

Bericht über die Raumakustische Computersimulation für die Neuinstallation einer Sprachalarmanlage unter Berücksichtigung der DIN VDE 0833-4

Auftraggeber:	Sportpark Leverkusen Bismarckstraße 125 51373 Leverkusen
Verfasser:	Erwin Stange, Dipl.-Ing. Kermelberg 5c 58313 Herdecke
Telefon-Durchwahl:	02330-2426
Mobil:	0173 / 270 1989
E-Mail:	info@ingenieurbuero-stange.de
Berichtsumfang:	12 Seiten
Ort, Datum:	Herdecke, den 09.04.2024
Version:	1.0

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung	3
2. Modellbau	3
3. Nachhallzeit und Störschallpegel	5
4. Lautsprecher in der Simulation	6
5. Graphische Dokumentation der Berechnungsergebnisse	7
5.1 Diektschallpegelverteilung	6
5.2 Gesamtschallpegelverteilung	8
5.3 Sprachverständlichkeit STI	9
6. Zusammenfassung und Fazit	11

Anhang Lautsprecherliste

1. Aufgabenstellung

De Sportpark Leverkusen Hagen plant für die Ostermann-Arena, Bismarckstraße 125, 51373 Leverkusen, die Neuinstallation einer Sprachalarmanlage vorzunehmen.

Das Ingenieurbüro Stange wurde mit der Computersimulation des Innenbereichs der Rundsporthalle zur Untersuchung und Prognose der Sprachverständlichkeit beauftragt. In dem vorliegenden Bericht werden die simulierten Werte zusammengefasst und bewertet.

Die Werte für die Sprachverständlichkeit, die für Sprachalarmanlagen gefordert werden, sind nach VDE 0833-4 definiert. Es wird ein STI Wert von $\geq 0,5$ vorgegeben, der auch im leeren Zustand erreicht werden muss. Für Räume mit schwierigen akustischen Bedingungen ist ein STI Wert von $\geq 0,45$ zulässig. Der STI-Wert bildet dabei den Mittelwert für alle durchgeführten Messpositionen. Hierbei muss der Alarmierungspegel mindestens 10dB über dem Störschall liegen.

2. Modellbau

Die Raumgeometrie wurde auf Grundlage der bauseits zur Verfügung gestellten CAD-Unterlagen im DWG Format sowie als Sketch Up Datei übernommen und in dreidimensionaler Darstellung in das Simulationsprogramm EASE5 SE importiert sowie für die akustische Simulation entsprechend angepasst. Allen bestehenden akustisch wirksamen Flächen wurde entsprechendes Material zugewiesen. Aufgrund fehlender Angaben zur genauen Bestimmung der Schallabsorptionsgrade der Oberflächenmaterialien wurden hierzu Vergleichswerte aus der Literatur entnommen.

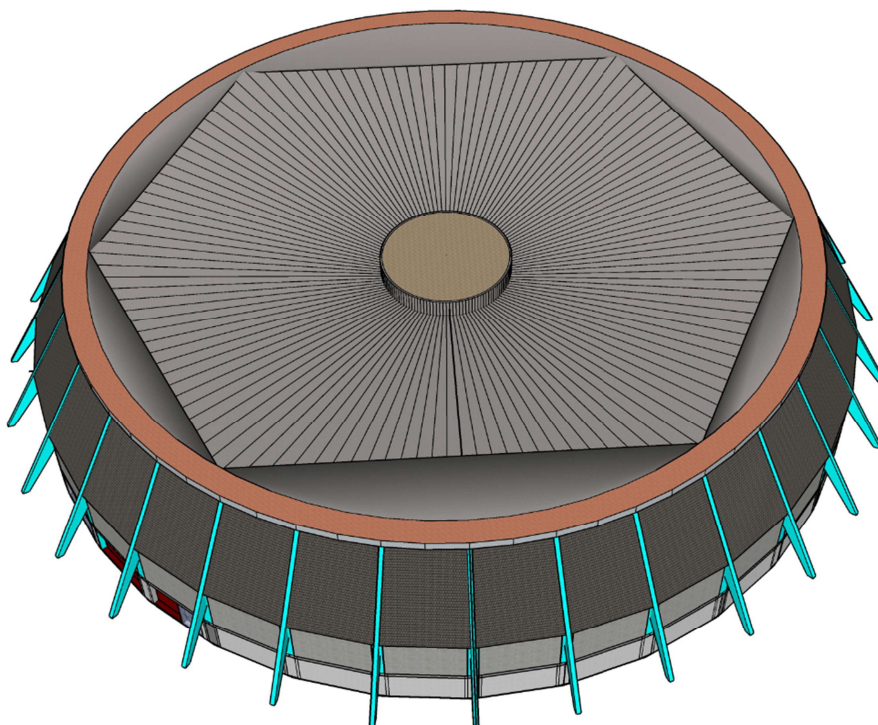


Abb. 1: Ansicht in SketchUp

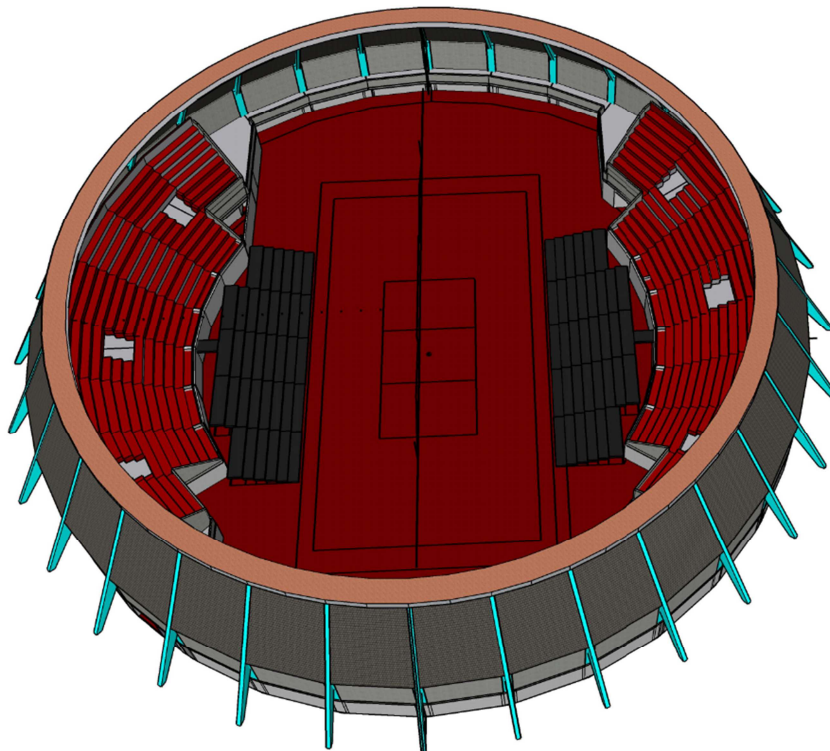


Abb. 2: Ansicht Halleninnenraum

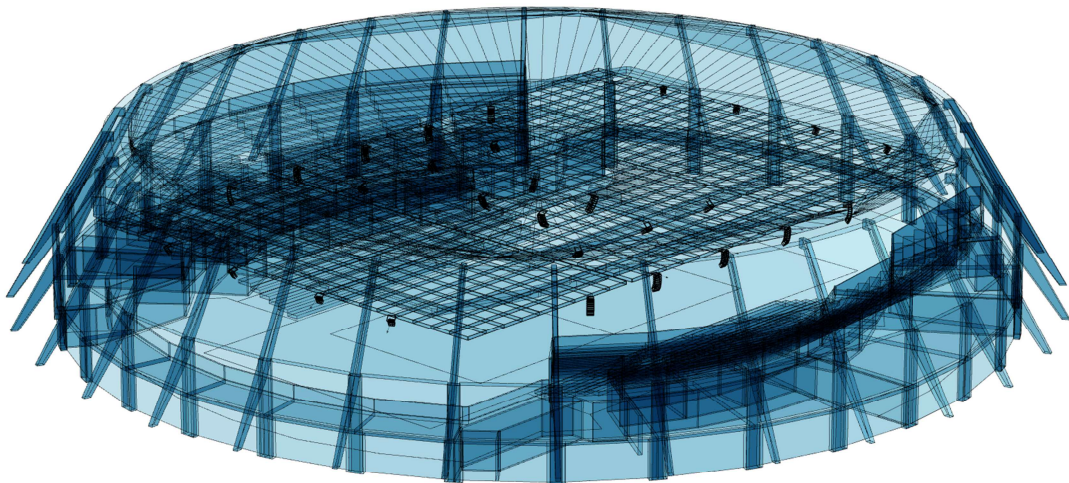


Abb. 3: Simulationsmodell

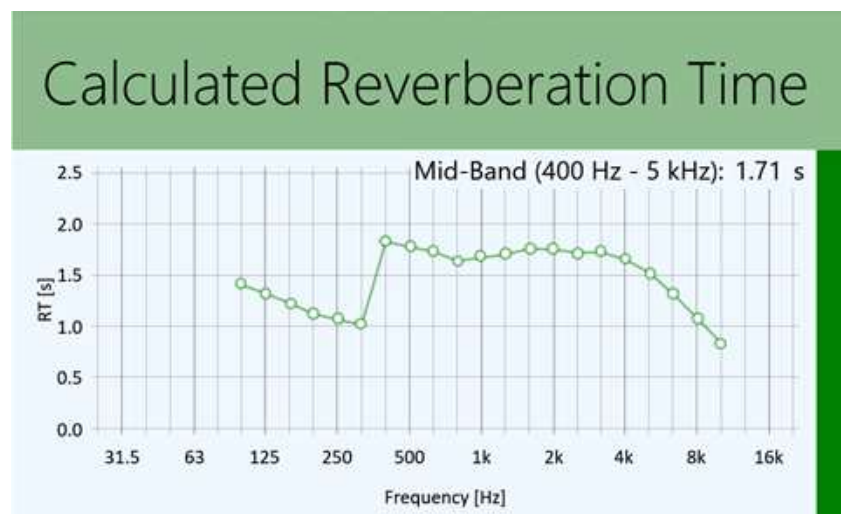
3. Nachhallzeit und Störschallpegel

Die anzunehmende Nachhallzeit wurde in der Simulation prognostiziert. Die Software bildet die Nachhallzeit durch die eingegebenen Oberflächenmaterialien ab.

Wie zum Zeitpunkt der Ortsbegehung festgestellt wurde, ist die Nachhallzeit in der Ostermann Arena für eine Rundsporthalle dieser Größenordnung geringer als erwartet. Unter der Hallendecke befindet sich Absorber Material, das allerdings bereits zerbröckelt und in Stücken herunterfallen kann. Aus Sicherheitsgründen soll das Material im Zuge der weiteren Arbeiten entfernt werden. Dieses resultiert in einer längeren Nachhallzeit, was sich negativ auf die Sprachverständlichkeit auswirken wird. Das Ingenieurbüro Stange empfiehlt akustische Ersatzmaßnahmen zu treffen, um die Nachhallzeit entsprechend zu reduzieren.

Die Empfehlung laut DIN 18041:2016-03 „Hörsamkeit in Räumen“ in der Raumgruppe A5 Sport, ist eine Nachhallzeit von $T_{\text{soll}} \leq 2\text{s}$ für Sporthallen bis 30.000 m^3 Volumen.

Nachhallzeitprognose Halle unbesetzt



Störschallpegel Prognose

Der erwartete Störschallpegel wurde anhand der nachfolgenden Formel unter Berücksichtigung der möglichen Personenanzahl während einer Veranstaltung und Abschaltung aller anderen Schall- oder Störquellen prognostiziert.

$$L = L_W - 10\lg[V/T] + 13,88\text{dB mit } V \text{ in } \text{m}^3 \text{ und } T \text{ in } \text{s}$$

Mit einer angenommenen Besetzung von 2600 PAX wurde ein Störschallpegel von ca. 86dB(A) prognostiziert, der während einer Sportveranstaltung durchaus höher sein kann.

4. Lautsprecher in der Simulation

Für die Eingabe der Schallquellen in die Software wurden ausschließlich EN54-24 zertifizierte Lautsprecher gewählt, so wie es nach VDE0833-4 gefordert wird.

Es wurden Schallzeilen bzw. Line Arrays eingesetzt, um die Beschallung möglichst gezielt auf die Hörerflächen zu fokussieren und um die restlichen Bereiche der Halle so gering wie möglich anzuregen.

Als Beispiele wurden Produkte der Fa. TOA in die Simulation einbezogen. Jede andere Herstellermarke mit gleichen Leistungswerten und Abstrahlverhalten eignen sich genauso. Die hier durgeführte Simulation mit den entsprechenden Lautsprecherwerten liefert die besten Ergebnisse im Vergleich mit anderen Lautsprecherarten, wie zum Beispiel Hornlautsprecher.

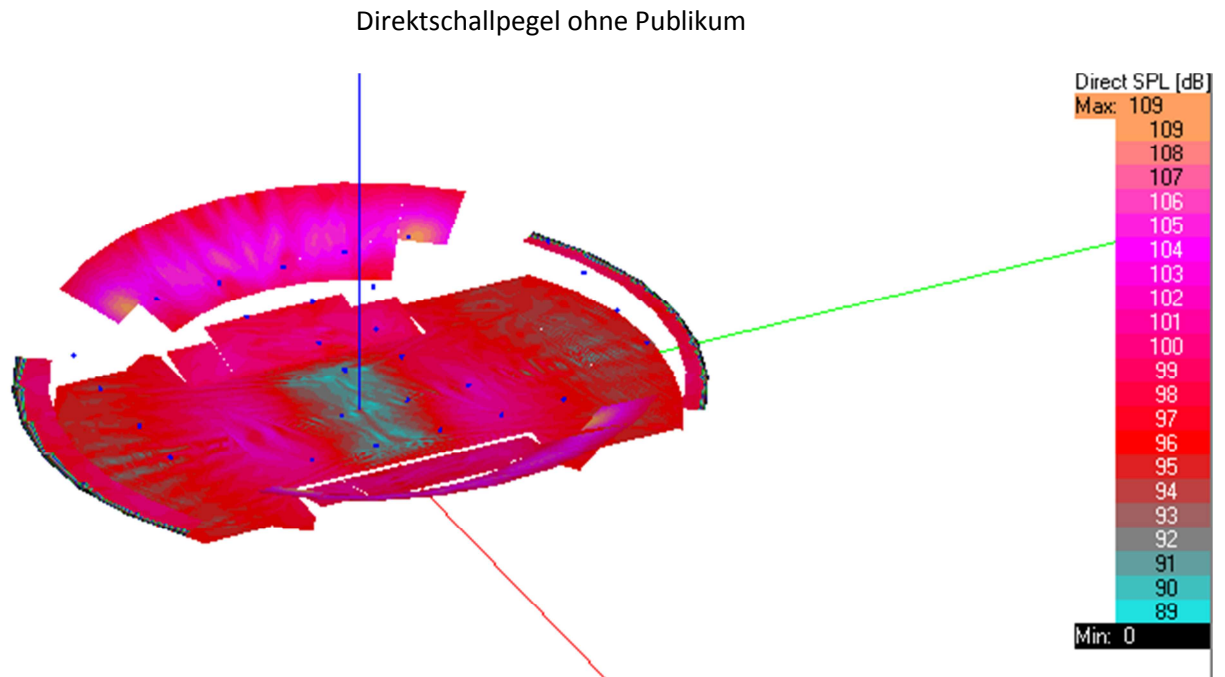
Für Befestigungspunkte der Lautsprecher Arrays wurde die abgehängte Decke in Betracht gezogen. (s. Lautsprecher Liste im Anhang)

Die simulierten Werte für die Sprachverständlichkeit sind Vorschläge für die weitere Planung der Sprachalarmanlage.

Die Berechnungsergebnisse werden in den nachfolgenden Abschnitten dokumentiert. Diese sind Prognosen für Direktschallpegel, Gesamtschallpegel und dem Sprachverständlichkeitsindex STI.

5. Graphische Dokumentation der Berechnungsergebnisse

5.1 Direktschallpegelverteilung : Mittelwert 3 Oktavbänder



Beschallung Tribünen Oberrang komplett
10 x Line Arrays (je 2 x 4 Lautsprechermodule)

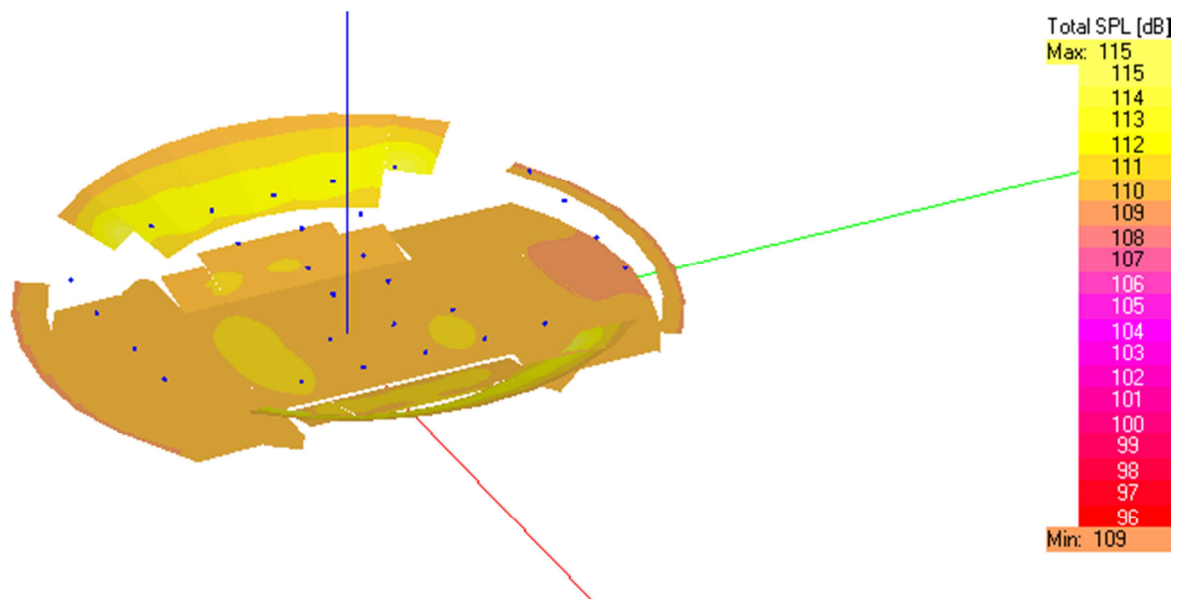
Beschallung Tribünen ausfahrbare Tribüne komplett
6 x Line Arrays (je 2 x 4 Lautsprechermodule)

Beschallung Spielfeld
4 x Line Arrays (je 2 x 4 Lautsprechermodule)

Beschallung Emporen
8 x Line Arrays (je 4 Lautsprechermodule)

5.2 Gesamtschallpegelverteilung : Mittelwert 3 Oktavbänder

Gesamtschallpegel ohne Publikum breitbandig Z-bewertet



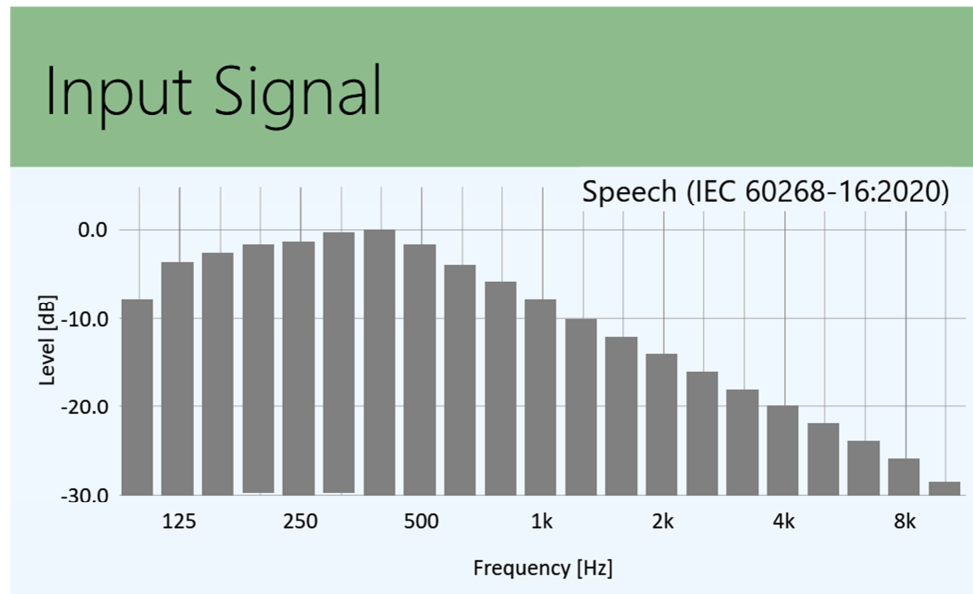
Beschallung Tribünen Oberrang komplett
10 x Line Arrays (je 2 x 4 Lautsprechermodule)

Beschallung Tribünen ausfahrbare Tribüne komplett
6 x Line Arrays (je 2 x 4 Lautsprechermodule)

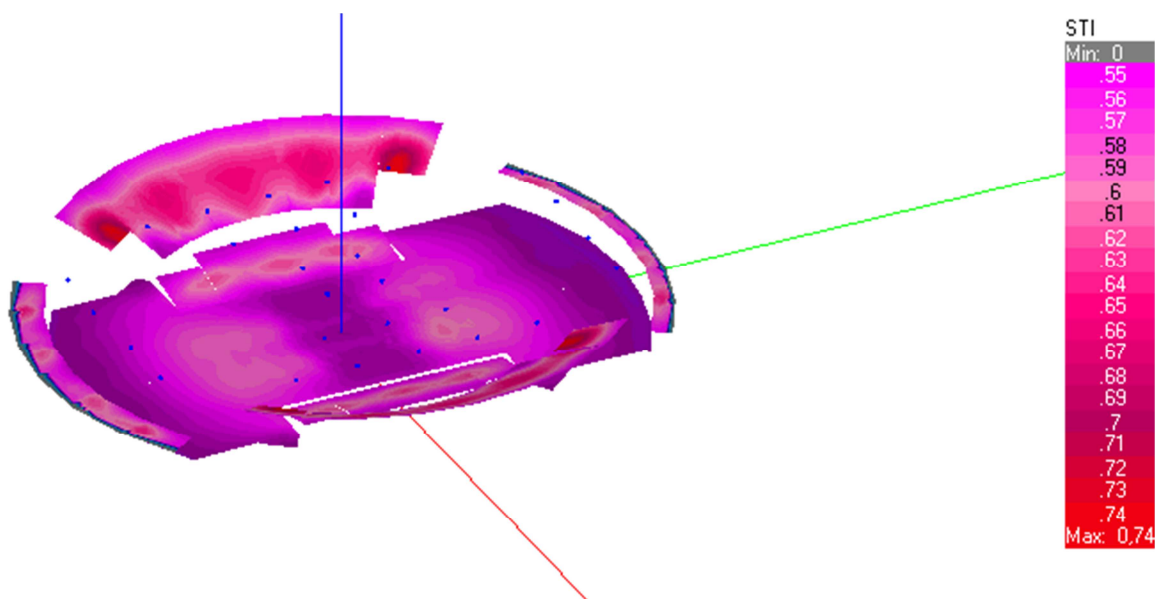
Beschallung Spielfeld
4 x Line Arrays (je 2 x 4 Lautsprechermodule)

Beschallung Emporen
8 x Line Arrays (je 4 Lautsprechermodule)

5.3 Sprachverständlichkeit STI



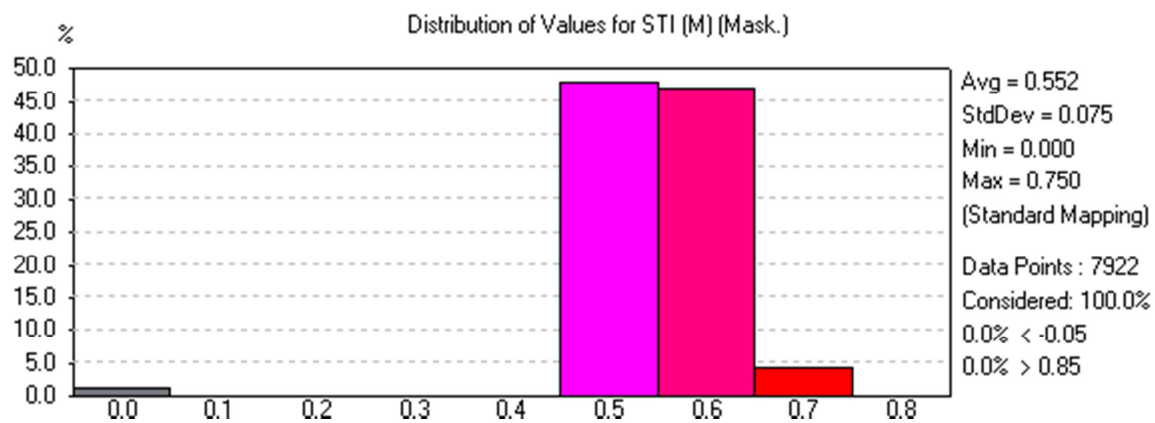
STI ohne Publikum



Ergebnis STI:

Anregungssignal: Sprachersatzrauschen mit 9dB Crestfaktor
Signal-/Störgeräuschabstand $S/N \geq 15\text{dB}$

STI – Standardabweichung = 0,48 mit Maskierung



Beschallung Tribünen Oberrang komplett
10 x Line Arrays (je 2 x 4 Lautsprechermodule)

Beschallung Tribünen ausfahrbare Tribüne komplett
6 x Line Arrays (je 2 x 4 Lautsprechermodule)

Beschallung Spielfeld
4 x Line Arrays (je 2 x 4 Lautsprechermodule)

Beschallung Emporen
8 x Line Arrays (je 4 Lautsprechermodule)

6. Zusammenfassung und Fazit

Mit den simulierten Lautsprechern an und den entsprechenden Positionen werden die STI Werte prognostisch eingehalten.

Die Sprachverständlichkeit liegt mit Werten $\geq 0,47$ inklusive der Standardabweichungen in einem auskömmlichen Bereich.

Ungenauigkeiten können durch Abweichungen der Lautsprecherdaten, die von den Herstellern zur Verfügung gestellt werden, entstehen. Ähnliches gilt für die Absorberdaten und die geschätzte Annahme zu den Oberflächen innerhalb der Halle.

Auch durch installierte Auf- oder Einbauten technischer oder dekorativer Geräte können Abweichungen entstehen, da dann nicht die komplette Oberfläche absorbiert wird.

Es wird empfohlen, nach Abschluss der Installationsarbeiten der SAA, die Beschallungsanlage mit abschließenden Messungen vor Ort zu überprüfen und einzumessen. Eventuell nötige Einstellungen der Raumspezifischen Parameter an den digitalen Filterprozessoren der Lautsprecher können dann durchgeführt werden.

Zusätzlich raumakustische Maßnahmen wie das Einbringen von Absorber Material tragen dazu bei , die Sprachverständlichkeit zu verbessern.

Insbesondere sei hier darauf hingewiesen, dass die Entfernung der Absorberfläche unter der Hallendecke ohne Ersatzmaßnahmen in einer größeren Nachhallzeit und somit schlechterer Sprachverständlichkeit resultiert.

Die Simulation ist auch zu Zwecken der Kostenschätzung zu verstehen.

Herdecke, den 09.04.2024



Erwin Stange, Dipl.-Ing. (FH)

Anhang

Lautsprecher in der Simulation Ostermann Arena Leverkusen							
Label	Speaker Model	Position X [m]	Position Y [m]	Position Z [m]	Orientation Ver. [°]	Orientation Hor. [°]	Orientation Rot. [°]
Emp_links_hinten	HX-5 Series (TOA)	-11,44	26,5	8,8	-30	-140	0
Emp_links_hinten2	HX-5 Series (TOA)	-4,22	26,99	8,8	-24	-165	0
Emp_links_vorne	HX-5 Series (TOA)	-11,44	-26,5	8,8	-30	-40	0
Emp_links_vorne2	HX-5 Series (TOA)	-4,22	-26,99	8,8	-24	-15	0
Emp_Mitte_rechts_hinten 2	HX-5 Series (TOA)	4,13	26,67	8,8	-24	165	0
Emp_rechts_vorne	HX-5 Series (TOA)	4,13	-26,67	8,8	-24	15	0
Emp_rechts_hinten	HX-5 Series (TOA)	11,16	26,67	8,8	-30	149	0
Emp_rechts_vorne	HX-5 Series (TOA)	11,16	-26,67	8,8	-30	31	0
LS 1 Spielfeld 2	HX-7 WP (TOA)	3	-3	8,8	-17	12	0
LS 1 Spielfeld 1	HX-7 WP (TOA)	3	3	8,8	-17	168	0
LS 2 Spielfeld 1	HX-7 WP (TOA)	-3	3	8,8	-17	-170	0
LS 2 Spielfeld 2	HX-7 WP (TOA)	-3	-3	8,8	-17	-10	0
Oberrang D	HX-7 WP (TOA)	-18	-14	8,8	4	-44	0
Oberrang F	HX-7 WP (TOA)	-18	-7	8,8	4	-77	0
Oberrang H	HX-7 WP (TOA)	-18	7	8,8	4	-103	0
Oberrang G	HX-7 WP (TOA)	-18,03	0,16	8,8	3,8	-90	0
Oberrang J	HX-7 WP (TOA)	-18	14	8,8	4	-132	0
Oberrang L	HX-7 WP (TOA)	18	14	8,8	4	132	0
Oberrang O	HX-7 WP (TOA)	18	7	8,8	4	103	0
Oberrang P	HX-7 WP (TOA)	18,03	0,16	8,8	3,8	90	0
Oberrang Q 1	HX-7 WP (TOA)	18	-7	8,8	4	77	0
Oberrang R	HX-7 WP (TOA)	18	-14	8,8	4	44	0
Unterrang links_Mitte	HX-7 WP (TOA)	-11	0	8,8	-49	-90	0
Unterrang links_vorne	HX-7 WP (TOA)	-11	-7,4	8,8	-47	-74	0
Unterrang rechts_hinten	HX-7 WP (TOA)	11	6,79	8,8	-47	106	0
Unterrang rechts_Mitte	HX-7 WP (TOA)	11	0	8,8	-49	90	0
Unterrang rechts_vorne	HX-7 WP (TOA)	11	-7,4	8,8	-47	74	0
Unterrang links_hinten	HX-7 WP (TOA)	-11	6,79	8,8	-47	-106	0