör-Abstand optimiert und die erzielte Sprachverständlichkeit verbessert. Die einzustellende SPL-Frequenzverteilung ist relativ zur maximalen Aussteuerung der Lautsprecherzeilen (0dB) in der dargestellt.

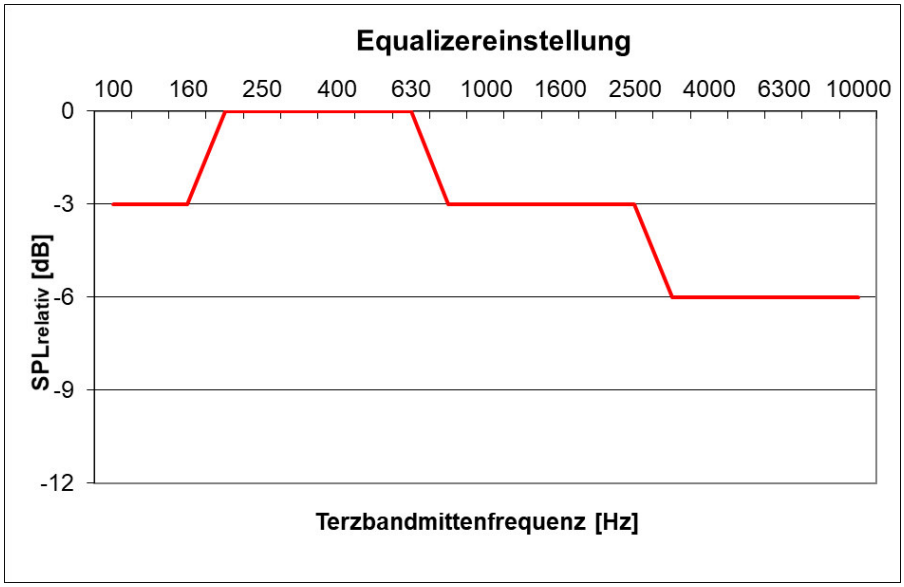


Abbildung 18: Equalizereinstellung Intellivox V90 Lautsprecherzeilen

Die Lautsprecherzeilen könnten aufgrund der Symmetrie der Anordnung in Zweiergruppen verkabelt werden. Somit können die Lautsprecherzeilen 1 und 6 (88ms Delay) und die Lautsprecherzeilen 2 und 5 (44ms Delay) jeweils an einem Lautsprecherkreis angeschlossen werden. Dies ist nur für die beiden Lautsprechern in der mittleren Multifunktionsbox (0ms Delay) **nicht** zulässig, weil im Fehlerfall ein Drittel der Bahnsteigebene unbeschallt sein würde.

Verkabelung zur Erfüllung der Sicherheitsstufe II

Der erste Fehler ist gemäß Sicherheitsstufe II der DIN VDE 0833-4: 2014-10 ein Leitungsdefekt oder ein Verstärkerfehler (ohne Havarie Betrachtung).
Damit die Anforderung der Sicherheitsstufe II an die Sprachverständlichkeit erfüllt ist dürfen sowohl bei einem Leitungsfehler als auch bei einem Verstärkerfehler gemäß Fehlerfallbetrachtung nur folgende Lautsprecher gleichzeitig ausfallen: Lautsprecherzeile 1 und 6 oder Lautsprecherzeile 2 und 5 oder Lautsprecherzeile 3 oder Lautsprecherzeile 4. Die Fehlerbetrachtung soll bei der Verkabelung der Lautsprecher und bei der Auswahl der Verstärkertechnik eingehalten werden.

5.3.2 Verteilerebenen Ost und West

Um die Lautsprecher der Verteilerebenen an der Decke einzuordnen, wurde ein Koordinatensystem eingeführt, dessen Ursprung sich so wie in Abbildung 17 dargestellt in der Mitte des Treppenaufgangs zum Verteilerebene West auf Höhe des Fertigfußbodens befindet. Die X- und Y- Koordinaten der Lautsprecher sind in Tabelle 2 bis Tabelle 5 eingetragen. Die Montagehöhe Z[m] wird von der Deckenhöhe vorgegeben.
Die Höhe der Intellivox H90 Zeilen ist in den folgenden Tabellen, gemessen von der Unterkante Lautsprecher bis zum Koordinatenursprung angegeben.

LS Nummer	Typ	X[m]	Y[m]
VE West-LS1-A1	DL 06-165/T-EN54	-5,30	1,80
VE West-LS2-B1	DL 06-165/T-EN54	-5,40	-1,80
VE West-LS3-A1	DL 06-165/T-EN54	-11,30	-1,80

LS Nummer	Typ	X[m]	Y[m]
VE West-LS4-B1	DL 06-165/T-EN54	-11,30	1,80
VE West-LS5-A1	DL 06-165/T-EN54	-17,30	1,80
VE West-LS6-B1	DL 06-165/T-EN54	-17,30	-1,80
VE West-LS7-A1	DL 06-165/T-EN54	-23,30	-1,80
VE West-LS8-B1	DL 06-165/T-EN54	-23,30	1,80
VE West-LS9-A1	DL 06-165/T-EN54	-28,30	1,80
VE West-LS10-B1	DL 06-165/T-EN54	-28,30	-1,80
VE West-LS11-A1	DL 06-165/T-EN54	-34,20	-2,00
VE West-LS12-B1	DL 06-165/T-EN54	-37,20	2,00
VE West-LS13-A1	DL 06-165/T-EN54	-40,00	7,00
VE West-LS14-B1	DL 06-165/T-EN54	-43,50	11,20
VE West-LS15-A1	DL 06-165/T-EN54	-47,00	15,00
VE West-LS16-B1	DL 06-165/T-EN54	-33,00	-7,00
VE West-LS17-A1	DL 06-165/T-EN54	-29,20	-7,00
VE West-LS18-B1	DL 06-165/T-EN54	-29,20	-11,50
VE West-LS19-A1	DL 06-165/T-EN54	-24,30	-12,50
VE West-LS20-B1	DL 06-165/T-EN54	-19,30	-12,50

Tabelle 2: Installationskoordinaten Lautsprecher – Verteilerebene West

LS Nummer	X[m]	Y[m]	Z[m]	Delay [ms]	Leistungsverhältnis [dB]
VE West -LS21	-17,90	-12,50	19,80	175	-6
VE West -LS22	-47,70	15,60	19,60	175	-6

Tabelle 3: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox H90 – Verteilerebene West

LS Nummer	Typ	X[m]	Y[m]
VE Ost -LS1-A1	DL 06-165/T-EN54	111.30	-4,70
VE Ost -LS2-B1	DL 06-165/T-EN54	111,20	-1,10
VE Ost -LS3-A1	DL 06-165/T-EN54	116,70	-0,80
VE Ost -LS4-B1	DL 06-165/T-EN54	116,80	-4,40
VE Ost -LS5-A1	DL 06-165/T-EN54	122,40	-4,20
VE Ost -LS6-B1	DL 06-165/T-EN54	122,30	-0,60
VE Ost -LS7-A1	DL 06-165/T-EN54	127,60	-0,40
VE Ost -LS8-B1	DL 06-165/T-EN54	127,70	-4,00
VE Ost -LS9-A1	DL 06-165/T-EN54	131,60	-4,40
VE Ost -LS10-B1	DL 06-165/T-EN54	131,20	-0,40
VE Ost -LS11-A1	DL 06-165/T-EN54	133,00	-14,10
VE Ost -LS12-B1	DL 06-165/T-EN54	132,40	-9,40
VE Ost -LS13-A1	DL 06-165/T-EN54	129,30	-21,00
VE Ost -LS14-B1	DL 06-165/T-EN54	133,60	-19,60
VE Ost -LS15-A1	DL 06-165/T-EN54	117,10	-21,00
VE Ost -LS16-B1	DL 06-165/T-EN54	123,30	-21,00
VE Ost -LS17-A1	DL 06-165/T-EN54	130,70	4,90
VE Ost -LS18-B1	DL 06-165/T-EN54	129,90	9,80
VE Ost -LS19-A1	DL 06-165/T-EN54	128,90	14,80
VE Ost -LS20-B1	DL 06-165/T-EN54	122,80	17,70
VE Ost -LS21-A1	DL 06-165/T-EN54	117,20	17,70
VE Ost -LS22-B1	DL 06-165/T-EN54	113,50	17,70
VE Ost -LS23-A1	DL 06-165/T-EN54	107,70	17,70
VE Ost -LS24-B1	DL 06-165/T-EN54	105,00	17,70

Tabelle 4: Installationskoordinaten Lautsprecher – Verteilerebene Ost

LS Nummer	X[m]	Y[m]	Z[m]	Delay [ms]	Leistungsverhältnis [dB]
VE Ost -LS23	114,90	-21,00	19,65	162	-6
VE Ost -LS24	104,00	17,60	19,65	162	-6

Tabelle 5: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox H90 – Verteilerebene Ost

Zusätzlich zur Abbildung der Koordinaten eines Lautsprechers ist in Tabelle 2 und Tabelle 4 auch die Zugehörigkeit zu den A- und B-Linien festgelegt, um die Einhaltung der MLAR darzustellen sowie das elektroakustische Ausfallszenario nach Sicherheitsstufe II der DIN VDE 0833-4: 2014-10 abzubilden.

Um die Lautstärke flexibel anpassen zu können, ohne den Leistungsabgriff am Lautsprecher nachträglich ändern zu müssen, werden die DL 06-165/T Lautsprecher und die Intellivox H90 Zeilen an der maximalen Anzapfung von 6W bzw. 100W angeschlossen. Bei einem Sprachsignal mit 12dB Crestfaktor nehmen die DL 06-165/T Lautsprecher eine Leistung von 0,6 Watt auf. Ein Lautsprecher mit 6Watt Rauschleistung (6dB Crestfaktor) verfügt gemäß EN54-24 noch über 0,9Watt Leistungsreserve bei einem Sprachsignal mit 12dB Crestfaktor. Das entspricht einer Gesamtschalldruckreserve von 4dB.

In Tabelle 3 und Tabelle 5 ist der Schallleistungspegel jeder einzelnen Lautsprecherzeile Intellivox H90 relativ zum Maximalpegel einer noch unbekannten Zentraltechnik angegeben worden, um die Einstellungen an der Zentraltechnik einfacher vornehmen zu können. In der Berechnung wurde keinen Equalizer eingesetzt.
Die Lautstärke der Lautsprecher ist nach der Installation so einzustellen, dass der in den Abschnitten 7.2.3 und 7.3.36.2 berechnete Gesamtschalldruck von 89dB(A) bei einem Signal mit 6dB Crestfaktor messbar ist.

Verkabelung zur Erfüllung der Sicherheitsstufe II

Um die Bestimmungen der Sicherheitsstufe II im Fehlerfall einzuhalten ist es notwendig die Deckeneinbaulautsprecher pro Verteilerebene mit jeweils zwei Linien, einer A- und einer B- Linie zu verkabeln. Gemäß Fehlerfallbetrachtung dürfen bei einem Leitungsbruch oder bei einem Verstärkerfehler nur die Hälfte der Lautsprecher **von einer der** Verteilerebenen ausfallen.
Beide Lautsprecherzeilen Intellivox H90 in der Verteilerebene West haben die gleichen Entstellungen und können an einem Lautsprecherkreis angebunden werden. Das Gleiche gilt auch für die Lautsprecherzeilen Intellivox H90 in der Verteilerebene Ost. Auf diese Weise fallen im Fehlerfall die Zeilen in beiden Stationszugängen **nur einer** Verteilerebene aus. Beide Fälle sind akustisch gleichwertig und stellen die akustisch ungünstigsten Fälle dar. Die Fehlerbetrachtung soll bei der Verkabelung der Lautsprecher und der Auswahl der Verstärkertechnik eingehalten werden.

Einzustellendes Delay

Die in der Bahnsteigebene montierten V90 Lautsprecher erzeugen ein horizontales Schallfeld, der in den Treppenaufgängen zu der Verteilerebene Ost und West auf

das vertikale Schallfeld, erzeugt durch die Deckeneinbaulautsprecher trifft. Damit die Sprachverständlichkeit erhalten bleibt und kein Echo
durch die SAA erzeugt wird, müssen die Lautsprecher der Verteilerebenen West um 175ms (Millisekunden) und diese der Verteilerebenen Ost um 162ms (Millisekunden) in ihrer Ausspielzeit verzögert werden (Delay).

6 Elektroakustische Berechnung des gesamten Alarmierungsbrandabschnitts

Nach BSK ist die Station einen Alarmierungsbrandabschnitt, so dass die SAA über alle Ebenen zeitgleich alarmieren muss. Die nachfolgenden Abbildungen stellen die an die Zuhörerflächen des gesamten Brandabschnitts ermittelten Sprachverständlichkeit und Gesamtschalldrucks dar.

Die Sprachverständlichkeit STI wird immer unter Einberechnung des gültigen Hintergrundgeräusches von 70dB(A) dargestellt. Eine Darstellung der STI Verteilung ohne Hintergrundgeräusch ist unsinnig.

6.1 Sprachverständlichkeit ohne Anlagenfehler

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt kein Anlagenfehler vor. Alle Lautsprecher der SAA sind aktiv.

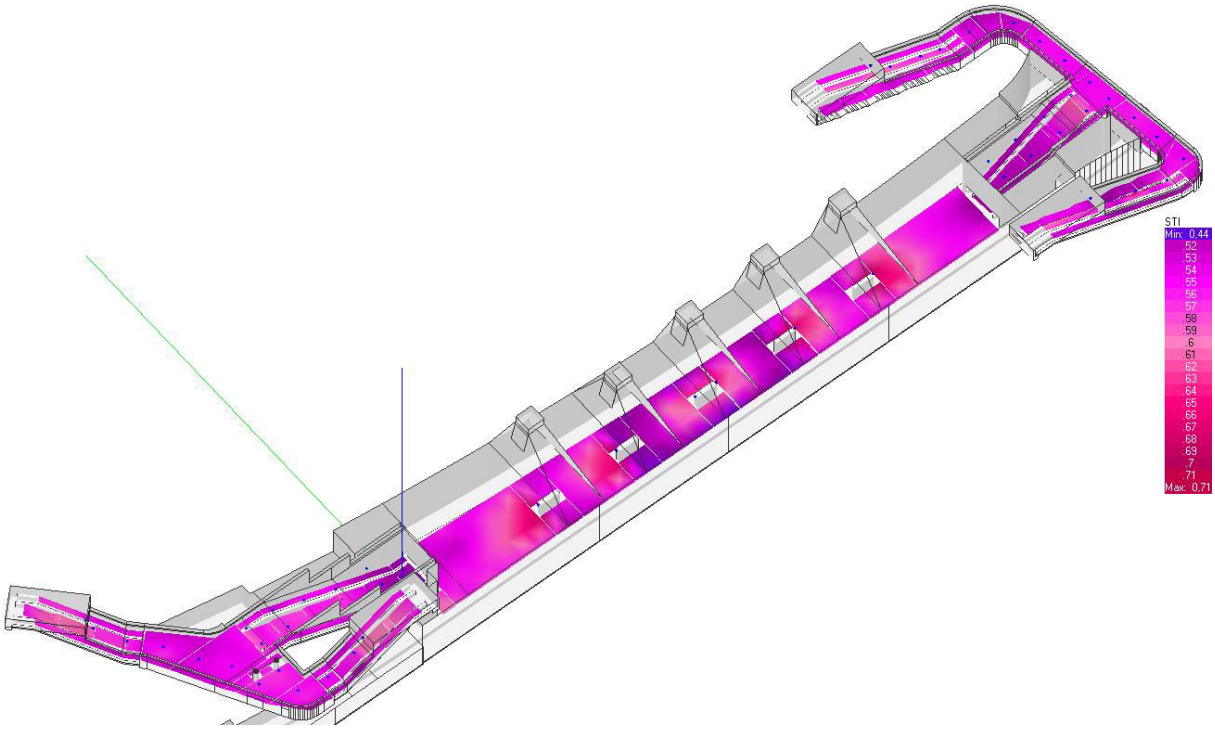


Abbildung 19: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung ohne Anlagenfehler

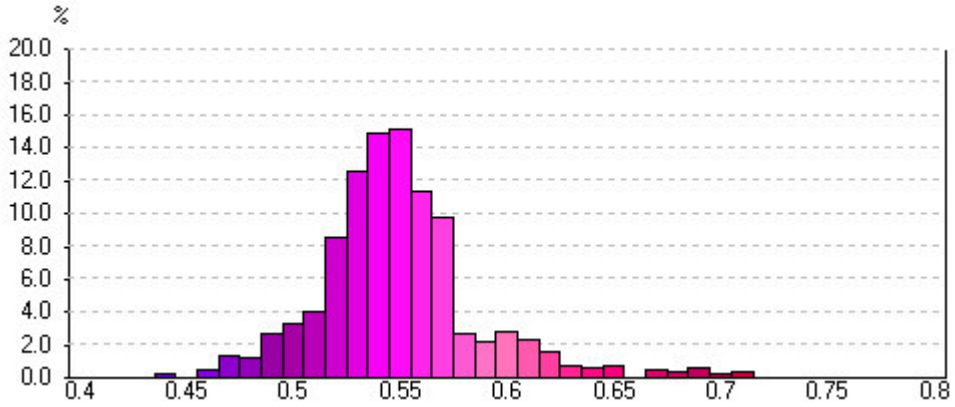


Abbildung 20: Brandabschnitt - STI Histogramm ohne Anlagenfehler

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit im Brandabschnitt von 0,55 abzüglich einer Standardabweichung von 0,04. Die SAA erzielt somit einen Minimalwert von 0,51 STI.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,5 STI-Wert im Betrieb ohne Anlagenfehler werden von der hier gewählten Lautsprecheranordnung erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

6.2 Gesamtschalldruck ohne Anlagenfehler

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt kein Anlagenfehler vor. Nur die Lautsprecher der SAA sind aktiv.
Die nachfolgenden Abbildungen stellen den erzielbaren Gesamtschalldruck dar. Dieser Wert ist nach einer erfolgreichen Installation der Lautsprecher bei einem Testsignal Rosa-Rauschen mit Crestfaktor 6dB messbar.

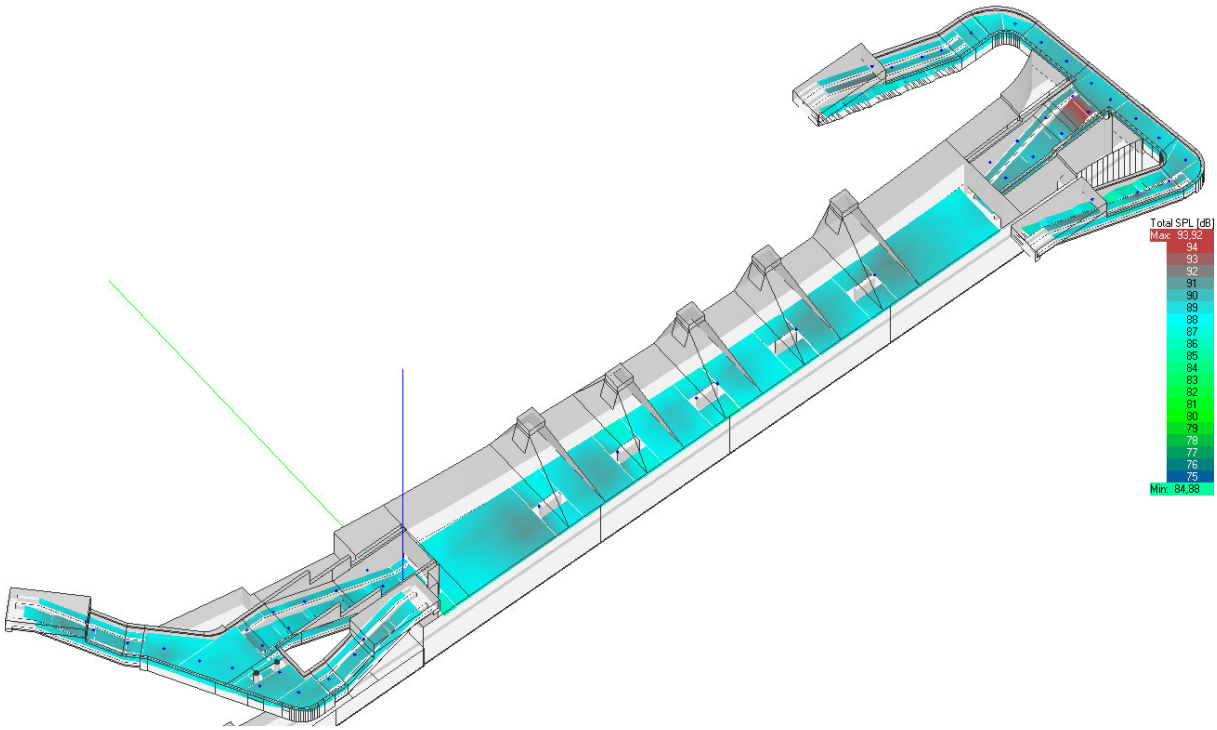


Abbildung 21: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung ohne Anlagenfehler

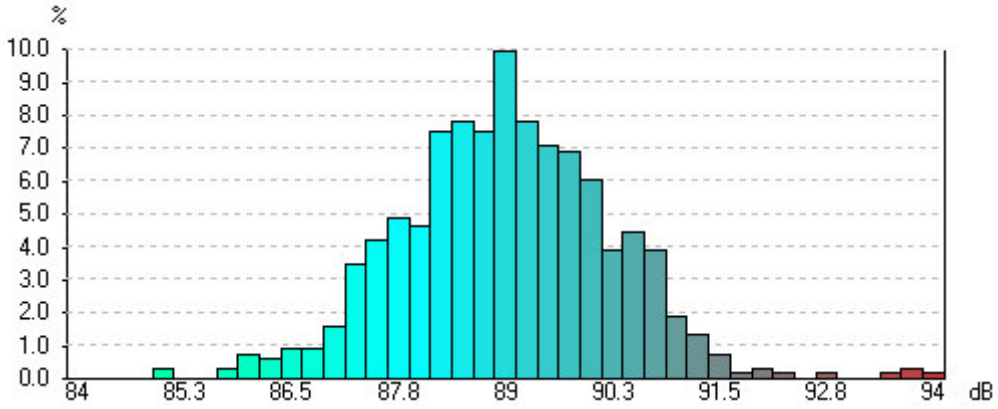


Abbildung 22: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm ohne Anlagenfehler

Der Gesamtschalldruck beträgt 89dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-1dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Der Signal-Stör-Abstand beträgt 19dB (89dB(A) – 70dB(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)

Die unterschiedlich erzielbaren Gesamtschalldrücke bei verschiedenen Mess- bzw. Audiosignalen zeigen auf, dass die Einmessung und Abnahmemessung der Anlage

von entscheidender Bedeutung sind. Die Einmessung hat mit einem Rosa Rauschen, 6dB Crestfaktor zu erfolgen und der einzustellende Gesamtschalldruck hat 89dB(A) zu betragen. Diese Lautstärke wird von Menschen als zu laut empfunden, ist aber für die normative Sprachverständlichkeitsmessung und für die Alarmierung notwendig. Die Auflistung zeigt: obwohl mit Rosa Rauschen 89dB(A) erzielt worden sind, sinkt der Gesamtschalldruck auf 83dB(A) bei einer Alarmierung mit Sprache. Somit beträgt der Signal-Stör-Abstand nur noch 13dB bei Sprache anstatt 19dB mit dem Messsignal Rosa Rauschen.

6.3 Elektroakustische Berechnung des 1. Fehlerfalls gemäß Sicherheitsstufe II

Nachfolgend werden die Ergebnisse der akustischen Simulation im Fall eines Leitungsdefekts oder eines Verstärkerfehlers betrachtet.
Gemäß der unter Punkt 5.35.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie sind Folgende Ausfallszenarien möglich:

- Szenario 1: Ausfall Lautsprecherzeile 4 gleichwertig der Ausfallszenario Lautsprecherzeile 3
- Szenario 2: Ausfall Lautsprecherzeilen 1 und 6
- Szenario 3: Ausfall Lautsprecherzeilen 2 und 5
- Szenario 4: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene Ost
- Szenario 5: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene West
- Szenario 6: Ausfall Lautsprecherzeilen VE West -LS21 und VE West -LS22 gleichwertig dem Ausfallszenario VE Ost -LS23 und VE Ost -LS24

6.3.1 Szenario 1: Ausfall Lautsprecherzeile 4 gleichwertig der Ausfallszenario Lautsprecherzeile 3

6.3.1.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeile 4. Dieser Ausfall ist akustisch gleichwertig mit dem möglichen Ausfall der Lautsprecherzeile 3.

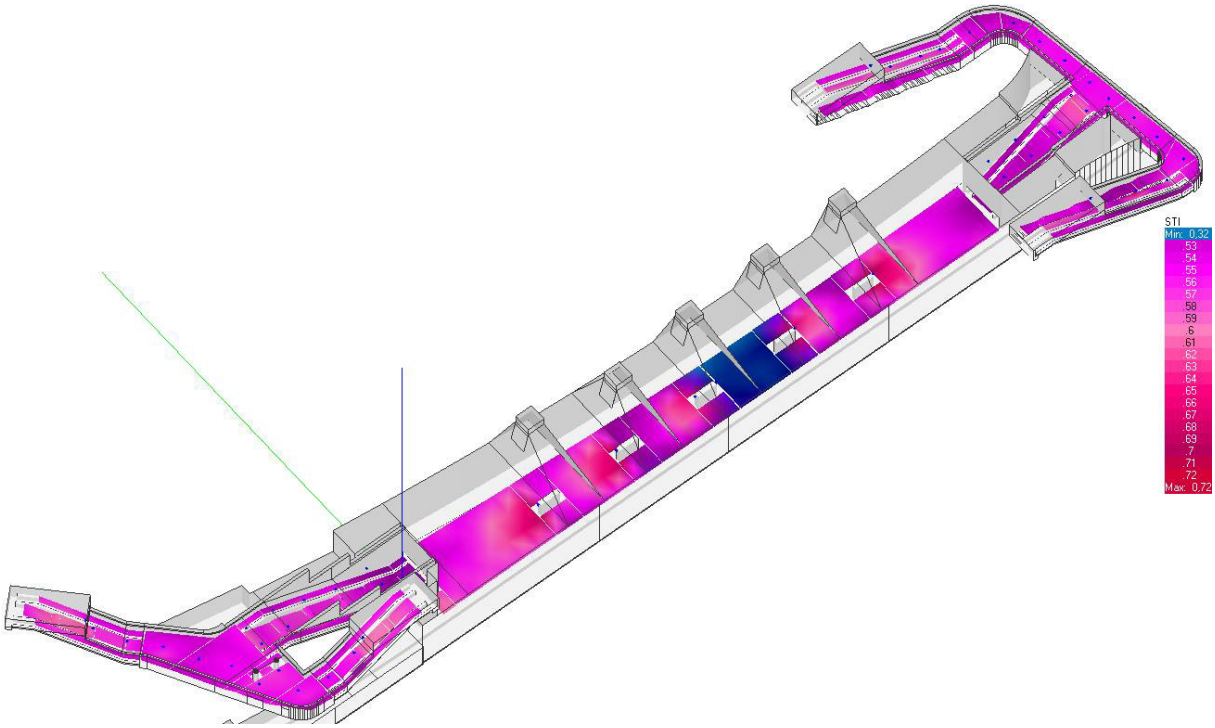


Abbildung 23: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 1

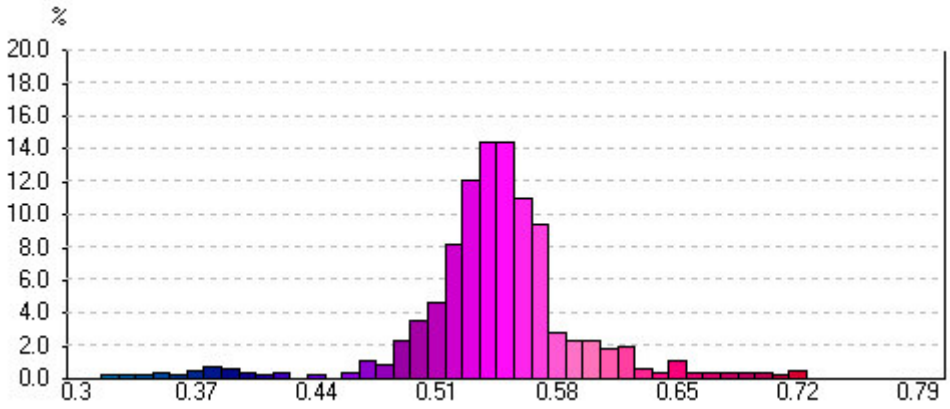


Abbildung 24: Brandabschnitt - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 1

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,54 abzüglich einer Standardabweichung von 0,05.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,49 STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

6.3.1.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeile 4. Dieser Ausfall ist akustisch gleichwertig mit dem möglichen Ausfall der Lautsprecherzeile 3.

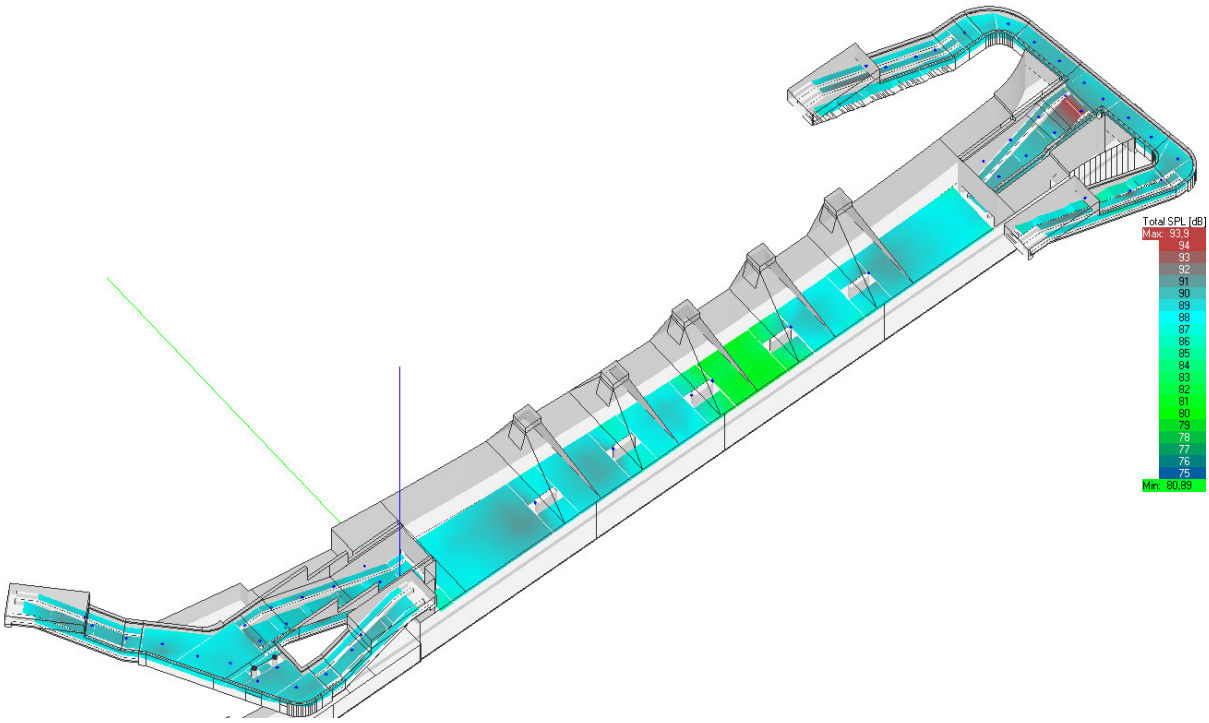


Abbildung 25: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 1

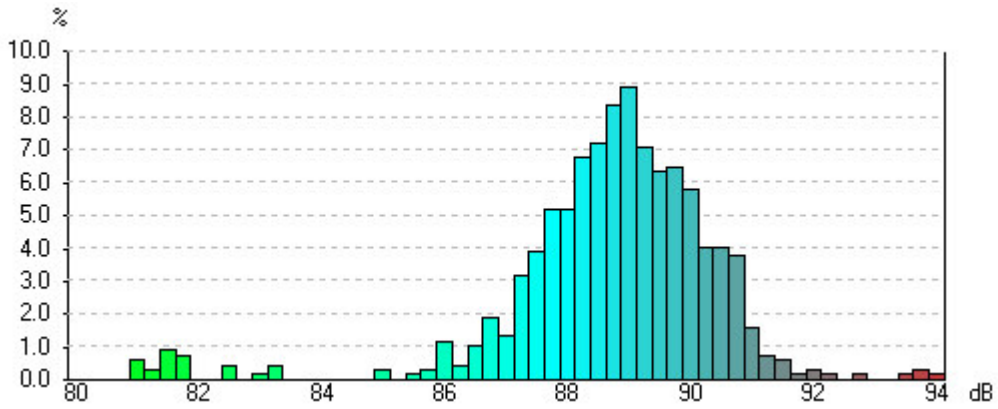


Abbildung 26: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 1

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 89dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-2dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Der gemittelte Gesamtschalldruck ist nicht merklich abgefallen, da nur 1 Lautsprecher von insgesamt 54 ausgefallen ist. Nur die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

6.3.2 Szenario 2: Ausfall Lautsprecherzeilen 1 und 6

6.3.2.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen 1 und 6.

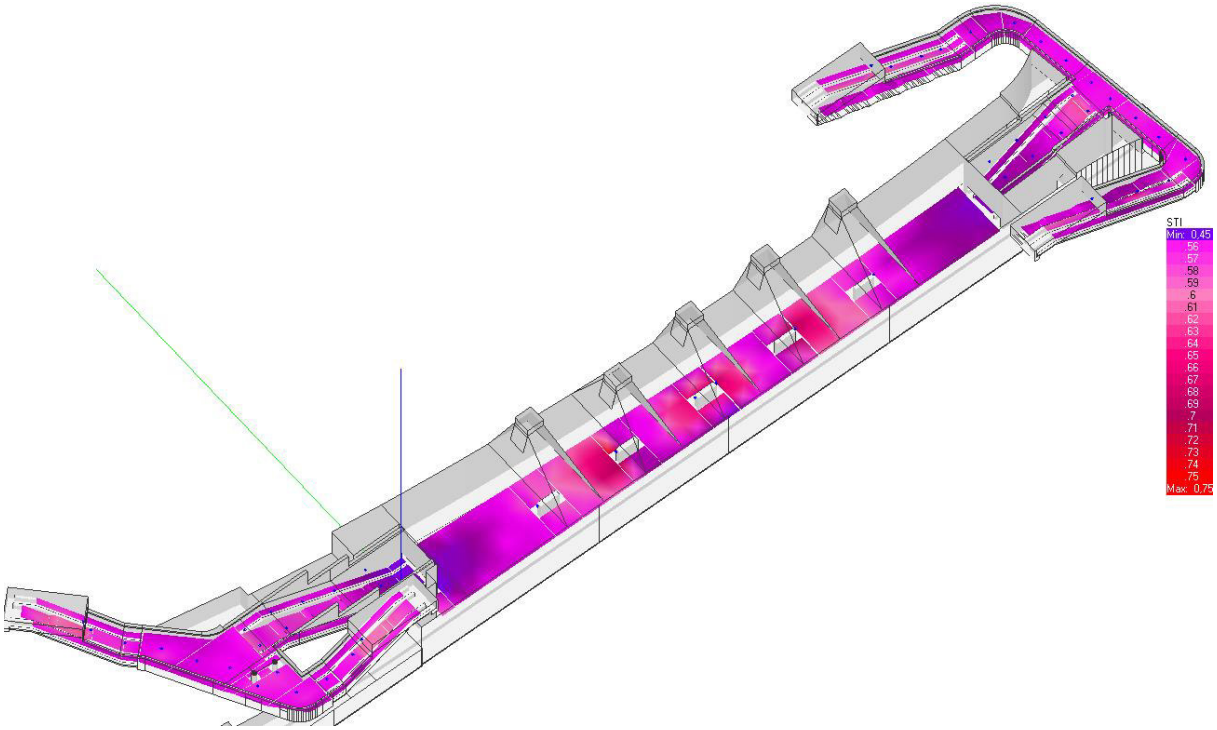


Abbildung 27: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 2

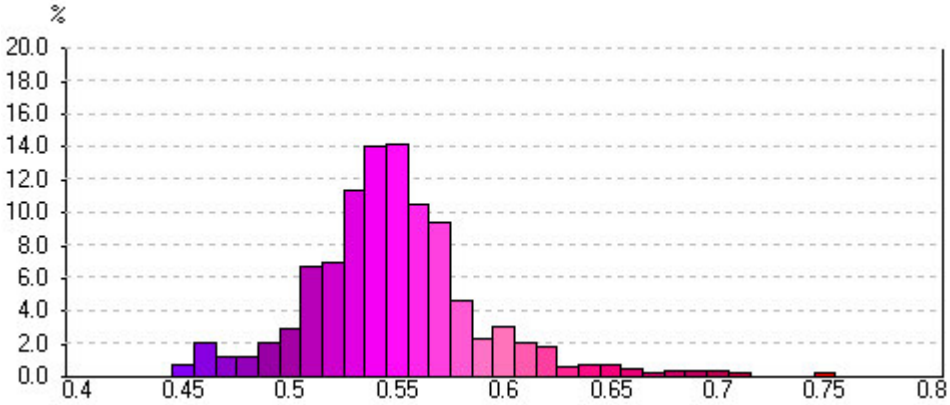


Abbildung 28: Brandabschnitt - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 2

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,55 abzüglich einer Standardabweichung von 0,04.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,51 STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

6.3.2.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen 1 und 6.

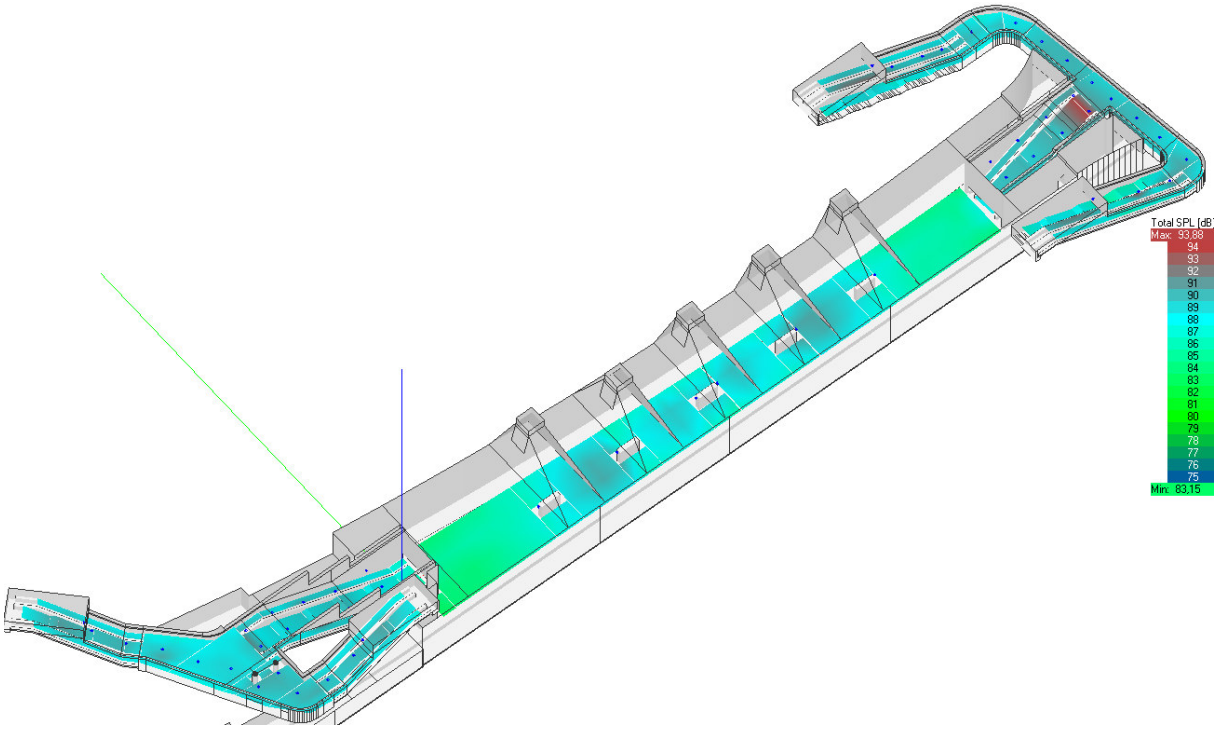


Abbildung 29: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 2

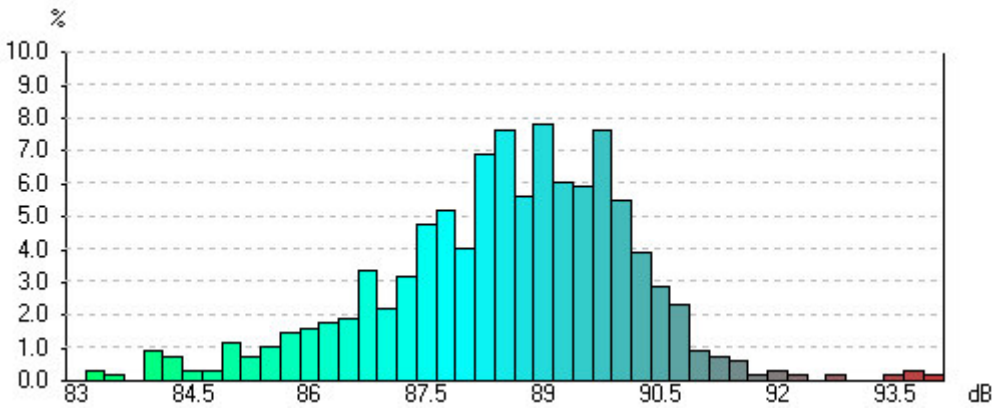


Abbildung 30: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 2

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 89dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-2dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Der gemittelte Gesamtschalldruck ist nicht merklich abgefallen, da nur 2 Lautsprecher von insgesamt 54 ausgefallen sind. Nur die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

6.3.1 Szenario 3: Ausfall Lautsprecherzeilen 2 und 5

6.3.1.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen 2 und 5.

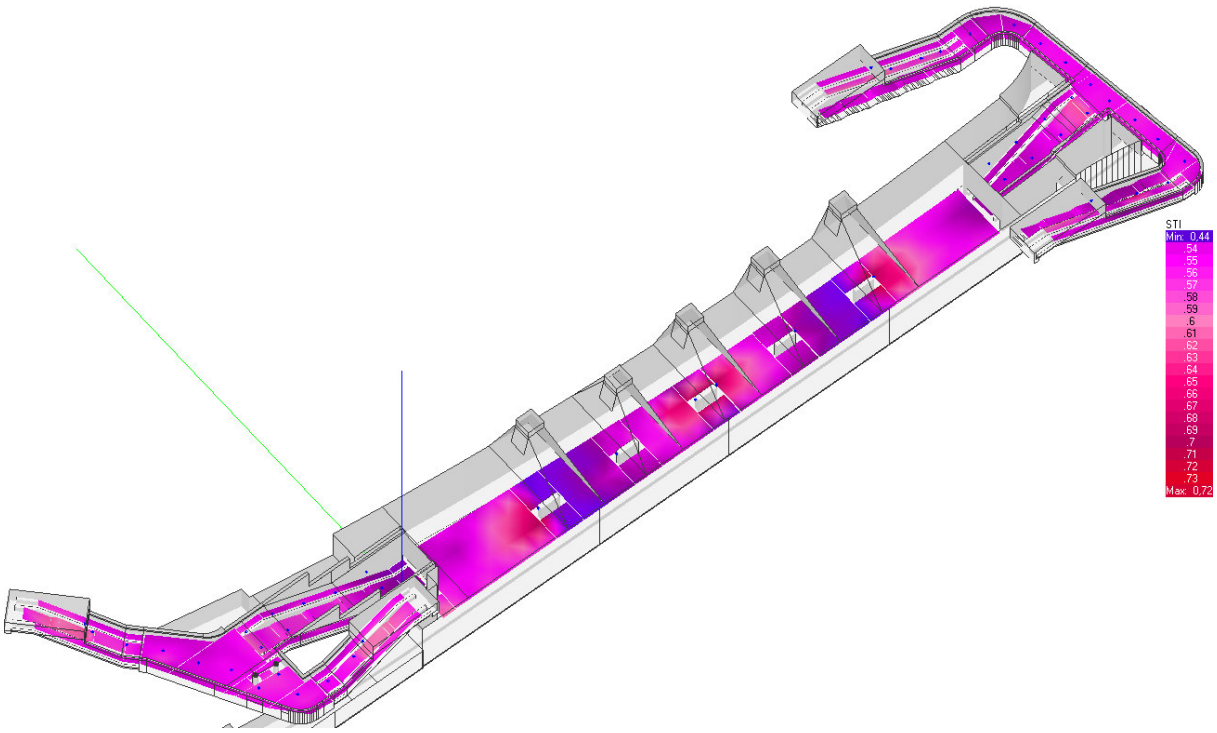


Abbildung 31: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 3

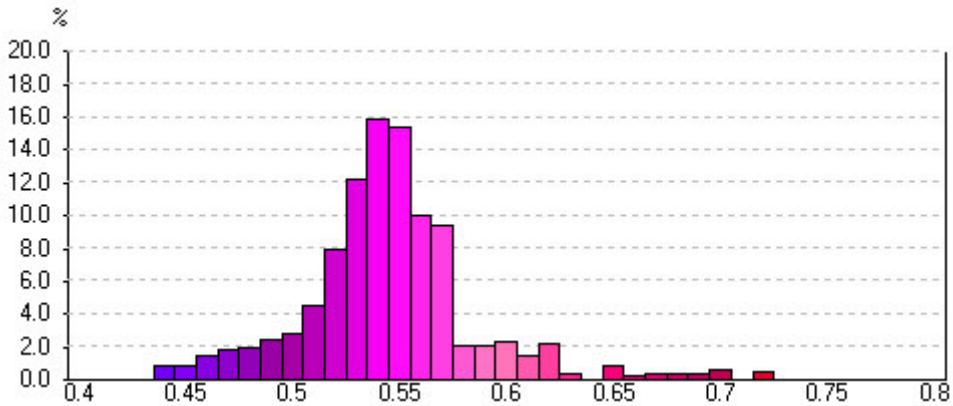


Abbildung 32: Brandabschnitt - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 3

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,54 abzüglich einer Standardabweichung von 0,04.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,50 STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

6.3.1.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen 2 und 5.

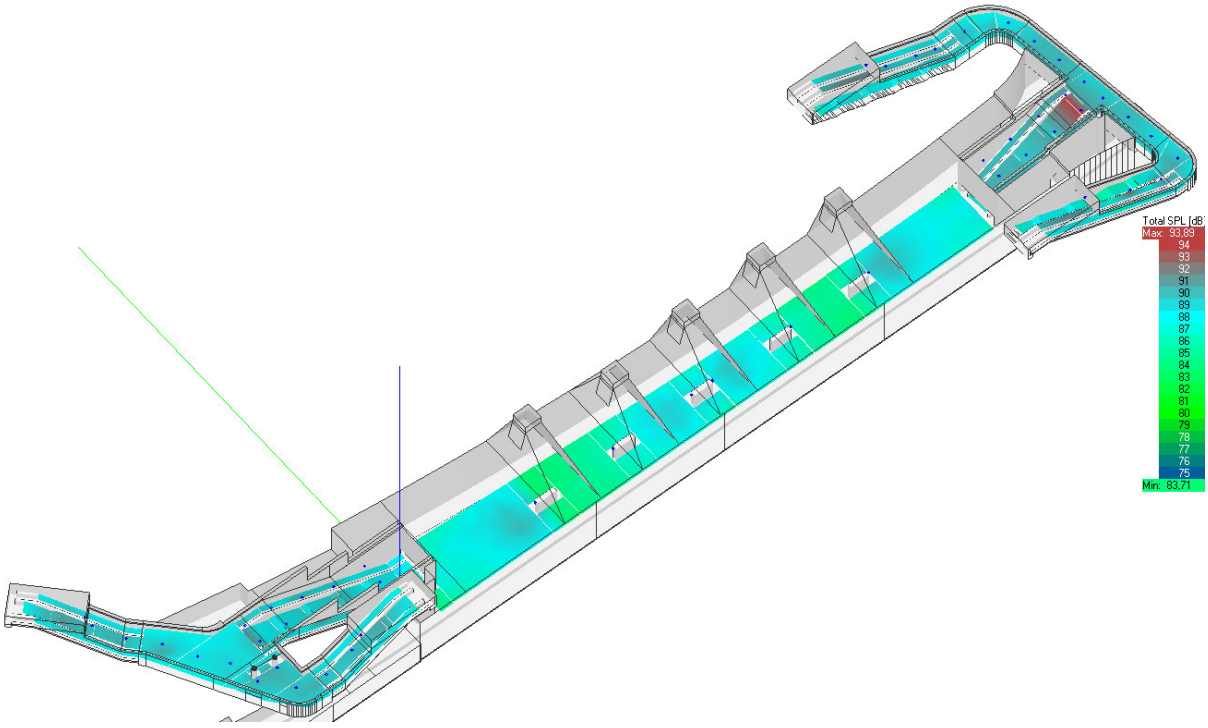


Abbildung 33: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 3

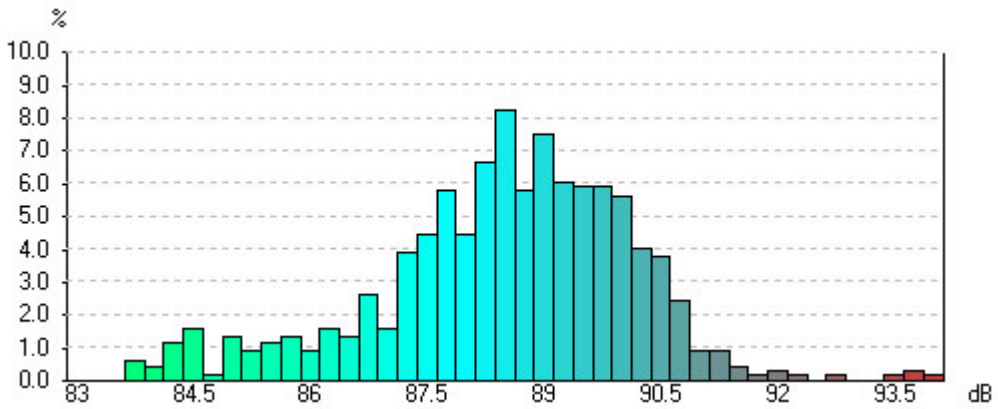


Abbildung 34: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 3

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 88dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-2dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Aufgrund des Lautsprecherausfalls ist der gemittelte Gesamtschalldruck um 1dB abgefallen und die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

6.3.2 Szenario 4: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene Ost

6.3.2.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der Hälfte der Lautsprecher in der Verteilerebene Ost.

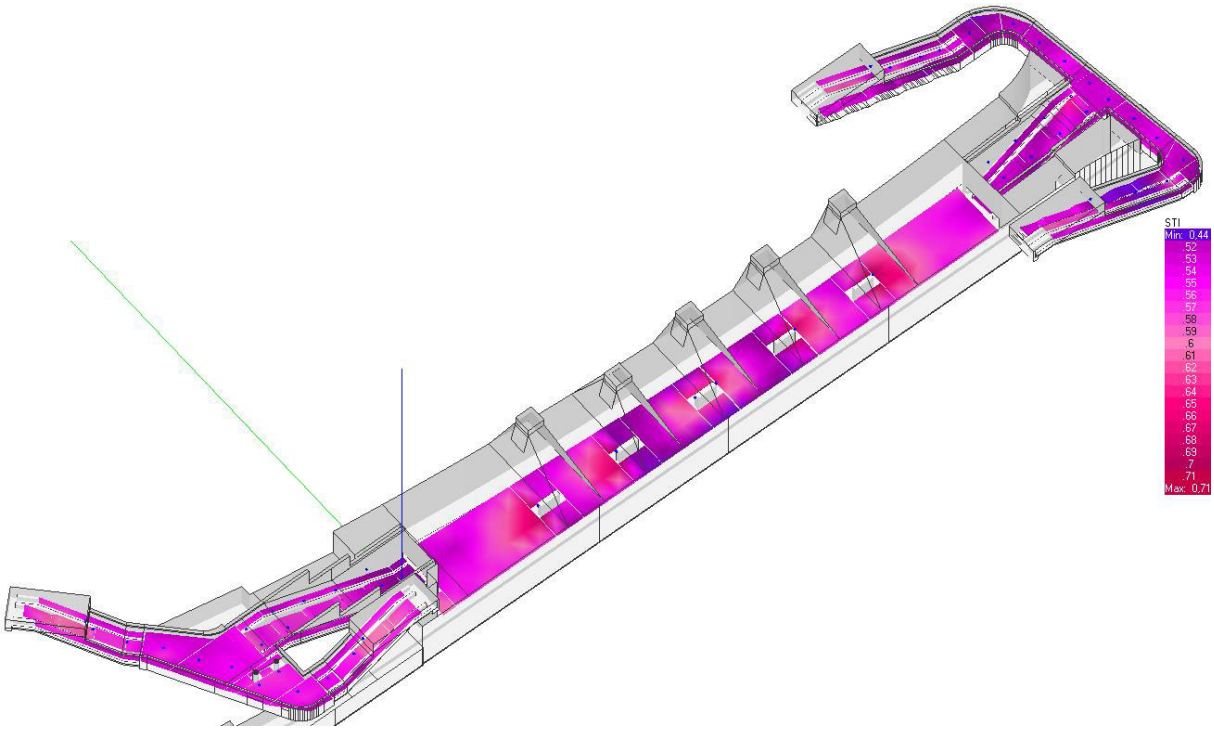


Abbildung 35: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 4

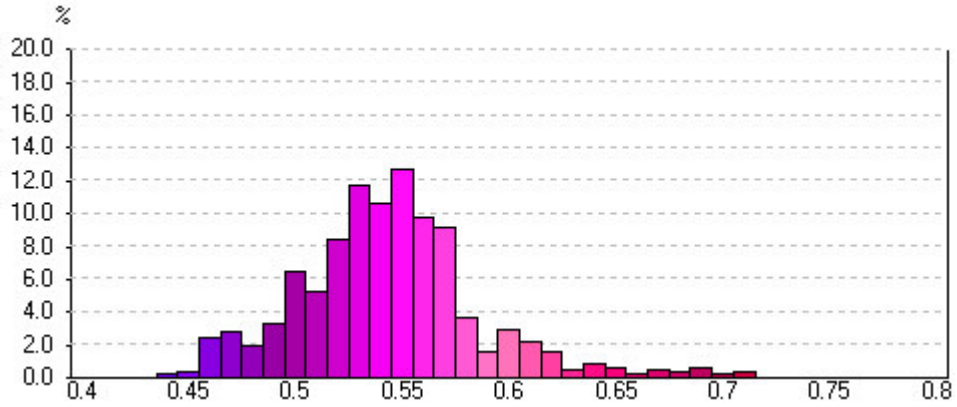


Abbildung 36: Brandabschnitt - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 4

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,54 abzüglich einer Standardabweichung von 0,04.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,50 STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

6.3.2.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der Hälfte der Lautsprecher in der Verteilerebene Ost.

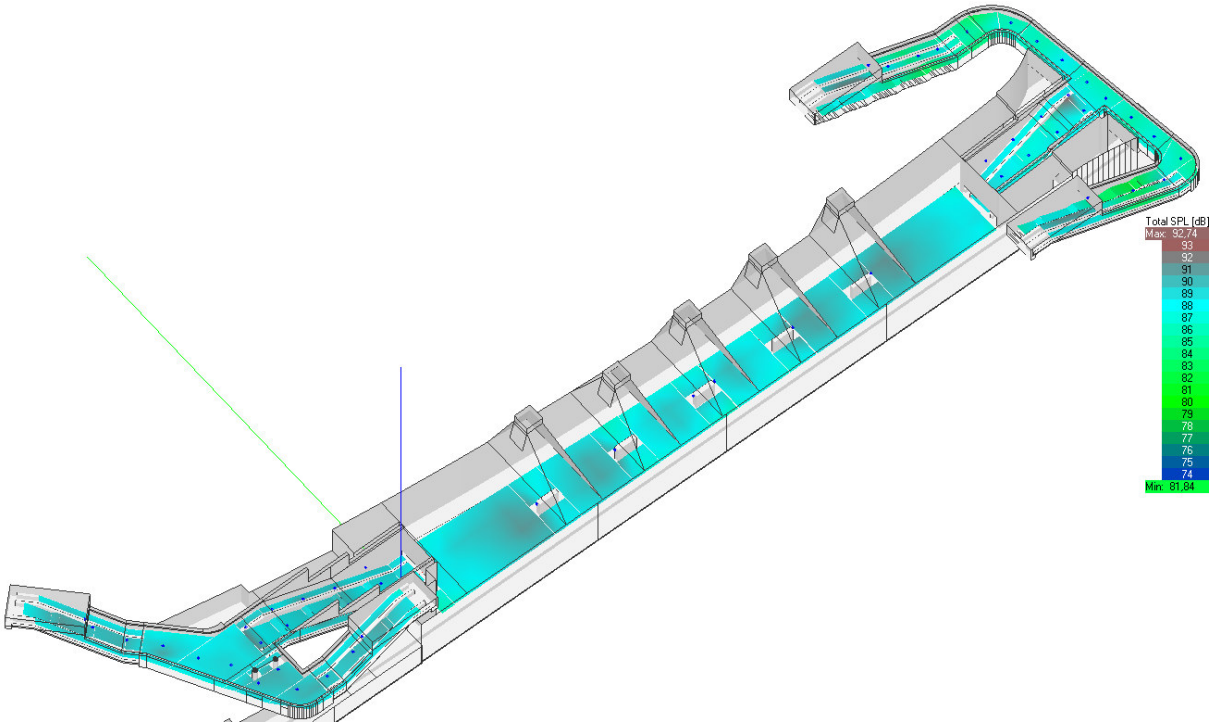


Abbildung 37: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 4

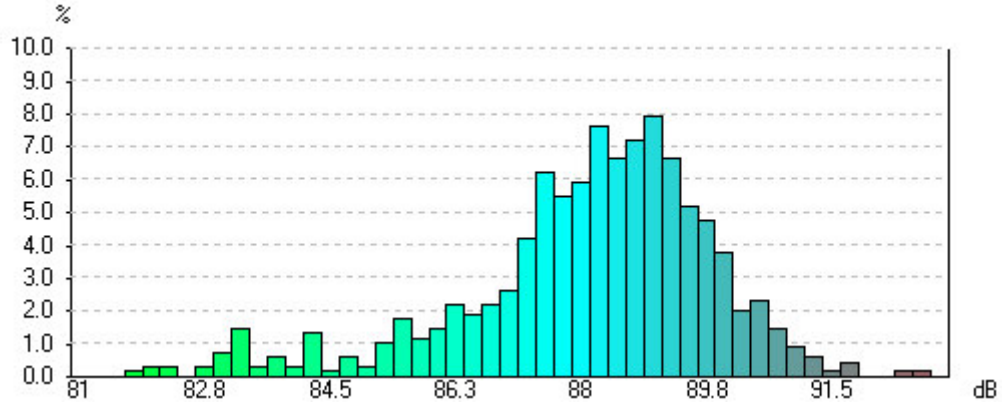


Abbildung 38: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 4

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 88dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-2dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Aufgrund des Lautsprecherausfalls ist der gemittelte Gesamtschalldruck um 1dB abgefallen und die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

6.3.3 Szenario 5: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene West

6.3.3.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der Hälfte der Lautsprecher in der Verteilerebene West.

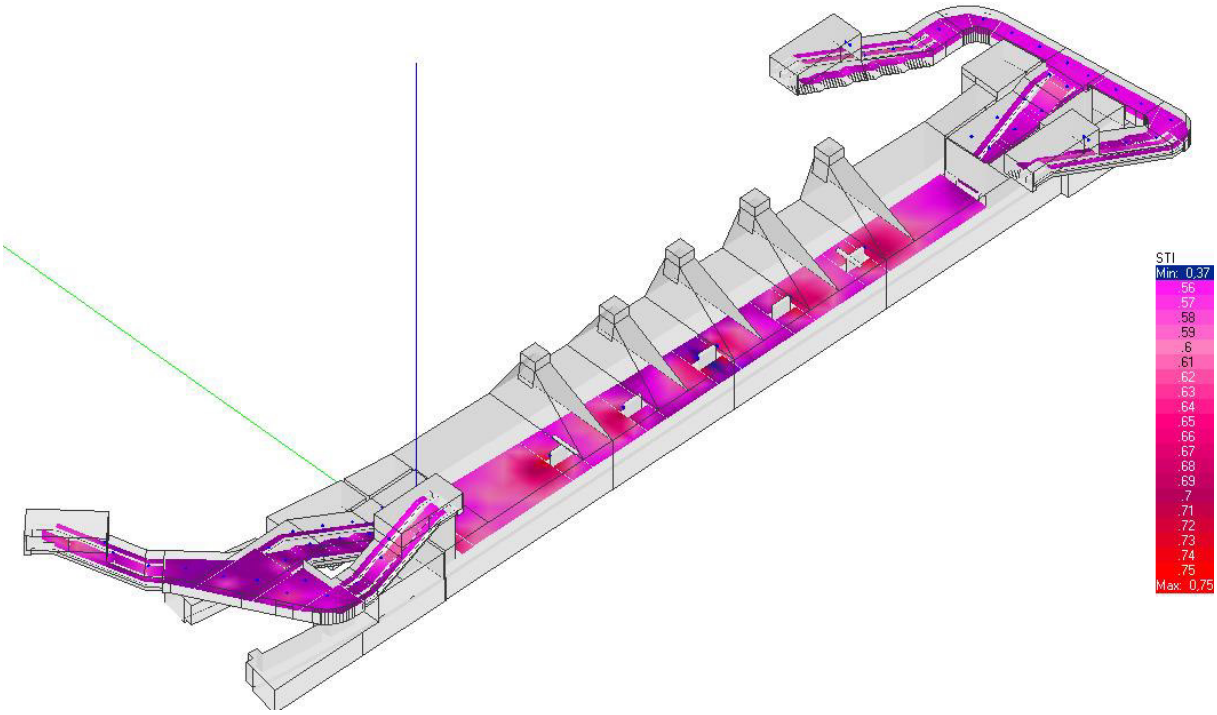


Abbildung 39: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 5

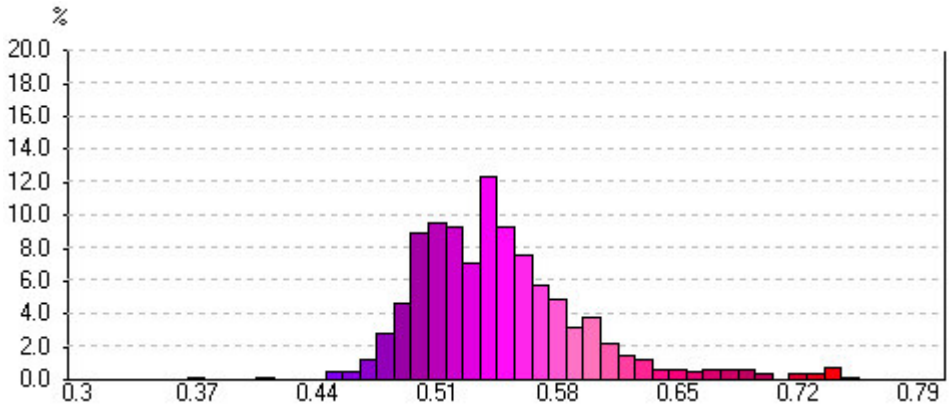


Abbildung 40: Brandabschnitt - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 5

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,55 abzüglich einer Standardabweichung von 0,04.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,51 STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

6.3.3.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der Hälfte der Lautsprecher in der Verteilerebene West.

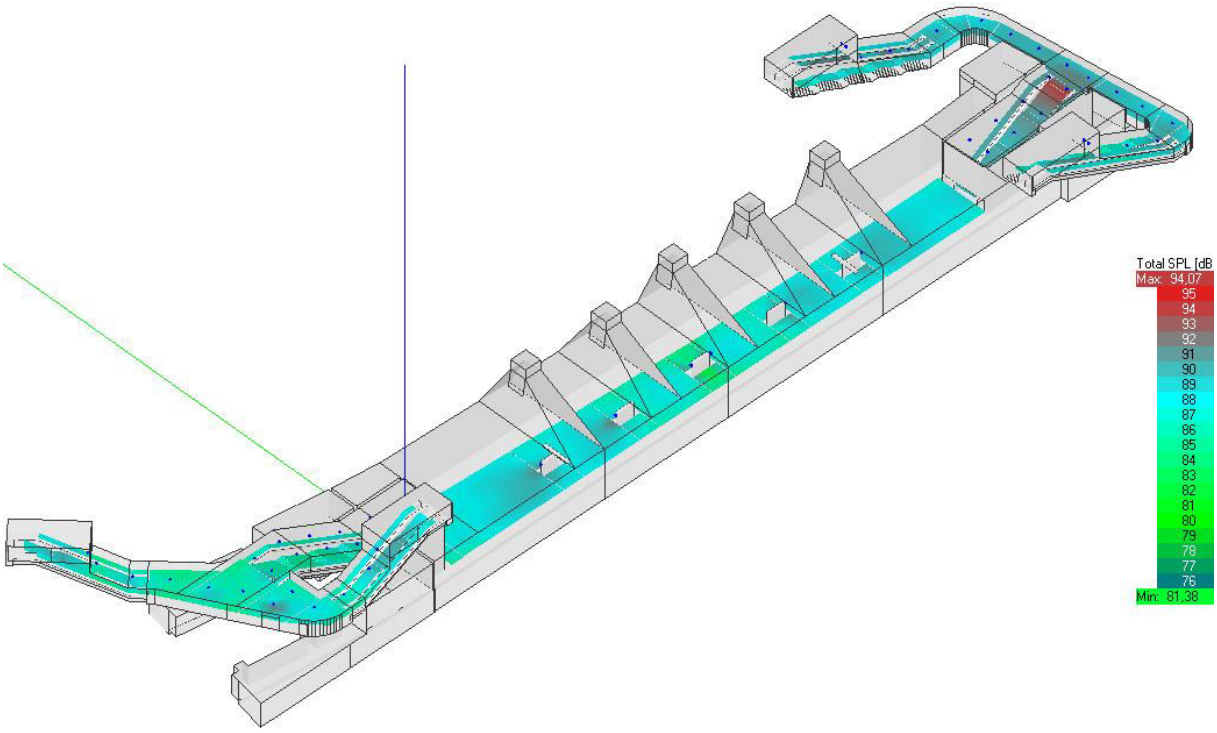


Abbildung 41: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 5

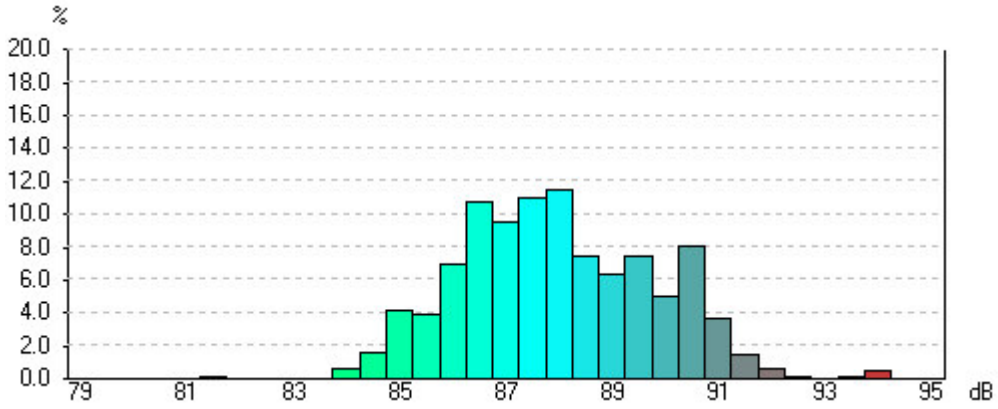


Abbildung 42: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 5

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 88dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-2dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Aufgrund des Lautsprecherausfalls ist der gemittelte Gesamtschalldruck um 1dB abgefallen und die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

6.3.4 Szenario 6: Ausfall Lautsprecherzeilen VE Ost -LS23 und VE Ost -LS24 gleichwertig dem Ausfallszenario VE West -LS21 und VE West -LS22

6.3.4.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen VE Ost -LS23 und VE Ost -LS24. Dieser Ausfall ist akustisch gleichwertig mit dem möglichen Ausfall der Lautsprecherzeilen VE West -LS21 und VE West -LS22.

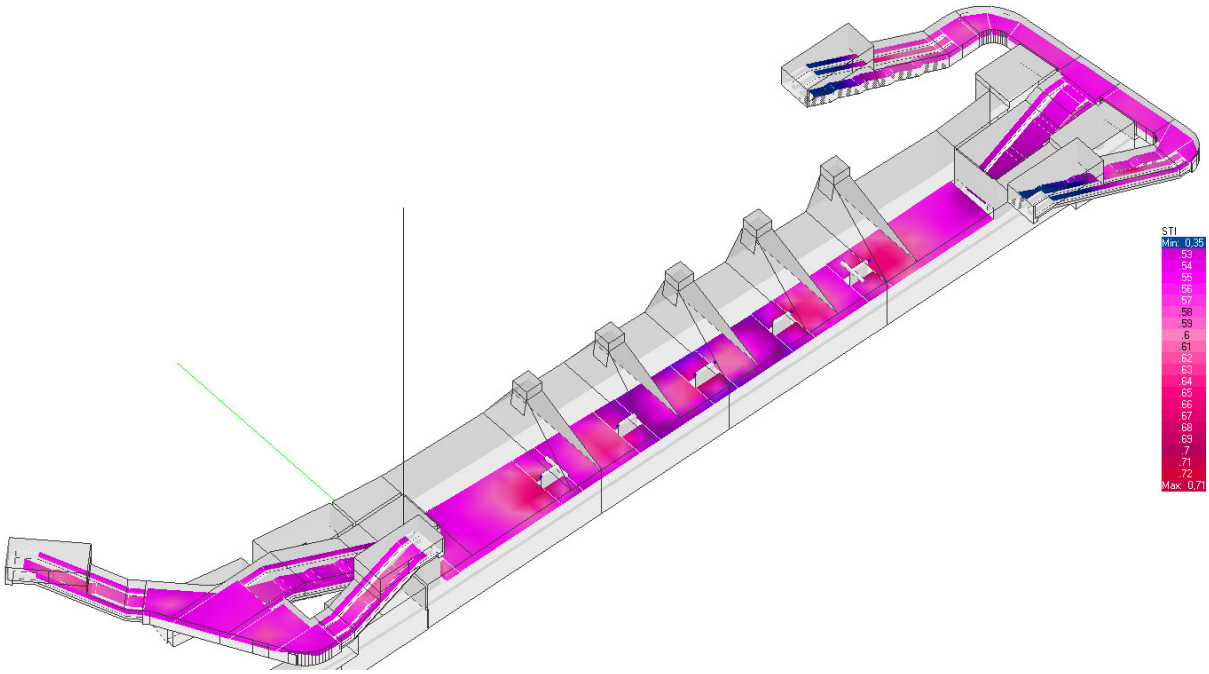


Abbildung 43: Brandabschnitt - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 6

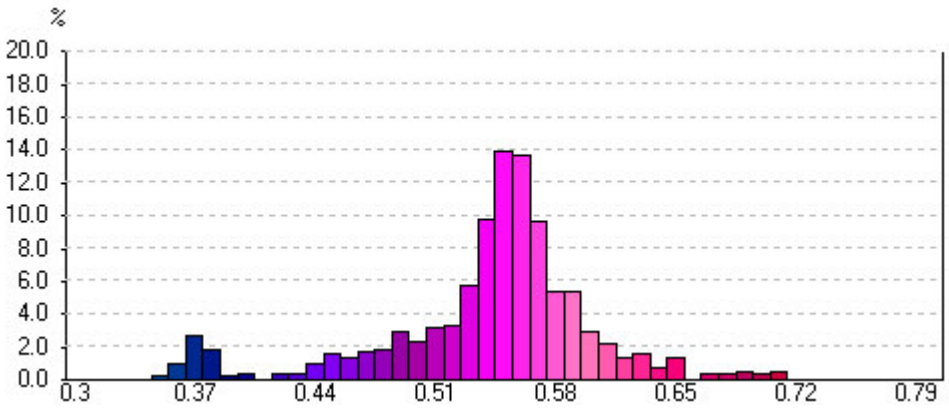


Abbildung 44: Brandabschnitt - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 6

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,54 abzüglich einer Standardabweichung von 0,06.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,48 STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

6.3.4.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen VE Ost -LS23 und VE Ost -LS24. Dieser Ausfall ist akustisch gleichwertig mit dem möglichen Ausfall der Lautsprecherzeilen VE West -LS21 und VE West -LS22.

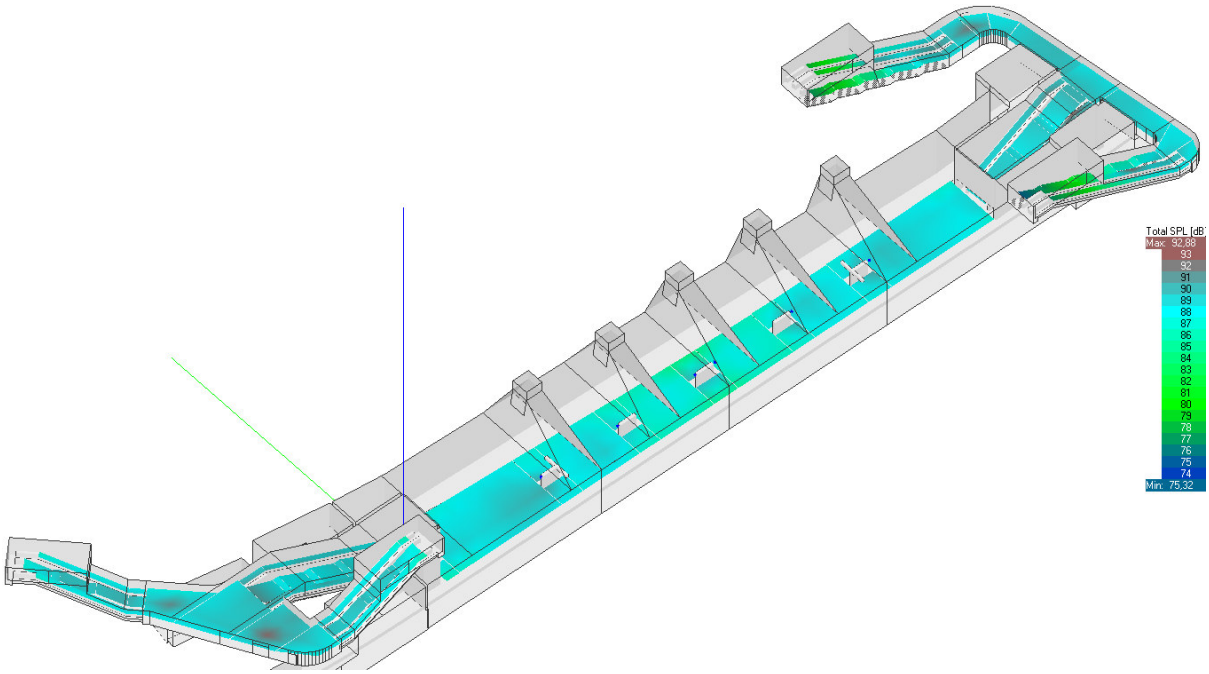


Abbildung 45: Brandabschnitt - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 6

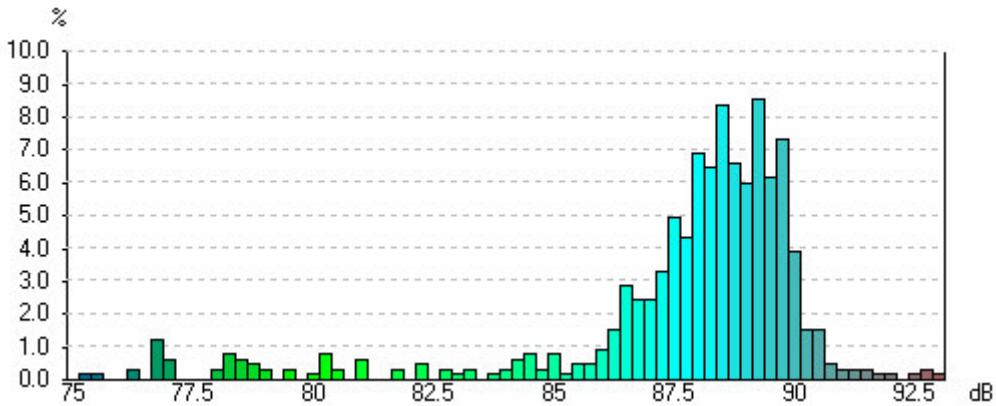


Abbildung 46: Brandabschnitt - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 6

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 88dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-3dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Aufgrund des Lautsprecherausfalls ist der gemittelte Gesamtschalldruck um 1dB abgefallen und die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

7 Elektroakustische Berechnung der einzelnen virtuellen Brandabschnitte

Die nachfolgenden Abbildungen stellen die an die Zuhörerflächen der einzelnen virtuellen Brandabschnitten /Verkabelungsbrandabschnitte ermittelten Sprachverständlichkeit und Gesamtschalldrucks dar. Dabei sind alle Lautsprecher der SAA in der Station aktiv.

Die Sprachverständlichkeit STI wird immer unter Einberechnung des gültigen Hintergrundgeräusches von 70dB(A) dargestellt. Eine Darstellung der STI Verteilung ohne Hintergrundgeräusch ist unsinnig.

7.1 Bahnsteigebene

7.1.1 Nachhallzeit Bahnsteigebene

Die Nachhallzeit T30 wird als akustische Beurteilungsgröße herangezogen. Die nachfolgenden Abbildungen stellen den Verlauf der Nachhallzeit über der Frequenz dar. Alle Oberflächen sind wie unter Punkt 4.2 beschrieben eingesetzt.

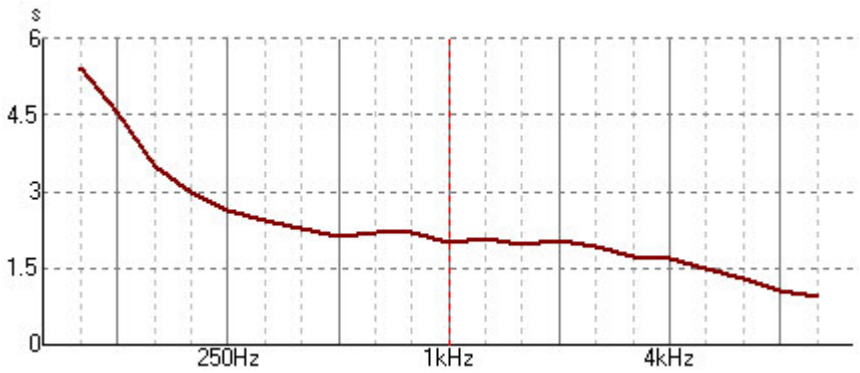


Abbildung 47: Bahnsteigebene – Nachhallzeit T30 über der Frequenz

Die gemittelte Nachhallzeit T30 über STI relevante Oktavbänder von 125Hz bis 8kHz beläuft sich auf ca. 2,7 Sekunden aufgrund der vielen schallharten Oberflächen.

7.1.2 Sprachverständlichkeit ohne Anlagenfehler

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt kein Anlagenfehler vor. Die Lautsprecher der SAA sowohl in der Bahnsteigebene als auch in der

Verteilerebene sind aktiv. Simuliert wurde die Sprachverständlichkeit nur an die Zuhörerflächen in der Bahnsteigebene.

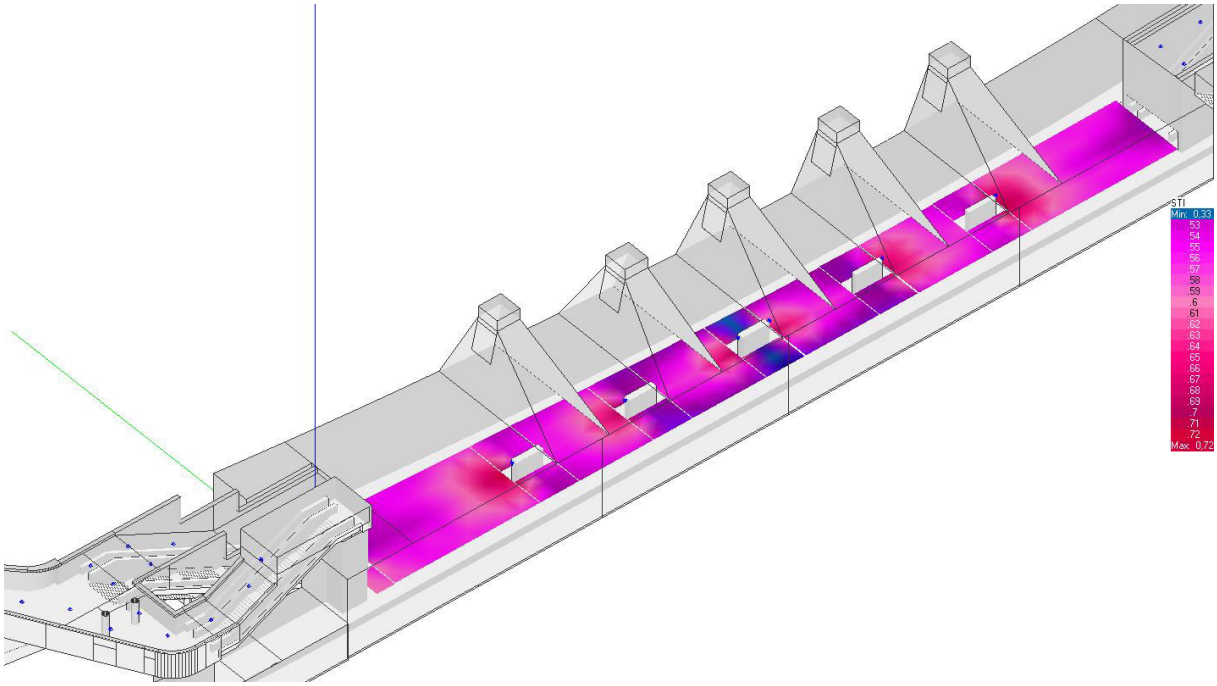


Abbildung 48: Bahnsteigebene - 3D STI Verteilung ohne Anlagenfehler

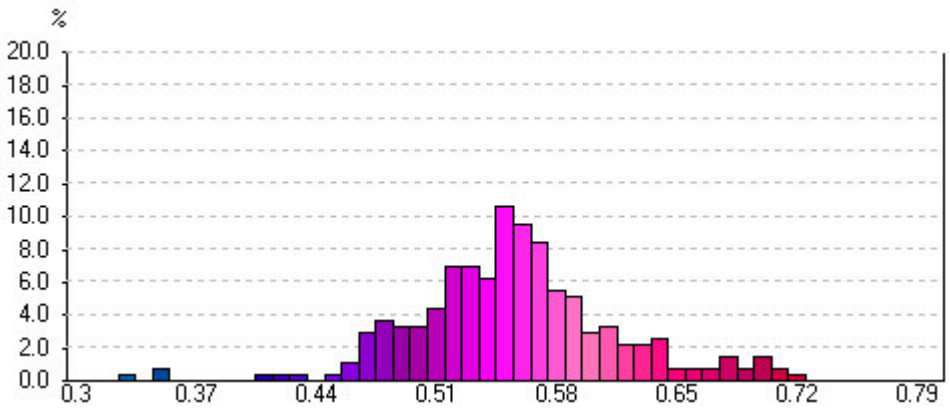


Abbildung 49: Bahnsteigebene - STI Histogramm ohne Anlagenfehler

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,56 abzüglich einer Standardabweichung von 0,06. Die SAA erzielt somit an der Bahnsteigebene einen Minimalwert von 0,50 STI.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,5 STI-Wert im Betrieb ohne Anlagenfehler werden von der hier gewählten Lautsprecheranordnung erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

7.1.3 Gesamtschalldruck ohne Anlagenfehler

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt kein Anlagenfehler vor. Nur die Lautsprecher der SAA sind aktiv.
Die nachfolgenden Abbildungen stellen den erzielbaren Gesamtschalldruck dar. Dieser Wert ist nach einer erfolgreichen Installation der Lautsprecher bei einem Testsignal Rosa-Rauschen mit Crestfaktor 6dB messbar.

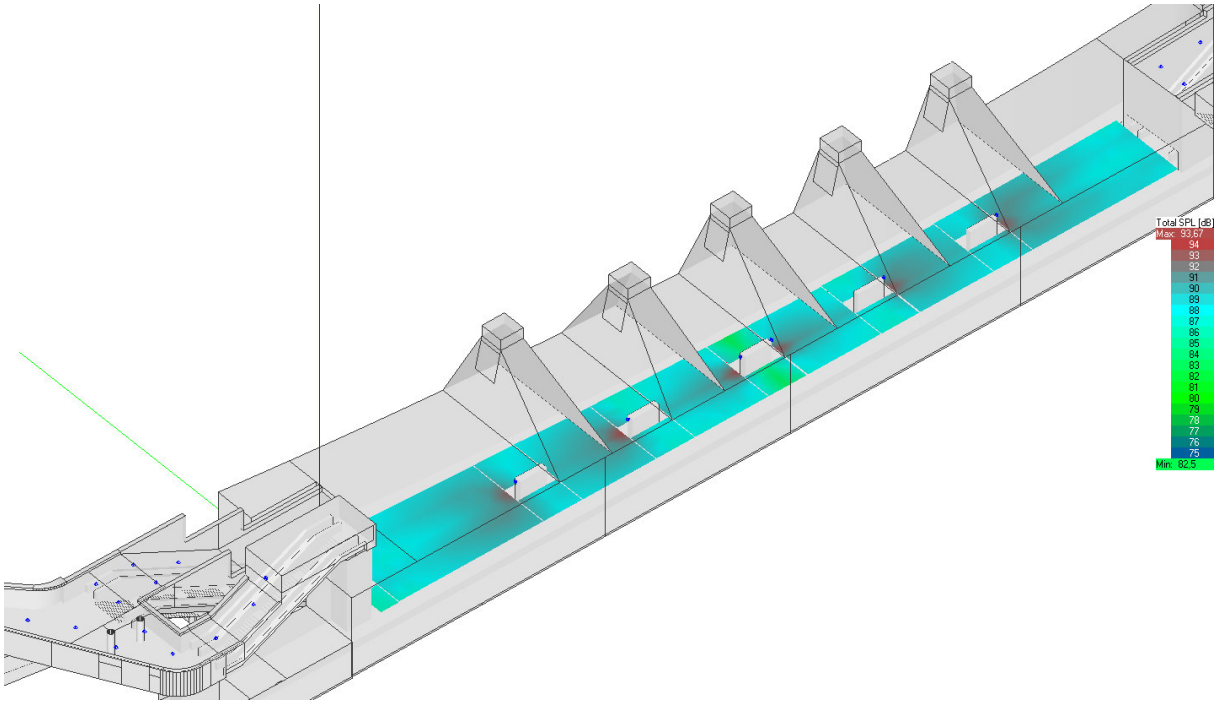


Abbildung 50: Bahnsteigebene - TotalSPL 3D Verteilung ohne Anlagenfehler

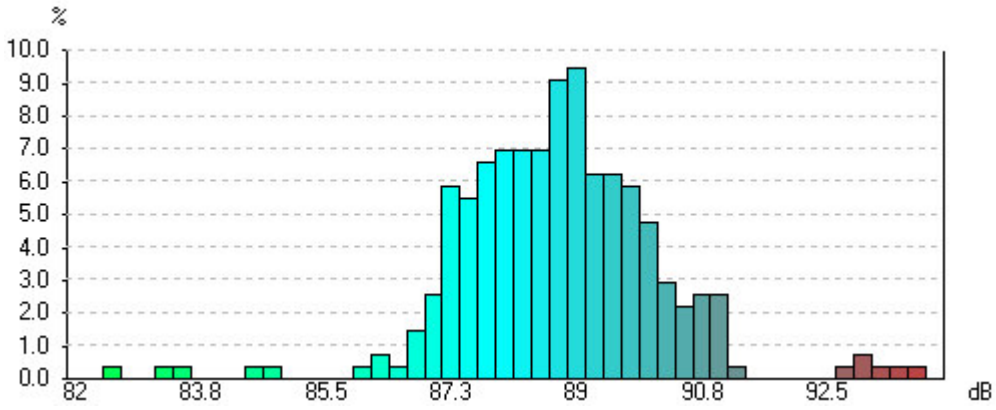


Abbildung 51: Bahnsteigebene - TotalSPL Histogramm ohne Anlagenfehler

Der Gesamtschalldruck beträgt 89dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-1dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Der Signal-Stör-Abstand beträgt 19dB (89dB(A) – 70dB(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)

Die unterschiedlich erzielbaren Gesamtschalldrücke bei verschiedenen Mess- bzw. Audiosignalen zeigen auf, dass die Einmessung und Abnahmemessung der Anlage von entscheidender Bedeutung sind. Die Einmessung hat mit einem Rosa Rauschen, 6dB Crestfaktor zu erfolgen und der einzustellende Gesamtschalldruck hat 89dB(A) zu betragen. Diese Lautstärke wird von Menschen als zu laut empfunden, ist aber für die normative Sprachverständlichkeitsmessung und für die Alarmierung notwendig. Die Auflistung zeigt: obwohl mit Rosa Rauschen 89dB(A) erzielt worden sind, sinkt der Gesamtschalldruck auf 83dB(A) bei einer Alarmierung mit Sprache. Somit beträgt der Signal-Stör-Abstand nur noch 13dB bei Sprache anstatt 19dB mit dem Messsignal Rosa Rauschen.

7.1.4 Elektroakustische Berechnung des 1. Fehlerfalls gemäß Sicherheitsstufe II

Nachfolgend werden die Ergebnisse der akustischen Simulation im Fall eines Leitungsdefekts oder eines Verstärkerfehlers betrachtet.
Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie sind Folgende Ausfallszenarien in der Bahnsteigebene möglich:

- Szenario 1: Ausfall Lautsprecherzeile 4 gleichwertig der Ausfallszenario Lautsprecherzeile 3
- Szenario 2: Ausfall Lautsprecherzeilen 1 und 6
- Szenario 3: Ausfall Lautsprecherzeilen 2 und 5

Alle anderen Lautsprecher der SAA in der Station sind aktiv.

7.1.4.1 Szenario 1: Ausfall Lautsprecherzeile 4 gleichwertig der Ausfallszenario Lautsprecherzeile 3

7.1.4.1.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeile 4. Dieser Ausfall ist akustisch gleichwertig mit dem möglichen Ausfall der Lautsprecherzeile 3.

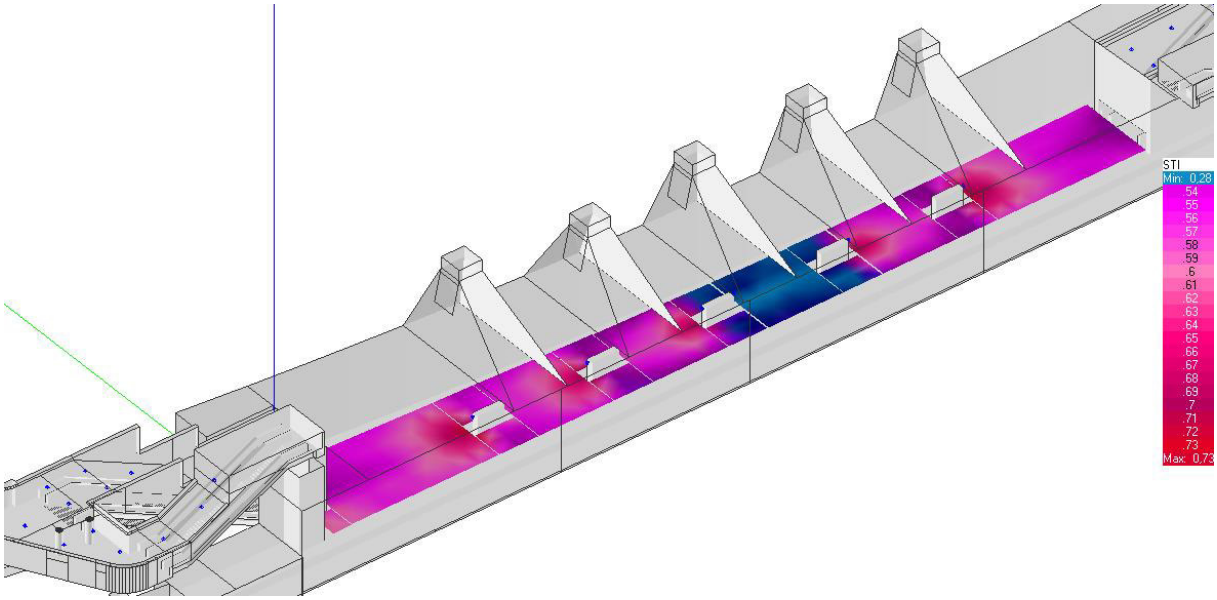


Abbildung 52: Bahnsteigebene - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 1

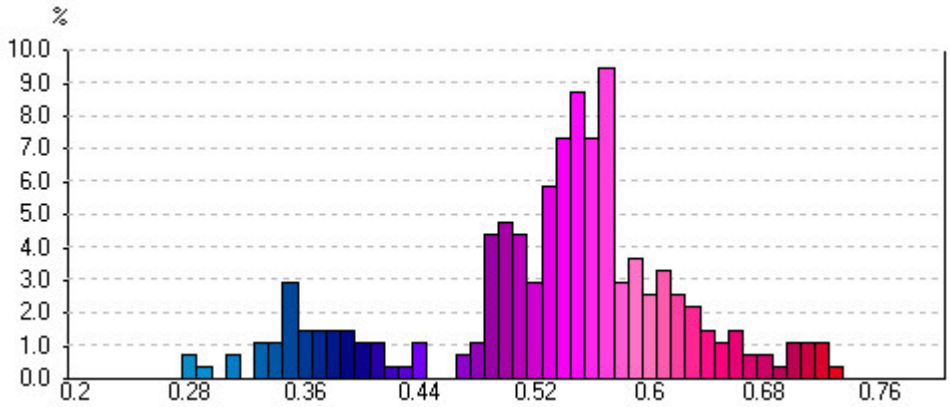


Abbildung 53: Bahnsteigebene - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 1

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,54 abzüglich einer Standardabweichung von 0,09.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,45 STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

7.1.4.1.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeile 4. Dieser Ausfall ist akustisch gleichwertig mit dem möglichen Ausfall der Lautsprecherzeile 3.

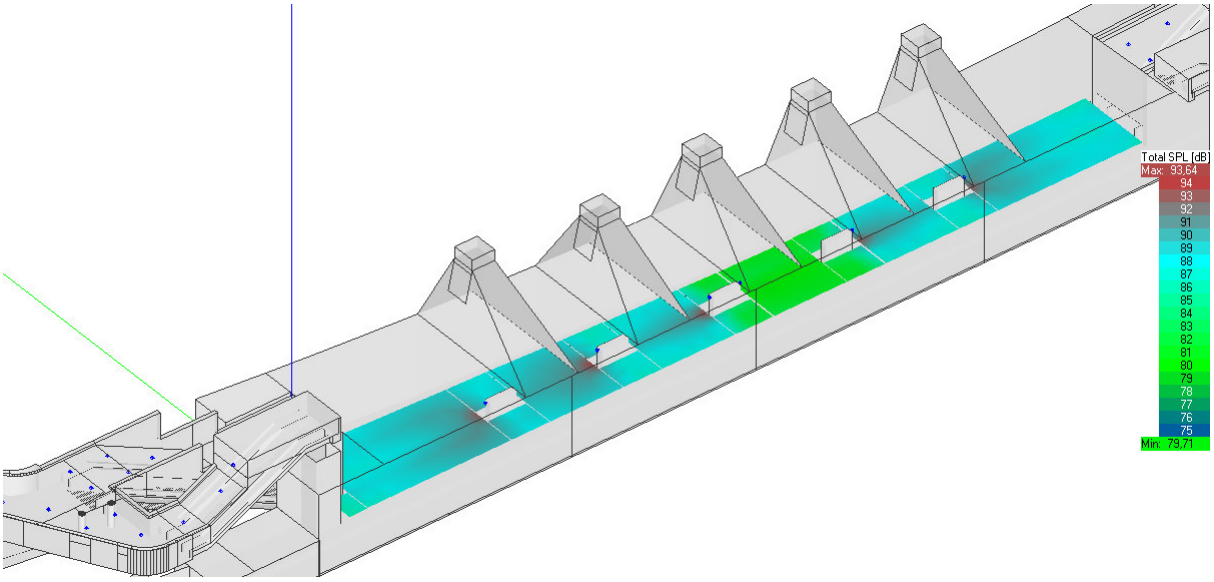


Abbildung 54: Bahnsteigebene - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 1

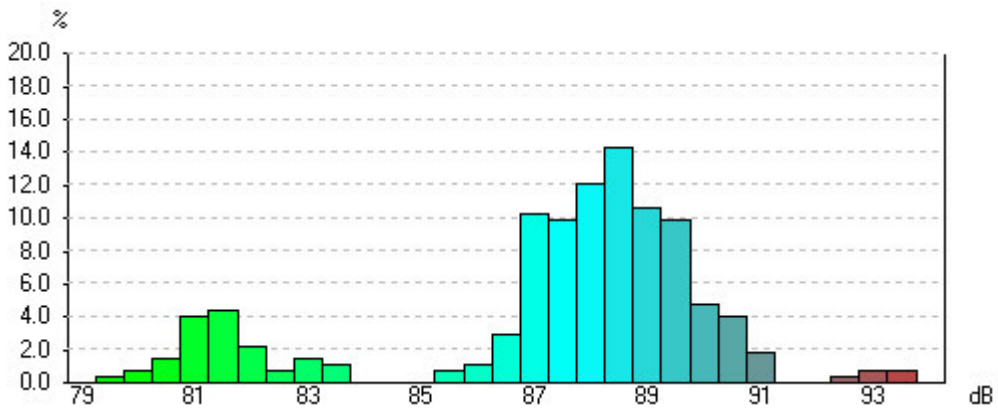


Abbildung 55: Bahnsteigebene - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 1

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 87dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-3dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Aufgrund des Lautsprecherausfalls ist der gemittelte Gesamtschalldruck um 2dB abgefallen und die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

7.1.4.2 Szenario 2: Ausfall Lautsprecherzeilen 1 und 6

7.1.4.2.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten

Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen 1 und 6.

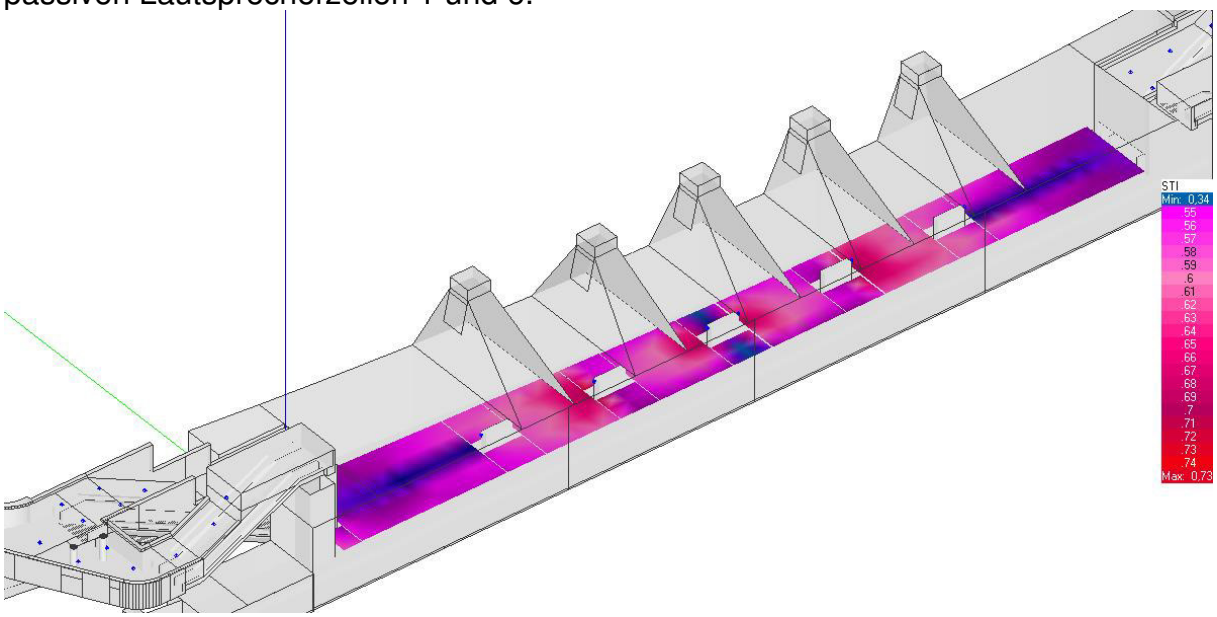


Abbildung 56: Bahnsteigebene - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 2

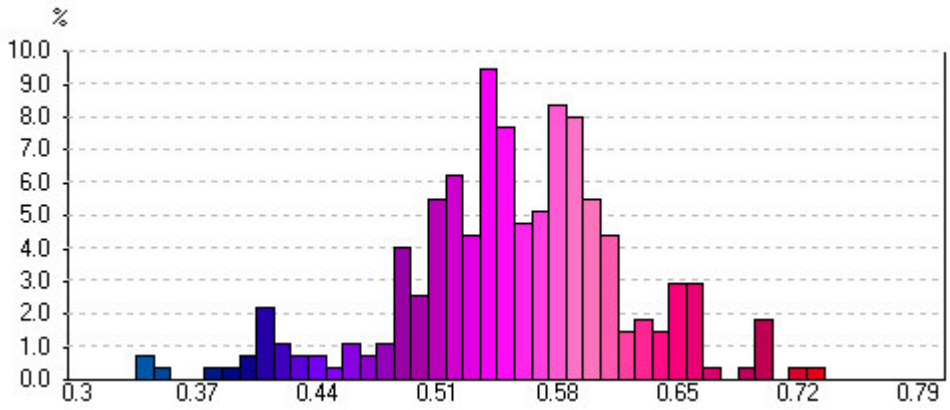


Abbildung 57: Bahnsteigebene - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 2

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,55 abzüglich einer Standardabweichung von 0,07.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,48STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

7.1.4.2.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen 1 und 6.

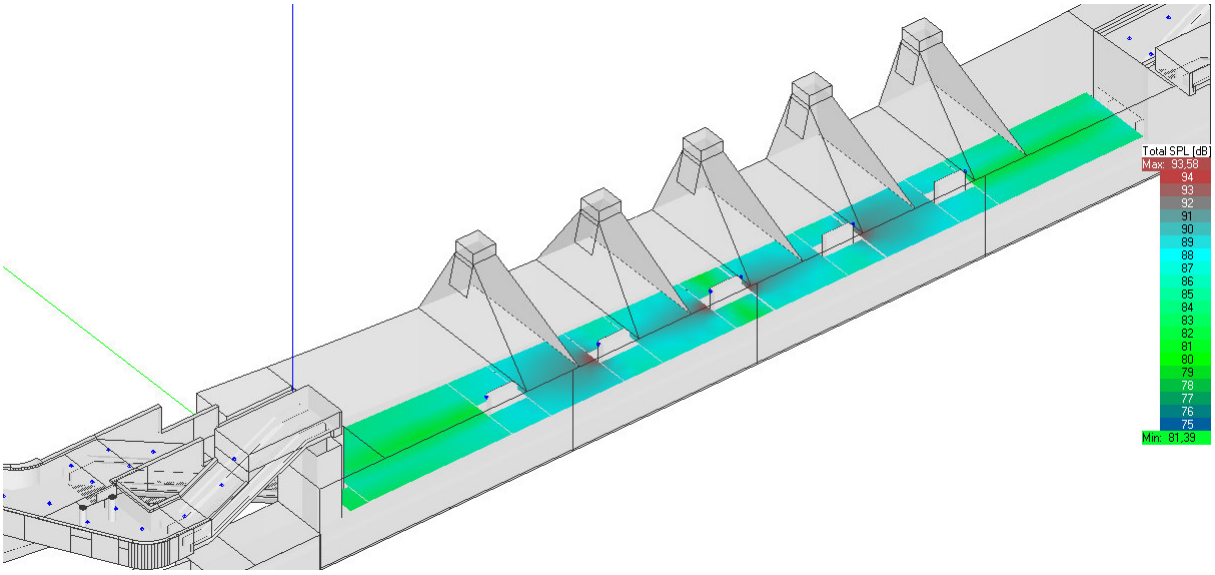


Abbildung 58: Bahnsteigebene - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 2

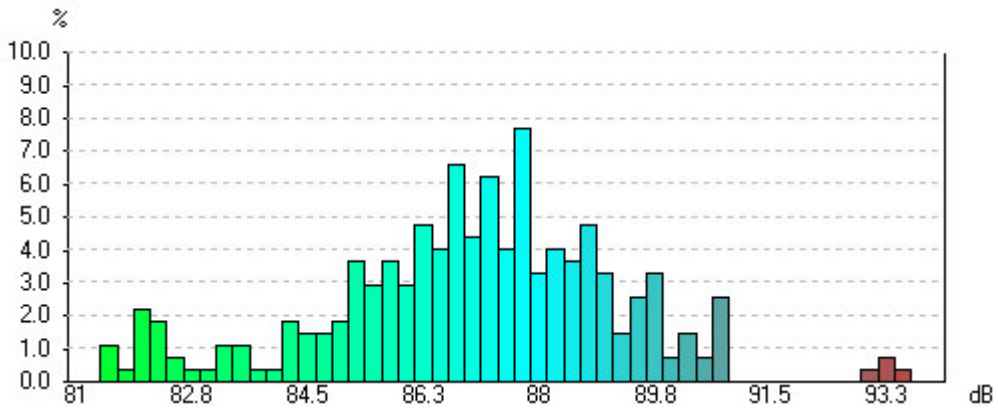


Abbildung 59: Bahnsteigebene - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 2

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 87dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-2dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Aufgrund des Lautsprecherausfalls ist der gemittelte Gesamtschalldruck um 2 dB abgefallen und die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

7.1.4.3 Szenario 3: Ausfall Lautsprecherzeilen 2 und 5

7.1.4.3.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten

Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen 2 und 5.

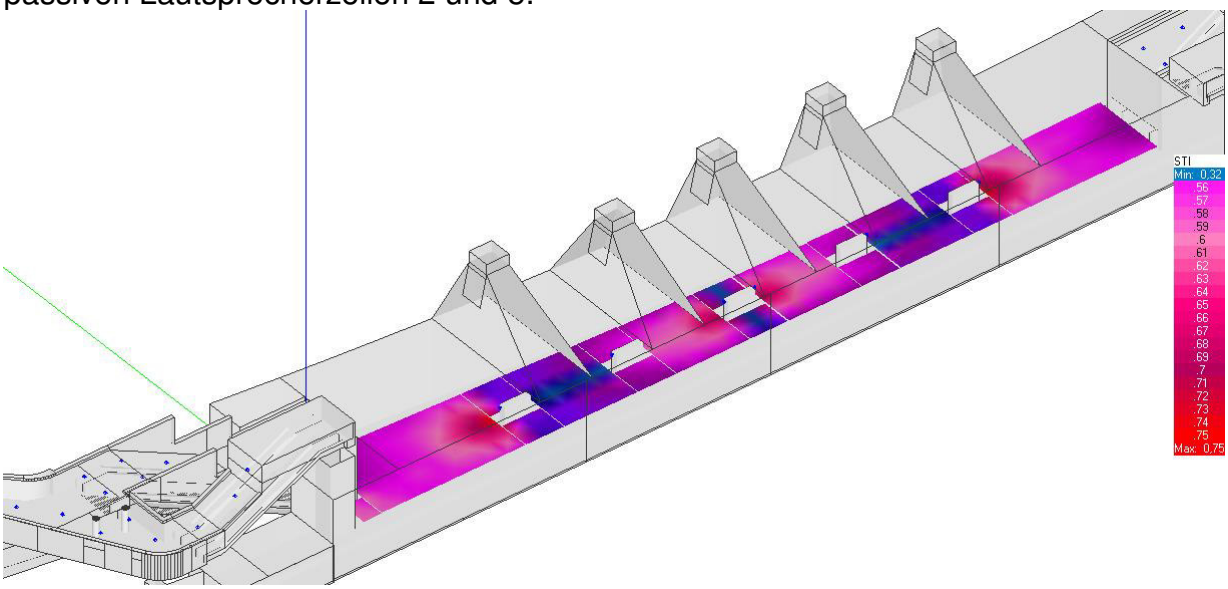


Abbildung 60: Bahnsteigebene - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 3

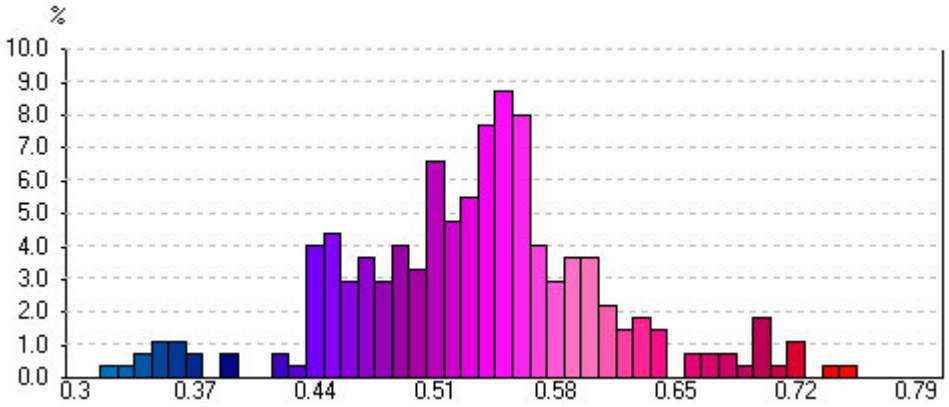


Abbildung 61: Bahnsteigebene - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 3

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,53 abzüglich einer Standardabweichung von 0,08.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,45 STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

7.1.4.3.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen 2 und 5.

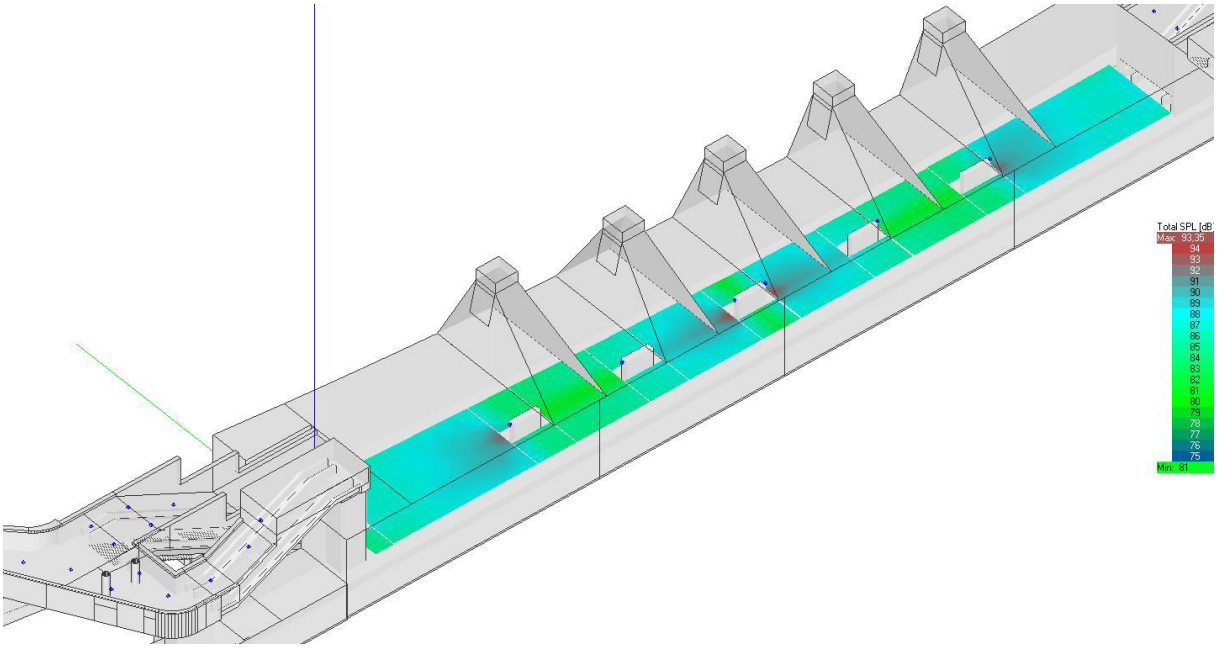


Abbildung 62: Bahnsteigebene - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 3

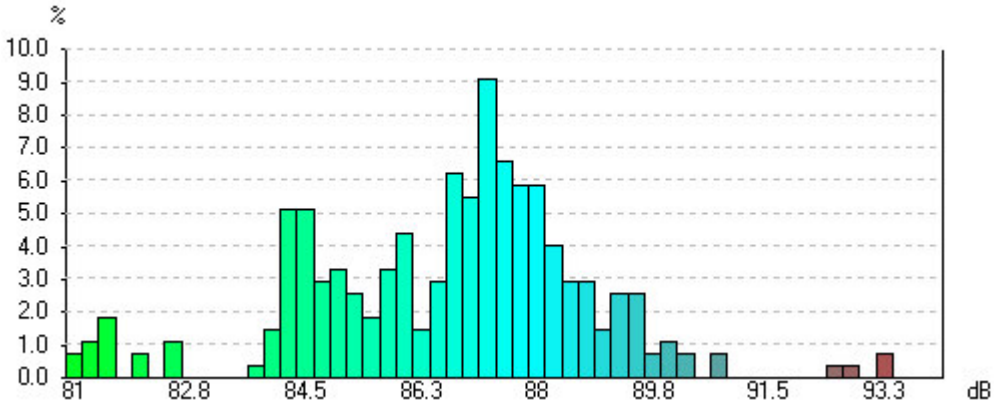


Abbildung 63: Bahnsteigebene - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 3

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 87dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-2dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Aufgrund des Lautsprecherausfalls ist der gemittelte Gesamtschalldruck um 2dB abgefallen und die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

7.2 Verteilerebene Ost

7.2.1 Nachhallzeit – Verteilerebene mit perforierter Metalldecke

Die Nachhallzeit T30 wird als akustische Beurteilungsgröße herangezogen. Die nachfolgenden Abbildungen stellen den Verlauf der Nachhallzeit über der Frequenz dar. Alle Oberflächen sind wie unter Punkt 4.2 beschrieben eingesetzt.

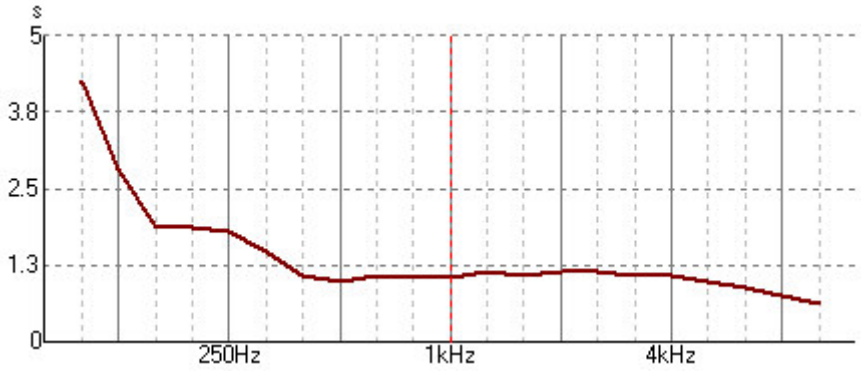


Abbildung 64: Verteilerebene Ost – Nachhallzeit T30 über der Frequenz

Die gemittelte Nachhallzeit T30 über STI relevante Oktavbänder von 125Hz bis 8kHz beläuft sich auf ca. 1,1 Sekunden aufgrund der vielen schallharten Oberflächen.

7.2.2 Sprachverständlichkeit ohne Anlagenfehler

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt kein Anlagenfehler vor. Die Lautsprecher der SAA sowohl in der Bahnsteigebene als auch in der Verteilerebene sind aktiv. Simuliert wurde die Sprachverständlichkeit nur an die Zuhörerflächen in der Verteilerebene Ost.

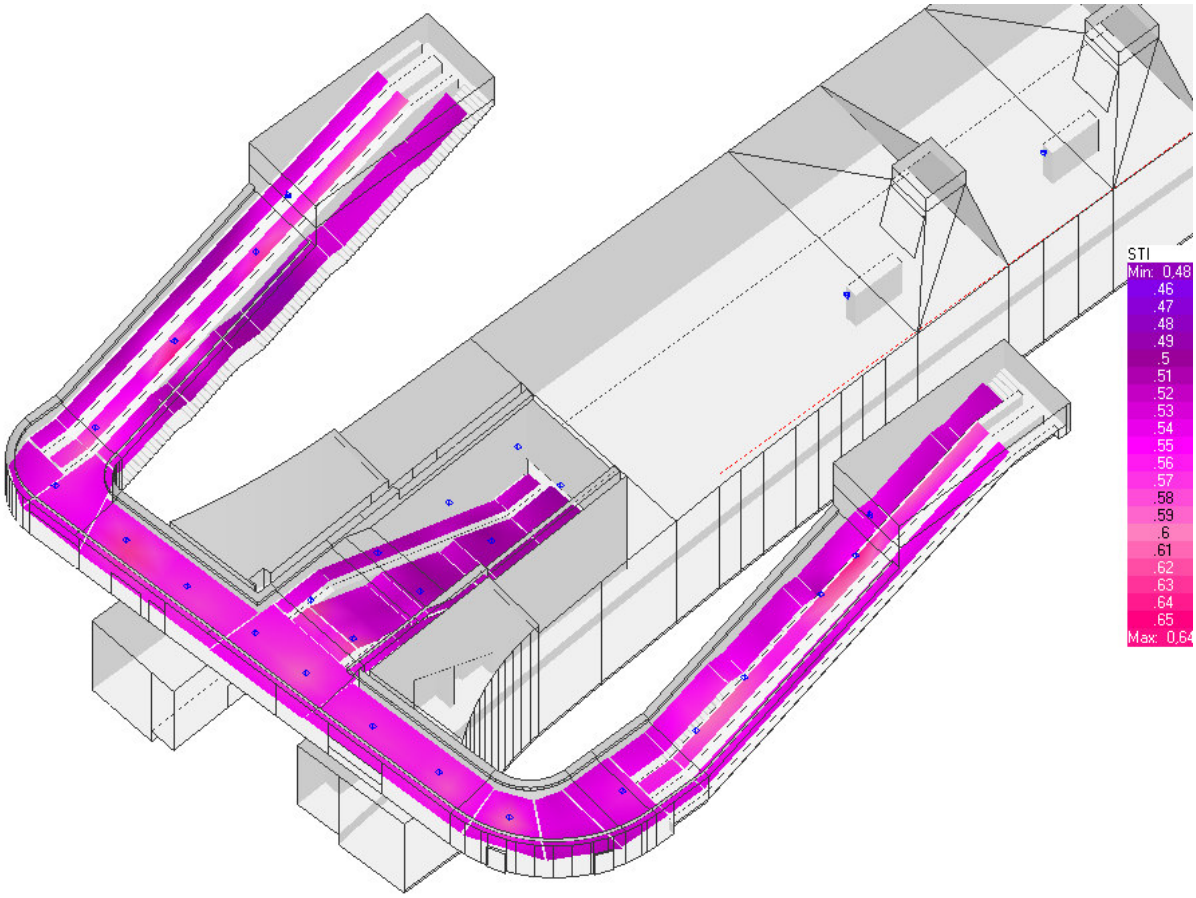


Abbildung 65: Verteilerebene Ost - 3D STI Verteilung ohne Anlagenfehler

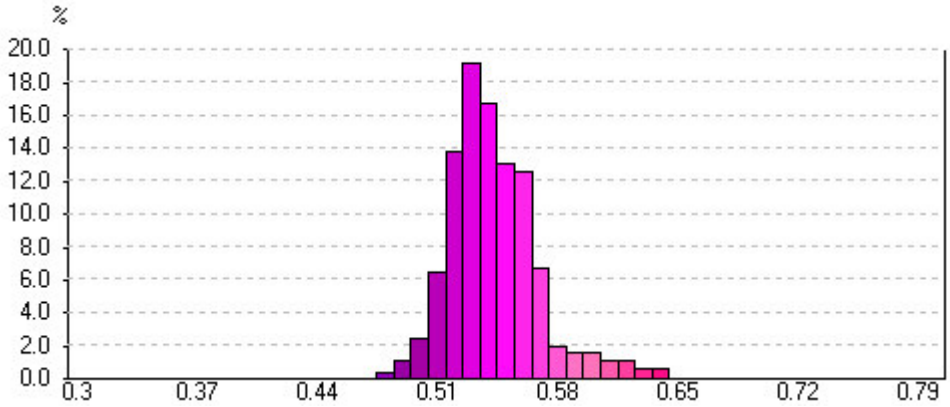


Abbildung 66: Verteilerebene Ost - STI Histogramm ohne Anlagenfehler

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,54 abzüglich einer Standardabweichung von 0,03. Die SAA erzielt somit einen Minimalwert von 0,51 STI.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,5 STI-Wert im Betrieb ohne Anlagenfehler werden bei der hier gewählten Lautsprecheranordnung erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

7.2.3 Gesamtschalldruck ohne Anlagenfehler

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt kein Anlagenfehler vor. Nur die Lautsprecher der SAA sind aktiv.
Die nachfolgenden Abbildungen stellen den erzielbaren Gesamtschalldruck dar. Dieser Wert ist nach einer erfolgreichen Installation der Lautsprecher bei einem Testsignal Rosa-Rauschen mit Crestfaktor 6dB messbar.

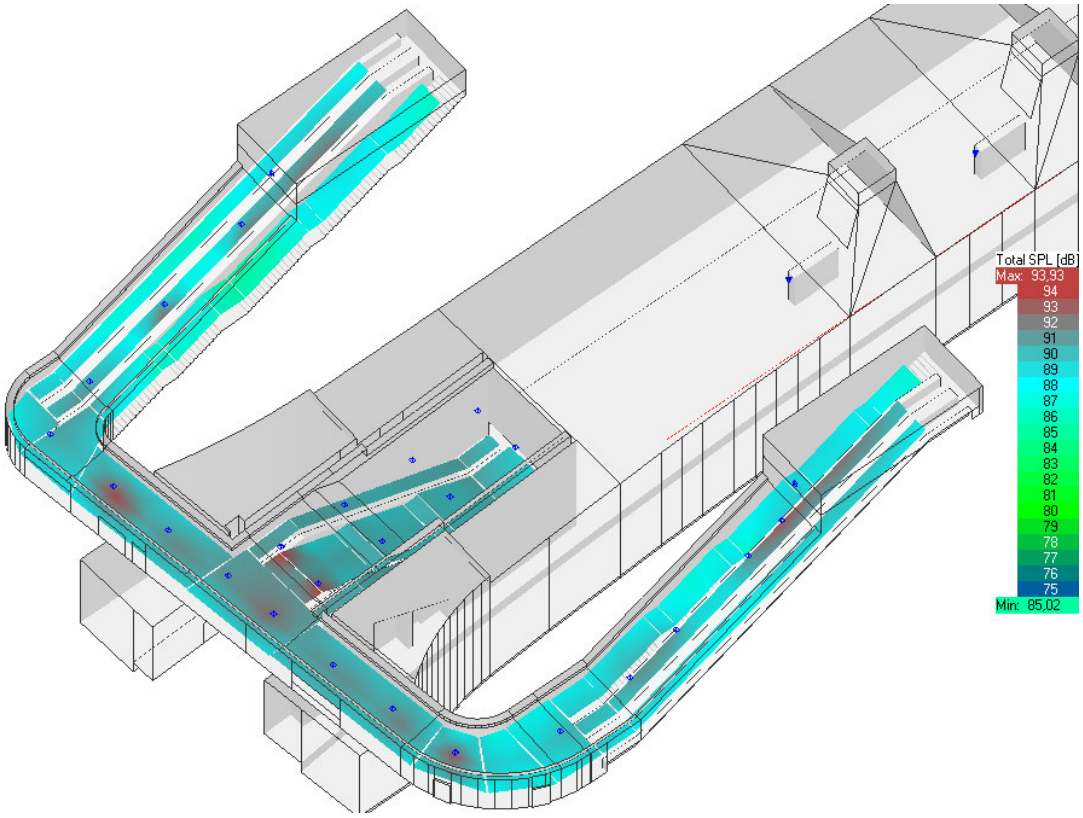


Abbildung 67: Verteilerebene Ost - TotalSPL 3D Verteilung ohne Anlagenfehler

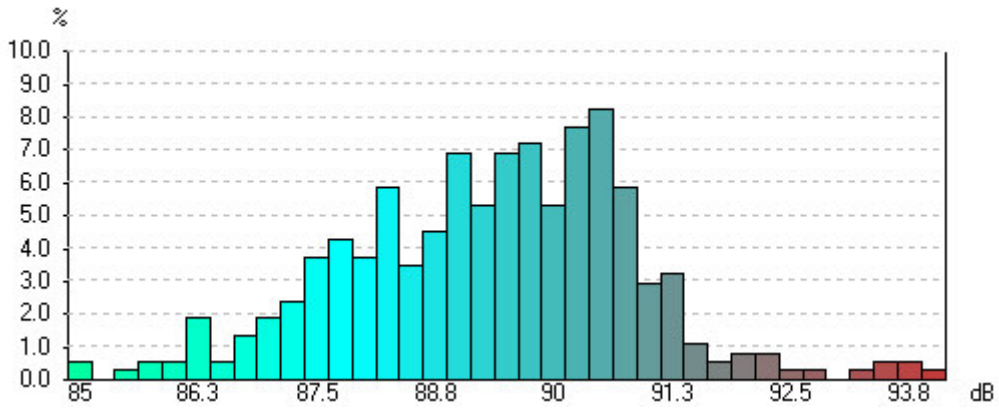


Abbildung 68: Verteilerebene Ost - TotalSPL Histogramm ohne Anlagenfehler

Der Gesamtschalldruck beträgt 89dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-2dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Der Signal-Stör-Abstand beträgt 19dB (89dB(A) – 70dB(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)

Die unterschiedlich erzielbaren Gesamtschalldrücke bei verschiedenen Mess- bzw. Audiosignalen zeigen auf, dass die Einmessung und Abnahmemessung der Anlage von entscheidender Bedeutung sind. Die Einmessung hat mit einem Rosa Rauschen, 6dB Crestfaktor zu erfolgen und der einzustellende Gesamtschalldruck hat 89dB(A) zu betragen. Diese Lautstärke wird von Menschen als zu laut empfunden, ist aber für die normative Sprachverständlichkeitsmessung und für die Alarmierung notwendig. Die Auflistung zeigt: obwohl mit Rosa Rauschen 89dB(A) erzielt worden sind, sinkt der Gesamtschalldruck auf 83dB(A) bei einer Alarmierung mit Sprache. Somit beträgt der Signal-Stör-Abstand nur noch 13dB bei Sprache anstatt 19dB mit dem Messsignal Rosa Rauschen.

7.2.4 Elektroakustische Berechnung des 1. Fehlerfalls gemäß Sicherheitsstufe II

Nachfolgend werden die Ergebnisse der akustischen Simulation im Fall eines Leitungsdefekts oder eines Verstärkerfehlers betrachtet.
Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie sind Folgende Ausfallszenarien in der Verteilerebene Ost möglich:

- Szenario 4: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene Ost
- Szenario 6: Ausfall Lautsprecherzeilen VE Ost -LS23 und VE Ost -LS24

Alle anderen Lautsprecher der SAA in der Station sind aktiv.

7.2.4.1 Szenario 4: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene Ost

7.2.4.1.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der Hälfte der Lautsprecher in der Verteilerebene Ost.

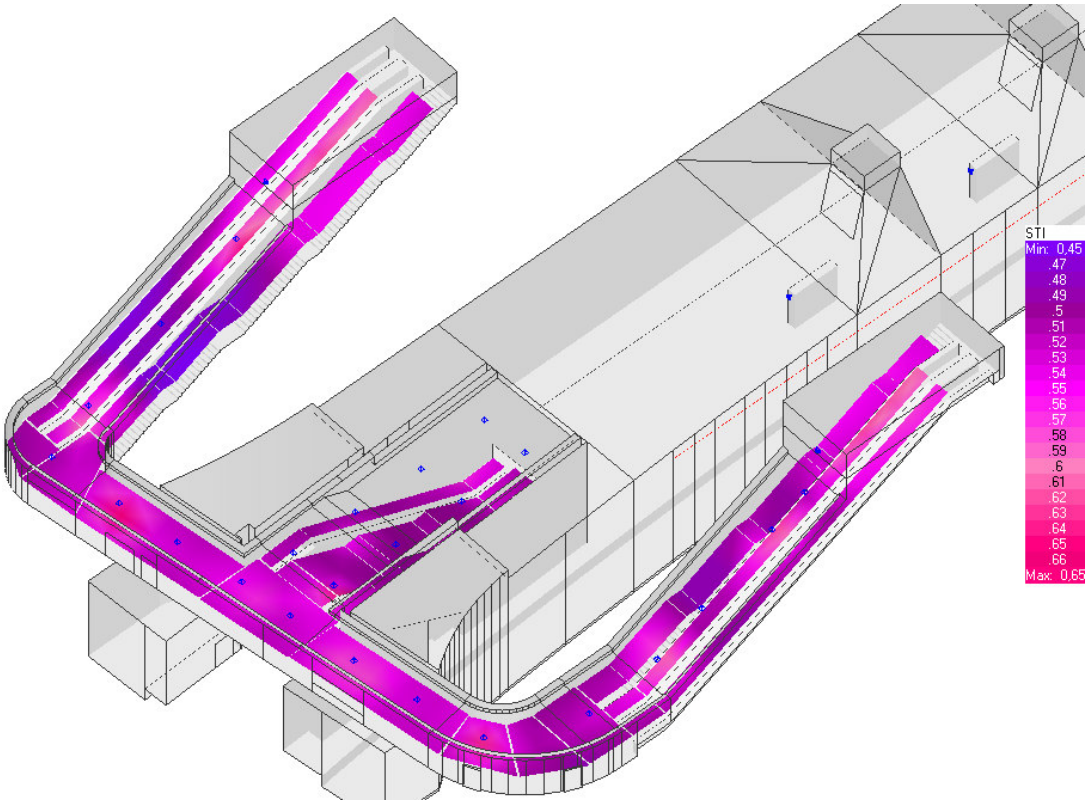


Abbildung 69: Verteilerebene Ost - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 4

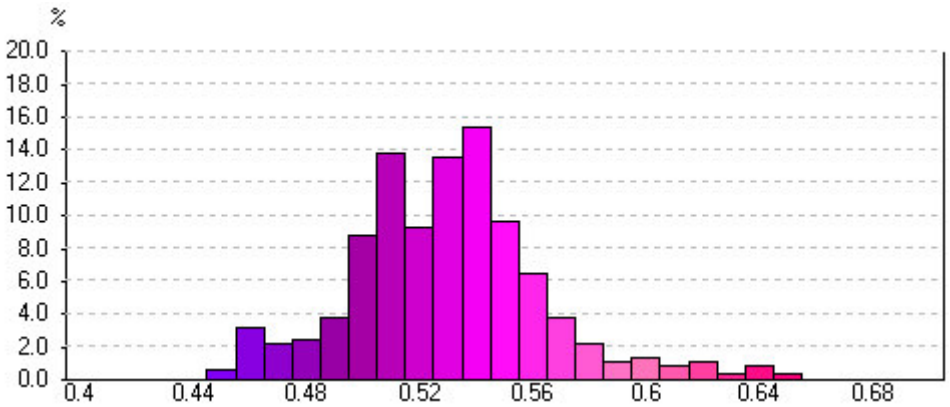


Abbildung 70: Verteilerebene Ost - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 4

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,53 abzüglich einer Standardabweichung von 0,03.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,50 STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

7.2.4.1.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten

Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der Hälfte der Lautsprecher in der Verteilerebene Ost.

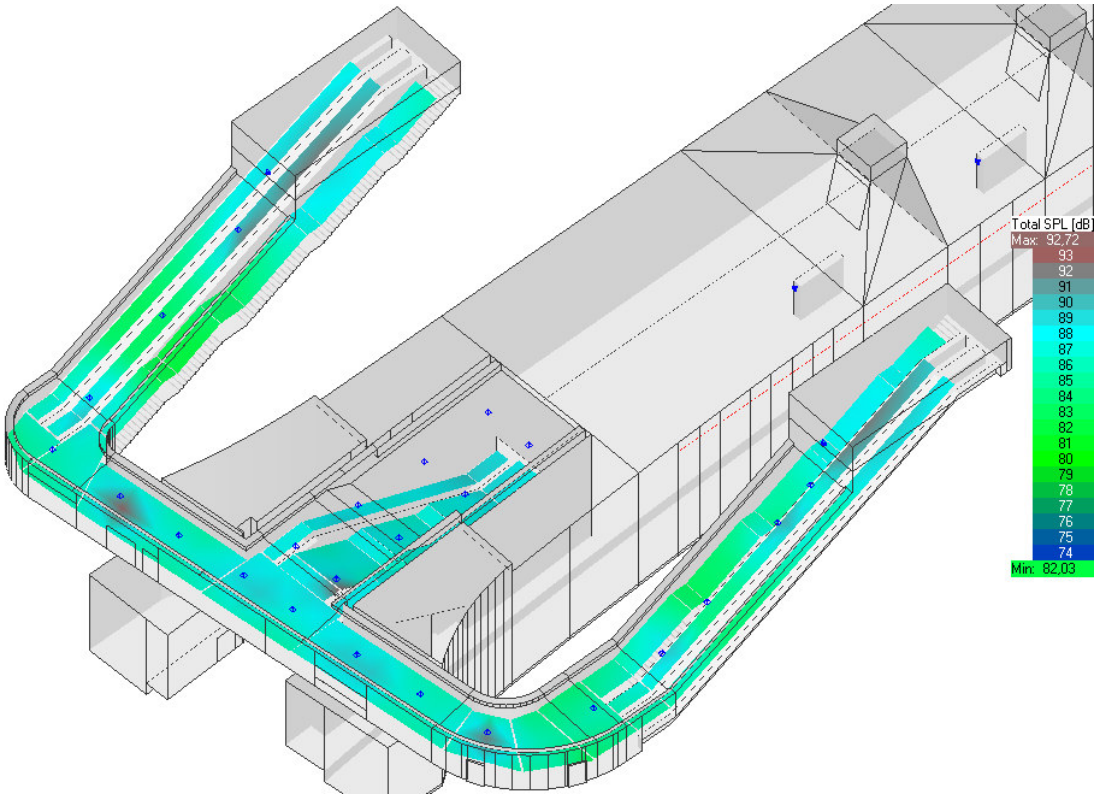


Abbildung 71: Verteilerebene Ost - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 4

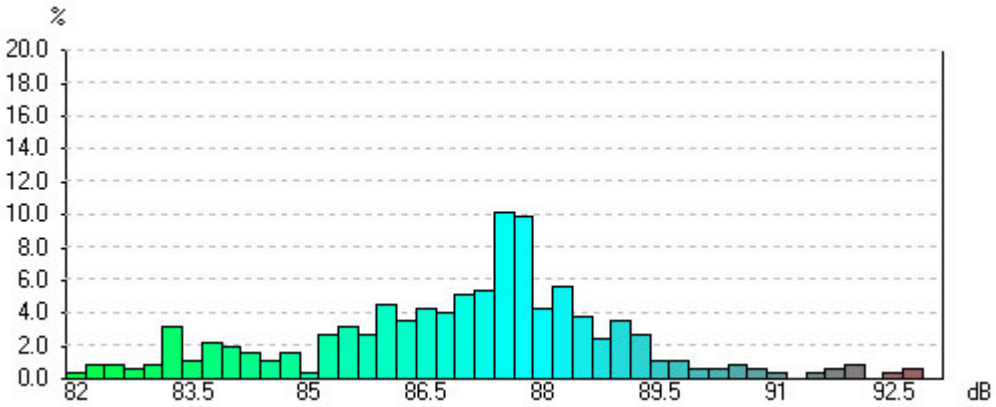


Abbildung 72: Verteilerebene Ost - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 4

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 87dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-2dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Aufgrund des Lautsprecherausfalls ist der gemittelte Gesamtschalldruck um 2dB abgefallen und die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird

nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

7.2.4.2 Szenario 6: Ausfall Lautsprecherzeilen VE Ost -LS23 und VE Ost -LS24

7.2.4.2.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen VE Ost -LS23 und VE Ost -LS24.

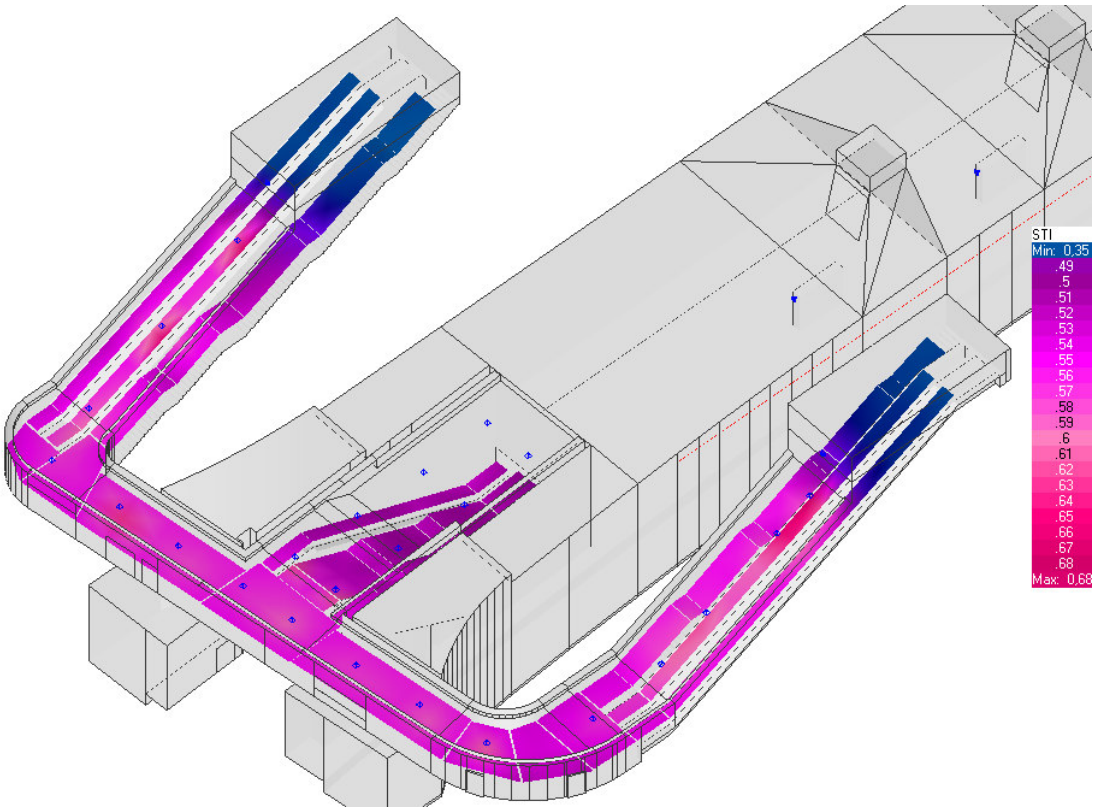


Abbildung 73: Verteilerebene Ost - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 6

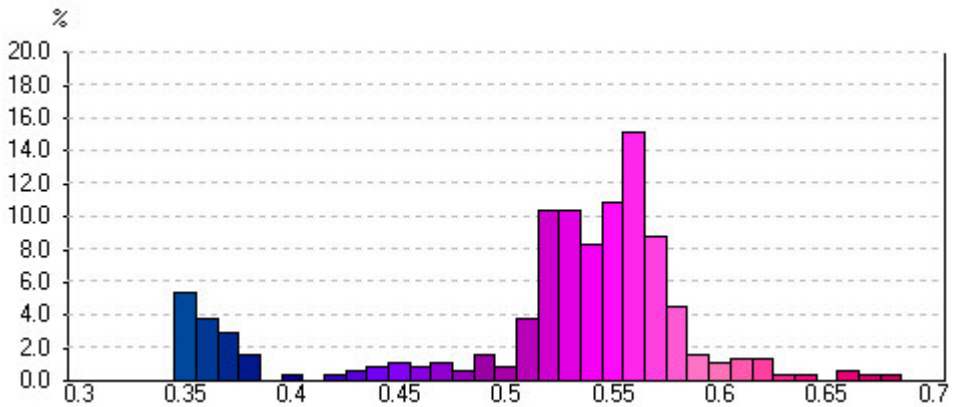


Abbildung 74: Verteilerebene Ost - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 6

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,52 abzüglich einer Standardabweichung von 0,07.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,45 STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

7.2.4.2.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen VE Ost -LS23 und VE Ost -LS24.

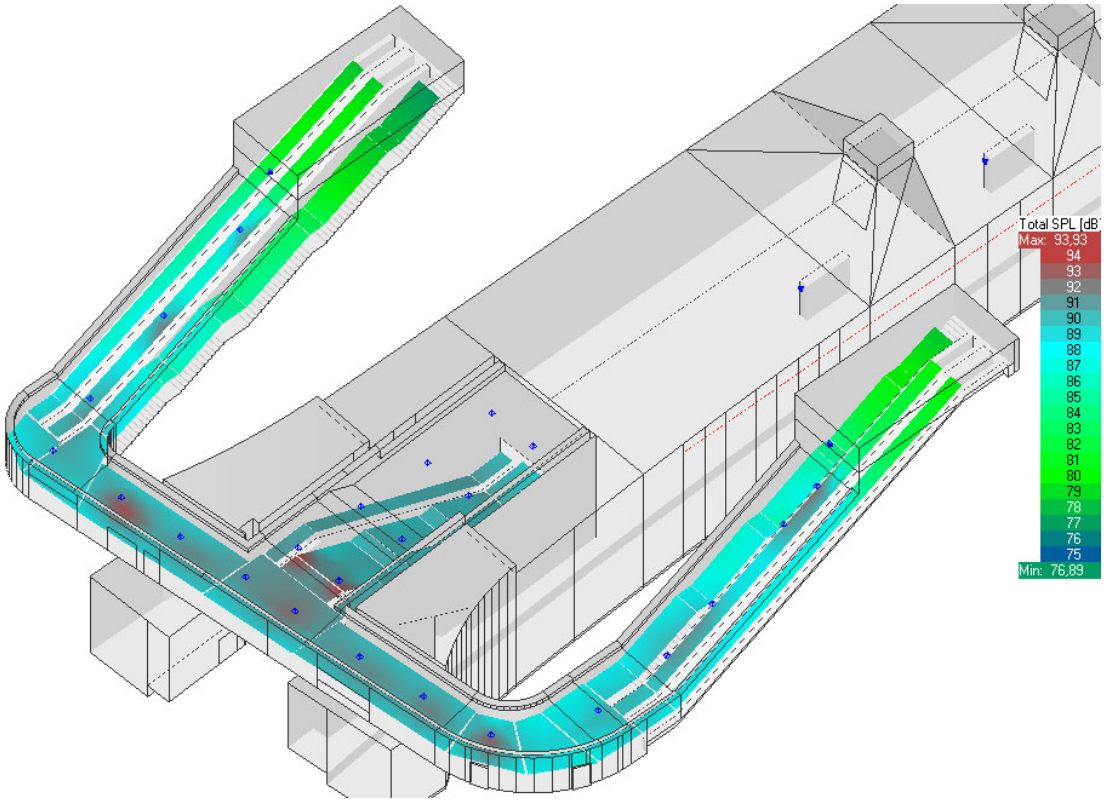


Abbildung 75: Verteilerebene Ost - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 6

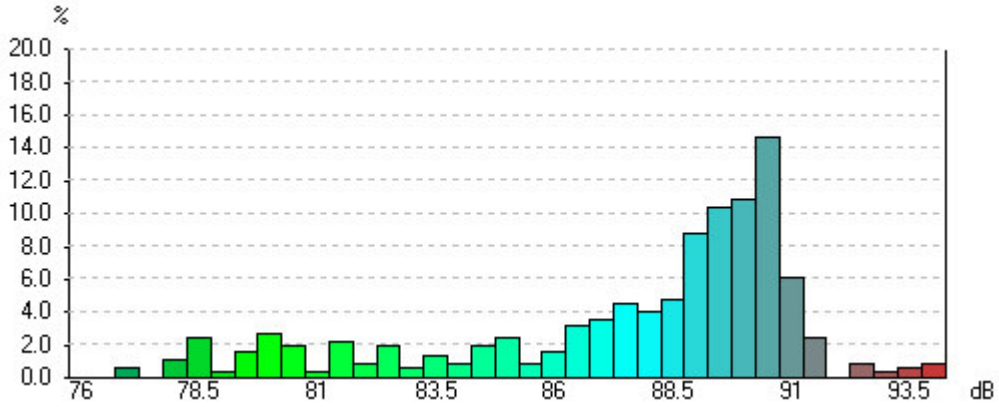


Abbildung 76: Verteilerebene Ost - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 6

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 88dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-4dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Aufgrund des Lautsprecherausfalls ist der gemittelte Gesamtschalldruck um 1dB abgefallen und die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

7.3 Verteilerebene West

7.3.1 Nachhallzeit – Verteilerebene mit perforierter Metalldecke

Die Nachhallzeit T30 wird als akustische Beurteilungsgröße herangezogen. Die nachfolgenden Abbildungen stellen den Verlauf der Nachhallzeit über der Frequenz dar. Alle Oberflächen sind wie unter Punkt 4.2 beschrieben eingesetzt.

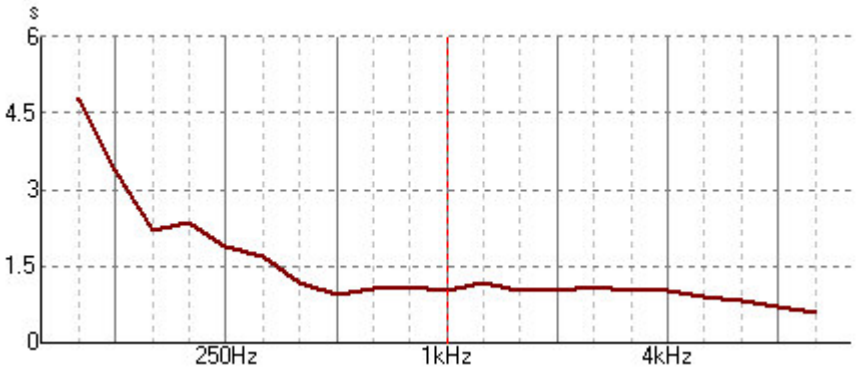


Abbildung 77: Verteilerebene West – Nachhallzeit T30 über der Frequenz

Die gemittelte Nachhallzeit T30 über STI relevante Oktavbänder von 125Hz bis 8kHz beläuft sich auf ca. 1,1 Sekunden aufgrund der vielen schallharten Oberflächen.

7.3.2 Sprachverständlichkeit ohne Anlagenfehler

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt kein Anlagenfehler vor. Die Lautsprecher der SAA sowohl in der Bahnsteigebene als auch in der Verteilerebene sind aktiv. Simuliert wurde die Sprachverständlichkeit nur an die Zuhörerflächen in der Verteilerebene West.

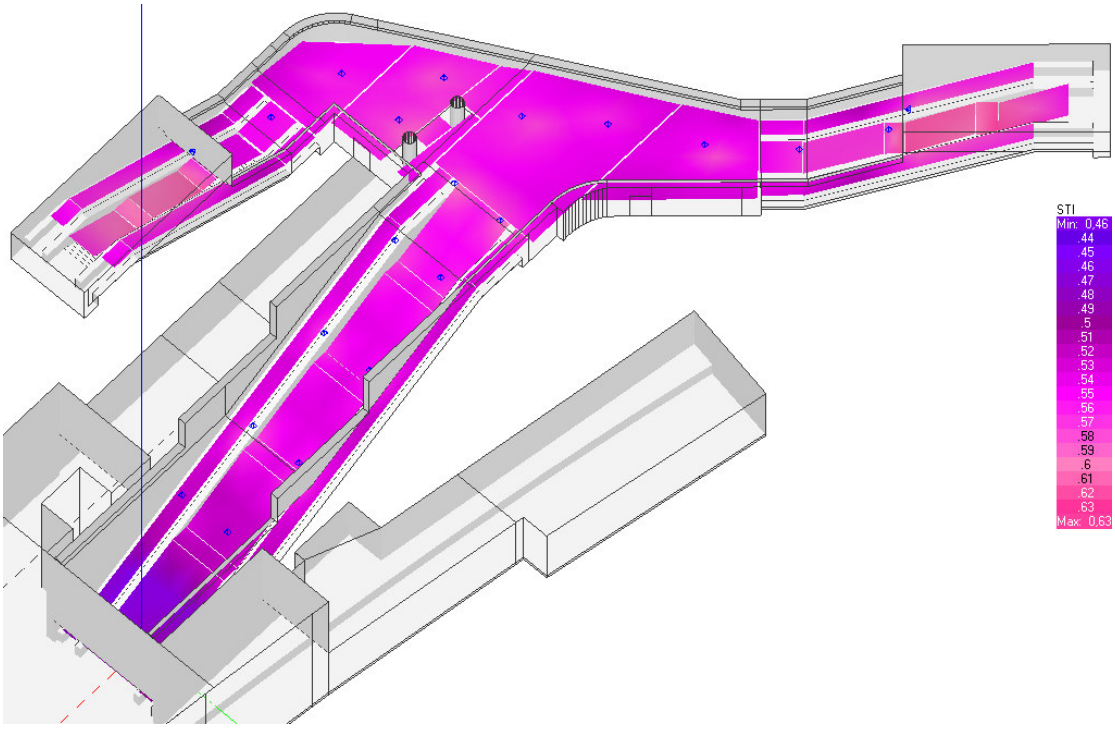


Abbildung 78: Verteilerebene West - 3D STI Verteilung ohne Anlagenfehler

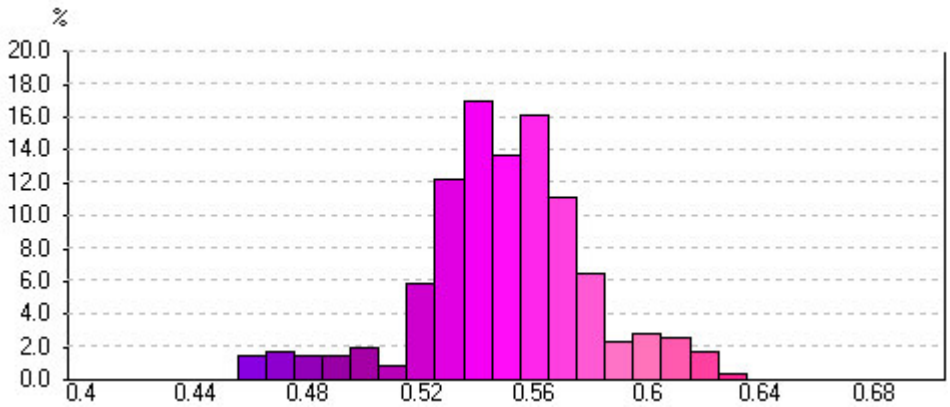


Abbildung 79: Verteilerebene West - STI Histogramm ohne Anlagenfehler

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,55 abzüglich einer Standardabweichung von 0,03 und erzielt somit einen Minimalwert von 0,52 STI.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,5 STI-Wert im Betrieb ohne Anlagenfehler werden bei der hier gewählten Lautsprecheranordnung und in Verbindung mit einer

raumakustisch absorbierenden Decke in der Verteilerebene (siehe Punkt 4.2) erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

7.3.3 Gesamtschalldruck ohne Anlagenfehler

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt kein Anlagenfehler vor. Nur die Lautsprecher der SAA sind aktiv.
Die nachfolgenden Abbildungen stellen den erzielbaren Gesamtschalldruck dar. Dieser Wert ist nach einer erfolgreichen Installation der Lautsprecher bei einem Testsignal Rosa-Rauschen mit Crestfaktor 6dB messbar.

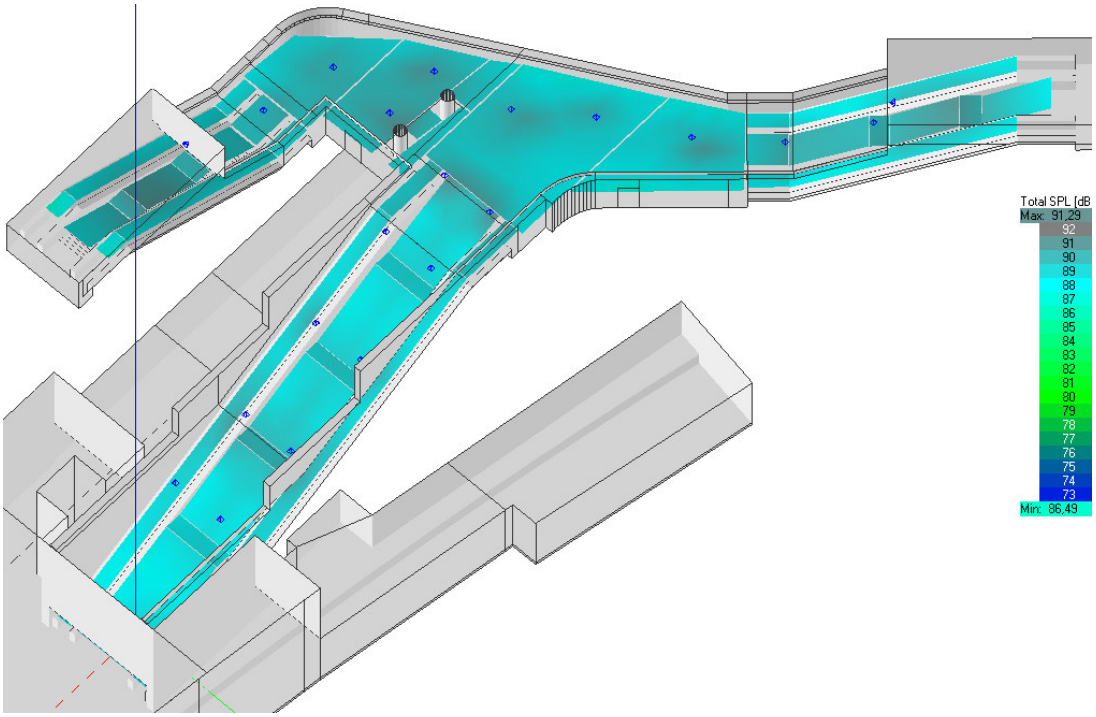


Abbildung 80: Verteilerebene West - TotalSPL 3D Verteilung ohne Anlagenfehler

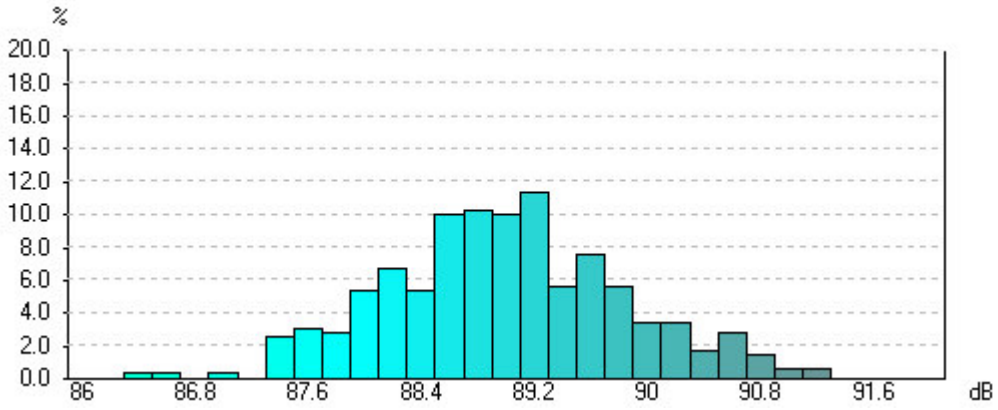


Abbildung 81: Verteilerebene West - TotalSPL Histogramm ohne Anlagenfehler

Der Gesamtschalldruck beträgt 89dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-1dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Der Signal-Stör-Abstand beträgt 19dB (89dB(A) – 70dB(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)

Die unterschiedlich erzielbaren Gesamtschalldrücke bei verschiedenen Mess- bzw. Audiosignalen zeigen auf, dass die Einmessung und Abnahmemessung der Anlage von entscheidender Bedeutung sind. Die Einmessung hat mit einem Rosa Rauschen, 6dB Crestfaktor zu erfolgen und der einzustellende Gesamtschalldruck hat 89dB(A) zu betragen. Diese Lautstärke wird von Menschen als zu laut empfunden, ist aber für die normative Sprachverständlichkeitsmessung und für die Alarmierung notwendig. Die Auflistung zeigt: obwohl mit Rosa Rauschen 89dB(A) erzielt worden sind, sinkt der Gesamtschalldruck auf 83dB(A) bei einer Alarmierung mit Sprache. Somit beträgt der Signal-Stör-Abstand nur noch 13dB bei Sprache anstatt 19dB mit dem Messsignal Rosa Rauschen.

7.3.4 Elektroakustische Berechnung des 1. Fehlerfalls gemäß Sicherheitsstufe II

Nachfolgend werden die Ergebnisse der akustischen Simulation im Fall eines Leitungsdefekts oder eines Verstärkerfehlers betrachtet.
Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie sind Folgende Ausfallszenarien in der Verteilerebene West möglich:

- Szenario 5: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene West
- Szenario 6: Ausfall Lautsprecherzeilen VE West -LS21 und VE West -LS22

Alle anderen Lautsprecher der SAA in der Station sind aktiv.

7.3.4.1 Szenario 5: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene West

7.3.4.1.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der Hälfte der Lautsprecher in der Verteilerebene West.

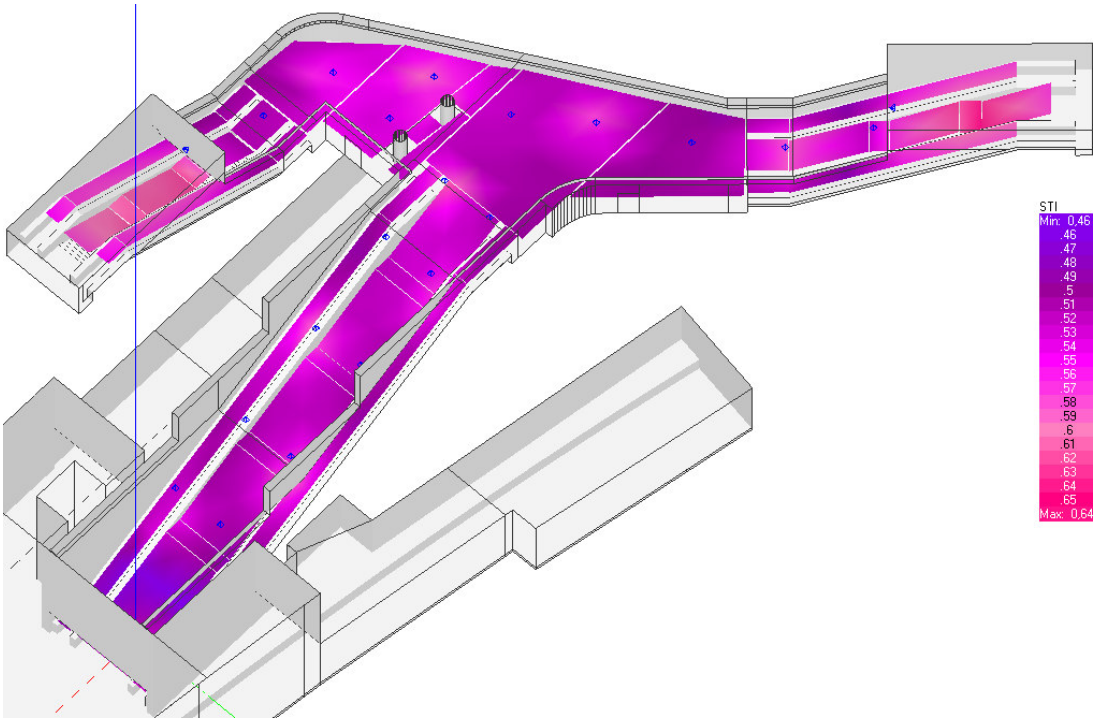


Abbildung 82: Verteilerebene West - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 5

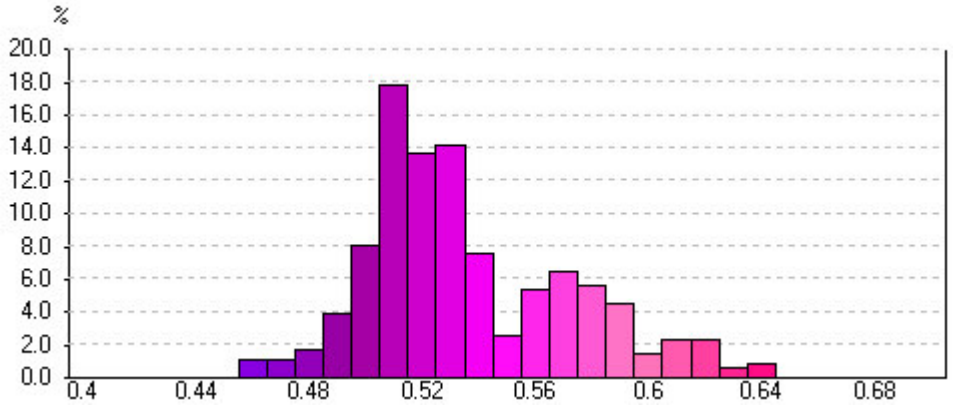


Abbildung 83: Verteilerebene West - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 5

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,54 abzüglich einer Standardabweichung von 0,04.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,50 STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

7.3.4.1.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der Hälfte der Lautsprecher in der Verteilerebene West.

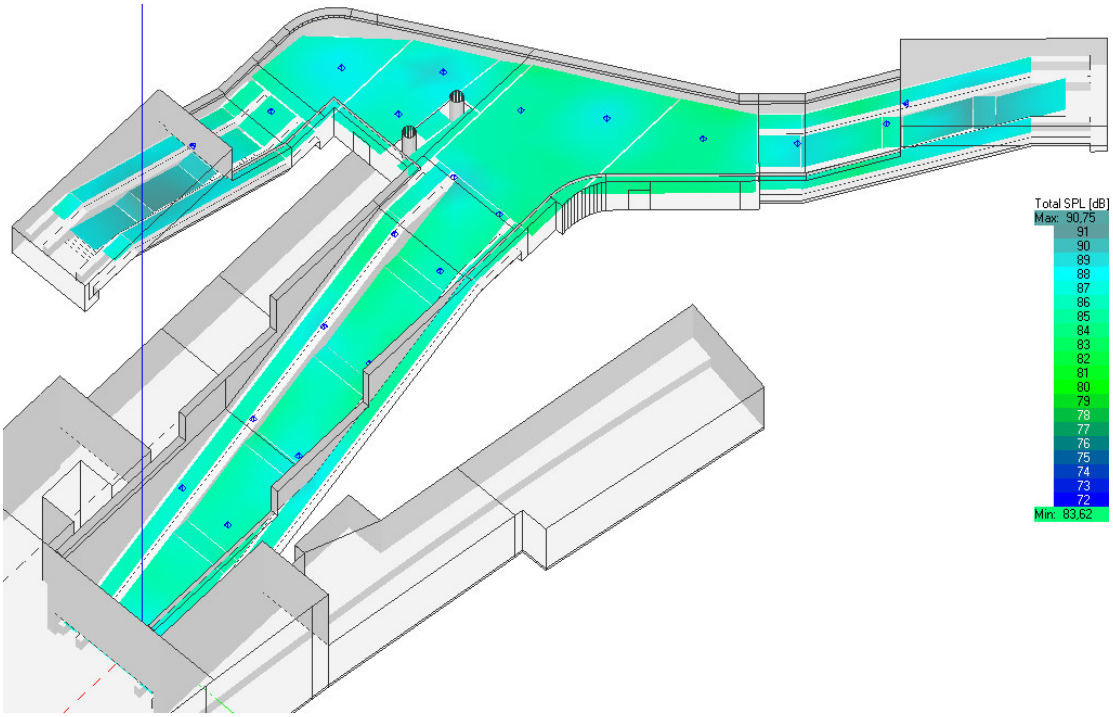


Abbildung 84: Verteilerebene West - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 5

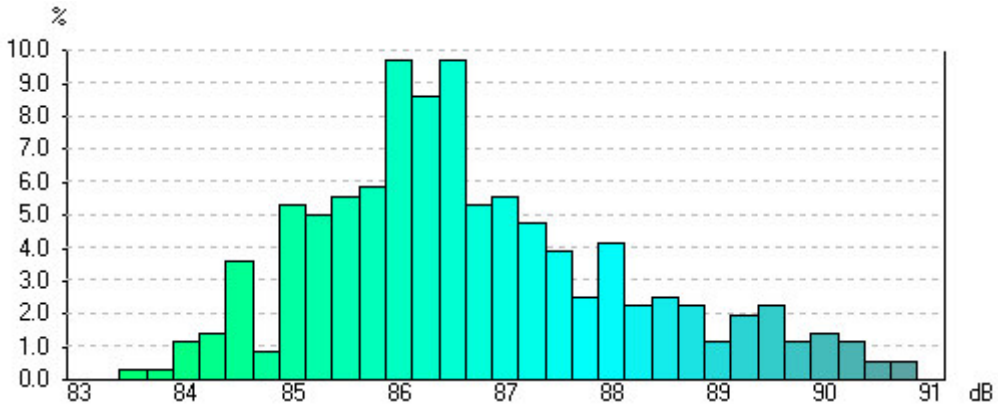


Abbildung 85: Verteilerebene West - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 5

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 87dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-2dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Aufgrund des Lautsprecherausfalls ist der gemittelte Gesamtschalldruck um 2dB abgefallen und die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

7.3.4.2 Szenario 6: Ausfall Lautsprecherzeilen VE West - LS23 und VE West - LS24

7.3.4.2.1 Sprachverständlichkeit im 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen VE West -LS21 und VE West -LS22.

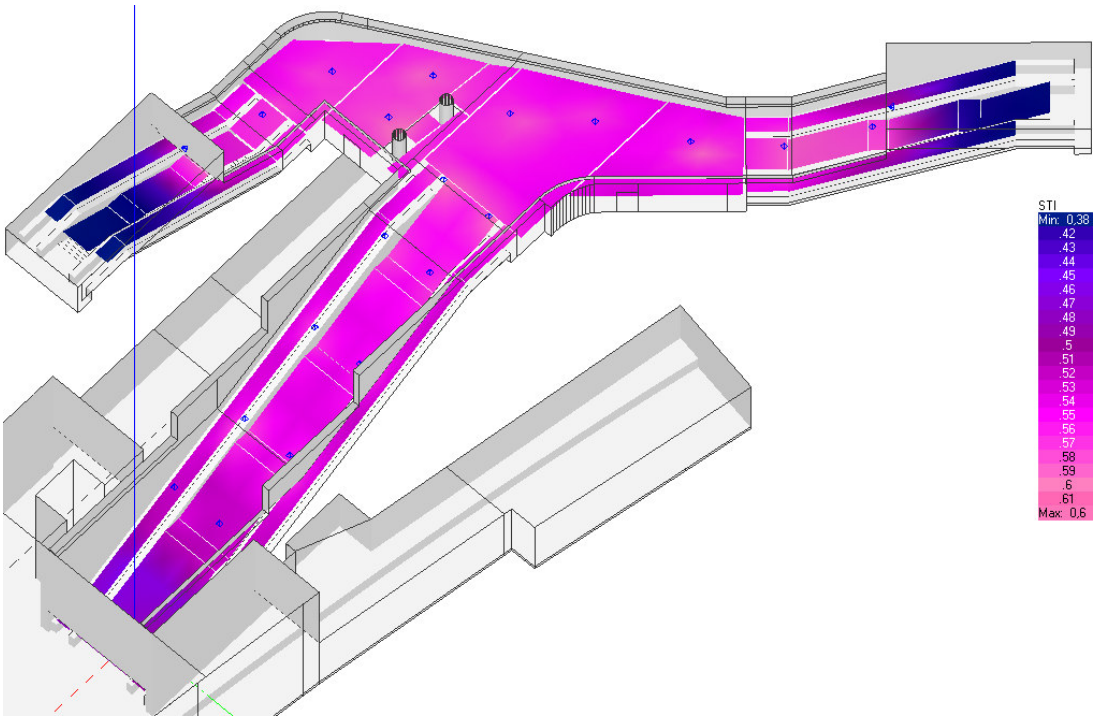


Abbildung 86: Verteilerebene West - 3D STI Verteilung mit 1. Fehlerfall – Szenario 6

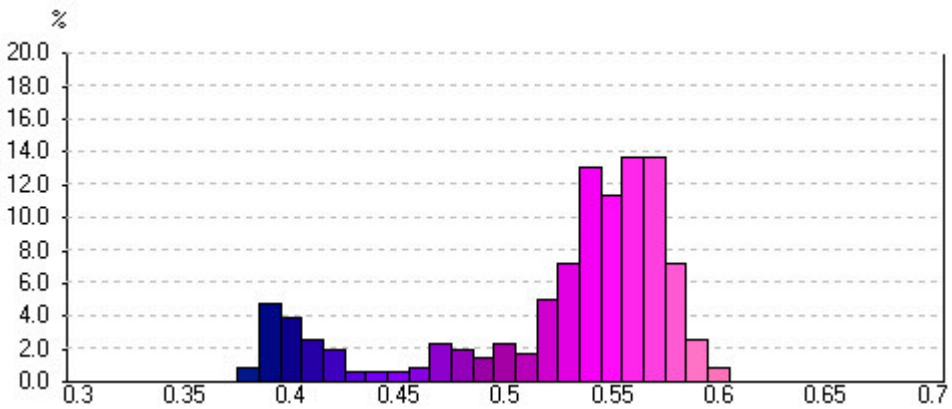


Abbildung 87: Verteilerebene West - STI Histogramm mit 1. Fehlerfall - Szenario 6

Die Berechnung zeigt eine durchschnittliche Sprachverständlichkeit von 0,52 abzüglich einer Standardabweichung von 0,06.

Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 an eine Sprachalarmierungsanlage von 0,45 STI im Betrieb mit 1. Fehlerfall wird mit 0,46 STI erfüllt (Standardabweichung bereits abgezogen).

7.3.4.2.2 Gesamtschalldruck mit 1. Fehlerfall

Für die nachfolgende Berechnung der Sprachalarmierung liegt der 1. Fehlerfall vor (kein Stromausfall). Gemäß der unter Punkt 5.3 definierten Lautsprecherzugehörigkeit zur 100V Linie gilt als 1. Fehlerfall der Ausfall der passiven Lautsprecherzeilen VE West -LS21 und VE West -LS22.

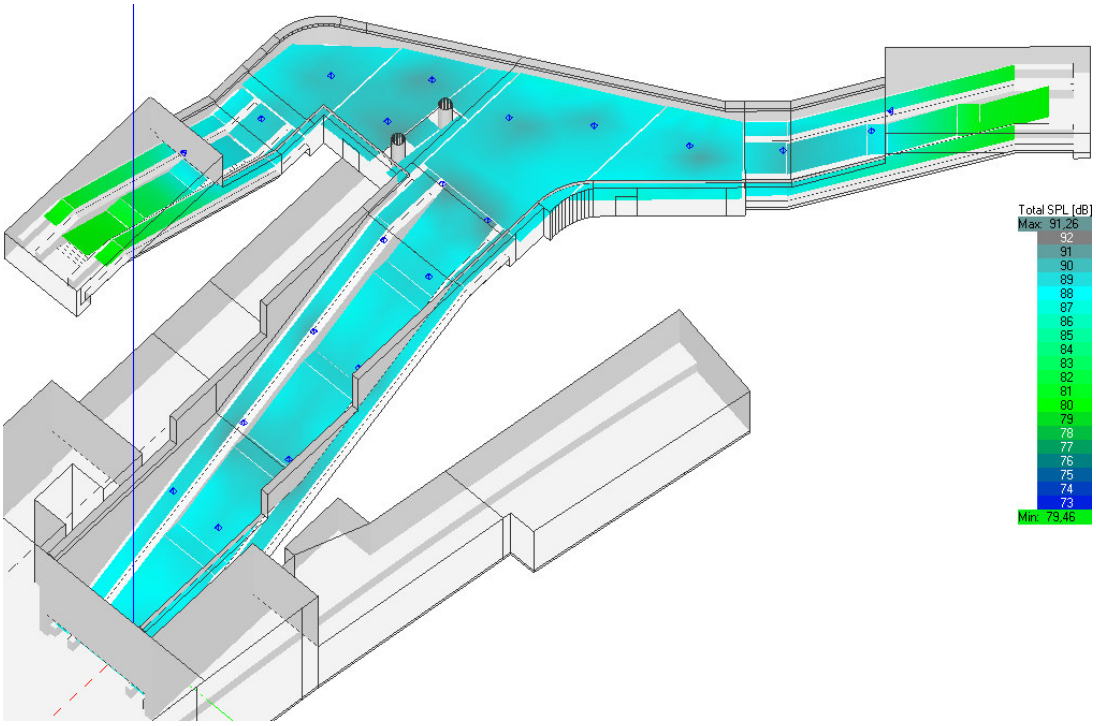


Abbildung 88: Verteilerebene West - TotalSPL 3D Verteilung 1. Fehlerfall - Szenario 6

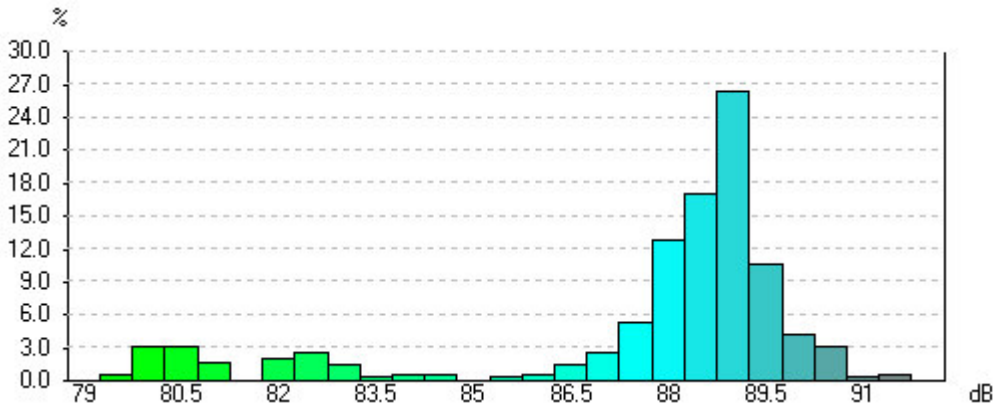


Abbildung 89: Verteilerebene West - TotalSPL Histogramm 1. Fehlerfall - Szenario 6

Der erzielbare Gesamtschalldruck im Betrieb mit einem 1. Fehlerfall beträgt 88dB(A) mit einer Standardabweichung von +/-3dB bei dem Messsignal Rosa Rauschen mit einem Crestfaktor von 6dB. Aufgrund des Lautsprecherausfalls ist der gemittelte Gesamtschalldruck um 1dB abgefallen und die Standardabweichung ist gestiegen.

Im Gegensatz zum Gesamtschalldruck ohne Fehlerfall wird der Gesamtschalldruck im 1. Fehlerfall NICHT mehr eingestellt. Der Gesamtschalldruck im 1.Fehlerfall wird nach einer erfolgreichen Einmessung des Gesamtschalldrucks ohne Fehlerfall gemessen.

8 Zusammenfassung Elektroakustik SAA Station Güterplatz

Nachfolgend sind die einzelnen Ergebnisse der Beschallung der Station Güterplatz zusammenfassend dargestellt.
Um die Anforderung der Sicherheitsstufe II an die Sprachverständlichkeit zu erfüllen müssen im 1. Fehlerfall folgende Ausfallszenarien eingehalten werden:

- Szenario 1: Ausfall Lautsprecherzeile 4 gleichwertig der Ausfallszenario Lautsprecherzeile 3
- Szenario 2: Ausfall Lautsprecherzeilen 1 und 6
- Szenario 3: Ausfall Lautsprecherzeilen 2 und 5
- Szenario 4: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene Ost
- Szenario 5: Ausfall der Hälfte der Lautsprecher der Verteilerebene West
- Szenario 6: Ausfall Lautsprecherzeilen VE West -LS21 und VE West -LS22 gleichwertig dem Ausfallszenario VE Ost -LS23 und VE Ost -LS24

	Sprachverständlichkeit STI	Gesamtschalldruck dB(A)	Signal-Stör-Abstand dB	**Norm erfüllt**
Ohne Anlagenfehler	0,55 +/-0,04	89dB(A) +/-1	19dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 1	0,54 +/-0,05	89dB(A) +/-2	19dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 2	0,55 +/-0,04	89dB(A) +/-2	19dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 3	0,54 +/-0,04	88dB(A) +/-2	18dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 4	0,54 +/-0,04	88dB(A) +/-2	18dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 5	0,55 +/-0,04	88dB(A) +/-2	18dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 6	0,54 +/-0,06	88dB(A) +/-3	18dB@ Rosa Rauschen	JA

Tabelle 6: Zusammenfassende Auswertung Brandabschnitt

	Sprachverständlichkeit STI	Gesamtschalldruck dB(A)	Signal-Stör-Abstand dB	**Norm erfüllt**
Ohne Anlagenfehler	0,56 +/-0,06	89dB(A) +/-1	19dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 1	0,54 +/-0,09	87dB(A) +/-3	17dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 2	0,55 +/-0,07	87dB(A) +/-2	17dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 3	0,53 +/-0,08	87dB(A) +/-2	17dB@ Rosa Rauschen	JA

Tabelle 7: Zusammenfassende Auswertung Verkabelungsbrandabschnitt Bahnsteigebene

	Sprachverständlichkeit STI	Gesamtschalldruck dB(A)	Signal-Stör-Abstand dB	**Norm erfüllt**
Ohne Anlagenfehler	0,54 +/-0,03	89dB(A) +/-2	19dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 4	0,53 +/-0,03	87dB(A) +/-2	17dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 6	0,52 +/-0,07	88dB(A) +/-4	18dB@ Rosa Rauschen	JA

Tabelle 8: Zusammenfassende Auswertung Verkabelungsbrandabschnitt Verteilerebene Ost

	Sprachverständlichkeit STI	Gesamtschalldruck dB(A)	Signal-Stör-Abstand dB	**Norm erfüllt**
Ohne Anlagenfehler	0,55 +/-0,03	89dB(A) +/-1	19dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 5	0,54 +/-0,04	87dB(A) +/-2	17dB@ Rosa Rauschen	JA
Mit Anlagenfehler Szenario 6	0,52 +/-0,06	88dB(A) +/-3	18dB@ Rosa Rauschen	JA

Tabelle 9: Zusammenfassende Auswertung Verkabelungsbrandabschnitt Verteilerebene West

Die Verteilerebene Ost, die Verteilerebene West mit der Bahnsteigebene gehören nach BSK zu einem Brandabschnitt und sind somit ein Alarmierungsbereich. Der Mittelwert der Sprachverständlichkeit im Alarmierungsbereich darf im Regelbetrieb der SAA abzüglich der Standardabweichung ein Wert von 0,50 STI nicht unterschritten werden. Im 1. Fehlerfall nach Sicherheitsstufe II darf die Sprachverständlichkeit nicht unter 0,45 STI abfallen. In Tabelle 6 sin die Ergebnisse der akustischen Berechnung des gesamten Brandabschnitts zusammengefasst. Es wurden alle 6 mögliche Ausfallszenarien nach Sicherheitsstufe II betrachtet. Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 sind sowohl im Regelbetrieb der Anlage als auch im Fehlerfall unter Einhaltung der in Punkt 4.2 definierten raumakustischen Vorgaben erfüllt.

Nach MLAR ist eine stockwerkübergreifende Funktionserhaltverkabelung nicht zulässig. Deswegen wurde die Station in den drei virtuellen Brandabschnitten/ Verkabelungsbrandabschnitte: Verteilerebene Ost, Verteilerebene West und Bahnsteig aufgeteilt. Im Beschallungsbericht wurden auch die akustischen Beurteilungsgrößen in den einzelnen virtuellen Brandabschnitte ermittelt. Dabei wurde die von der SAA erzielte Sprachverständlichkeit und Gesamtschalldruck nur über die Zuhörerflächen in den einzelnen virtuellen Brandabschnitte ermittelt. Die

Ergebnisse sind in Tabelle 7, Tabelle 8 und Tabelle 9 zusammengefasst. Es wurden auch alle 6 mögliche Ausfallszenarien nach Sicherheitsstufe II betrachtet. Die Anforderungen der DIN VDE 0833-4: 2014-10 sind ebenso in den einzelnen Verkabelungsbrandabschnitte erfüllt.

9 Abkürzungsverzeichnis

QS	Qualitätssicherung
uPva	unterirdische Personenverkehrsanlage
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
NF	Niederfrequenz
AC	Wechselspannung
V	Einheit Volt
W	Einheit Watt
EASE	Programm - Enhanced Acoustic Software for Engineers
S-**	S steht für Speaker (=Lautsprecher)
MLAR	Muster-Leitungs-Anlagen-Richtlinie
BSK	Brandschutzkonzept
AURA	Aurlisation
3D	3 Dimensional
TK	Telekommunikationsanlage
S/N	Signal-to-Noise Ratio (= Signal-Stör-Abstand)
D/R	Direct-to-Reverberant (=Verhältnis Direktschall zu Nachhall)
DA	Deckenaufbaulautsprecher
DE	Deckeneinbaulautsprecher