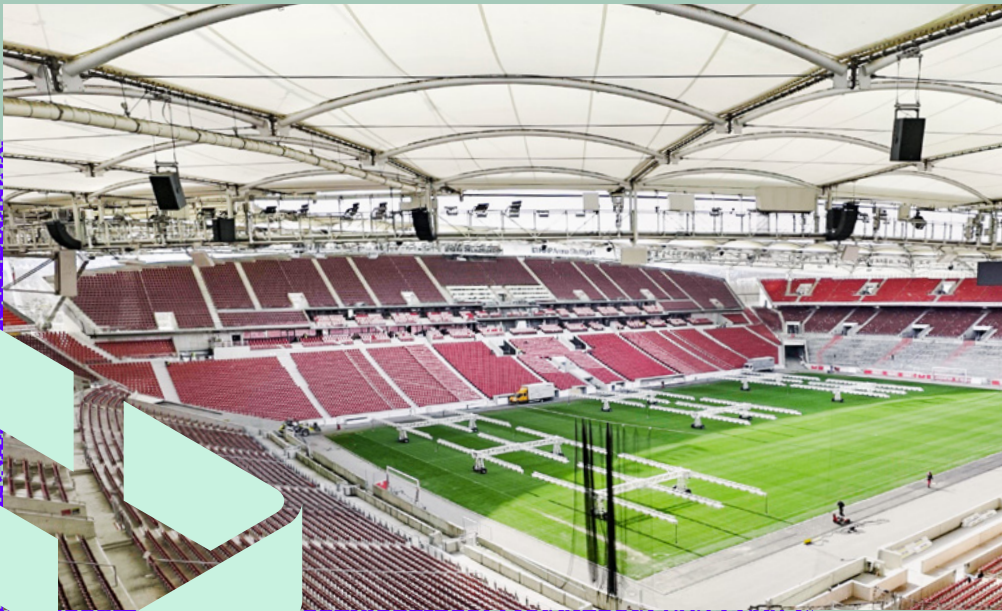




DEUTSCHER
FUSSBALL-BUND

LEITFADEN

BESCHALLUNGSTECHNIK IM STADION



LEITFADEN

BESCHALLUNGSTECHNIK IM STADION



IMPRESSUM

Stand:

August 2026

Versionsnummer:

01.01-V1.0

Herausgeber:

Deutscher Fußball-Bund
Kennedyallee 274
60528 Frankfurt am Main
www.dfb.de

Verantwortlich für den Inhalt:

Noah Said, ZVEI

Projektverantwortung:

Christian Delp, DFB

Layout und Produktion:

B2 Design
Ulanenplatz 2
63452 Hanau
info@b2design.info

In enger Zusammenarbeit mit:



ZVEI e. V. | www.zvei.org

INHALT

PRÄAMBEL	4
ÜBERSICHT: MEHRWERT EINER BESCHALLUNGSEINRICHTUNG	5
1. NOTWENDIGKEIT DER ELEKTROAKUSTISCHEN MASSNAHMEN	7
1.1 Evakuierung	7
1.2 Unterhaltung und Information	7
2. NORMENGRUNDLAGEN IM HINBLICK AUF DIE EVAKUIERUNG	8
3. ERLÄUTERUNG DER AKUSTISCHEN ANFORDERUNGEN	9
4. ERMITTLUNG DER GRUNDLAGEN ZUR PLANUNG DER BESCHALLUNGSANLAGEN	16
5. MÖGLICHE LÖSUNGSANSÄTZE	23
6. HINWEISE ZUR BERECHNUNG DER ELEKTROAKUSTISCHEN PARAMETER	41
6.1 Tribünen- und Außenbereich	41
6.2 Innenbereich	44
7. WARTUNG UND WARTUNGSANWEISUNGEN	46
ANHANG	49

Präambel

Moderne Beschallungsanlagen gewährleisten eine hochwertige, verständliche und flächendeckende Beschallung im Stadion. Sie können für Ansagen und Informationen an die Zuschauer oder Unterhaltungszwecke genutzt werden, aber auch für sicherheitsrelevante Funktionen bis hin zur abschnittsweisen oder vollständigen Evakuierung eines Stadions.

In der Kombination mit Videotechnik sind moderne Beschallungsanlagen zudem die Voraussetzung für Interviews am Spielfeldrand, Side-Events oder auch multimediale Werbung im Stadion.

Für Notsituationen besteht in Fußballstadien in der Regel eine Dokumentation zur Alarmorganisation, die auf Grundlage entsprechender Risikobetrachtung aufgestellt worden ist. Demnach sind folgende Betriebszustände der Beschallungsanlage üblich.

Der automatische Brandfallbetrieb spielt vorwiegend dann im Stadion eine Rolle, wenn keine Großveranstaltungen stattfinden. Im automatischen Brandfallbetrieb wird die Beschallungsanlage von der Brandmeldeanlage im Fall einer entsprechenden Detektion ausgelöst und es werden aufgezeichnete Notfalldurchsagen wiedergegeben.

Während der Durchführung von Großveranstaltungen wird die Beschallungsanlage ausschließlich manuell bedient und es werden organisatorisch abgestimmte Durchsagen und Informationen, zum Beispiel von der Polizei oder dem Sicherheitspersonal, entsprechend der Alarmorganisation wiedergegeben. Während der Großveranstaltung wird eine Notsituation in aller Regel durch organisatorische Maßnahmen gelöst.

Wofür auch immer Beschallungsanlagen eingesetzt werden: Stadioneigentümer und -betreiber sollten die jeweiligen Normen beachten, welche die allgemein anerkannten Regeln der Technik widerspiegeln, die Zielwerte für die Sprachverständlichkeit einer Durchsage definieren und für einen zuverlässigen Betrieb sorgen.

Dieser Leitfaden fasst die wesentlichen Aspekte für Planung, Errichtung, Betrieb und Instandhaltung von Beschallungsanlagen in Fußballstadien zusammen. Das „DFB-Messprotokoll zum Nachweis der Messung elektroakustischer Parameter im Stadion“ gibt zudem die zu überprüfenden Kenngrößen vor.



Übersicht: Mehrwert einer Beschallungs- einrichtung

Eine wirksame Beschallungseinrichtung gewähr-
leistet die Erreichbarkeit aller Personen im Stadion
und bietet vielzählige Nutzen:

IM NORMALBETRIEB:

- Informationen für alle anwesenden Personen können mit hoher Verständlichkeit verbreitet werden
- Steuerung und Koordinierung von Verkehrs- und Besucherströmen
- Separieren von Bereichen und Prozessen
- Kommerzielle Werbung (ggf. unterstützt durch Video-einblendungen), Unterhaltung und Musik

IN NOTSITUATIONEN:

- Gezielte und direkte Ansprache von Personen
- Maßnahmen zur Beruhigung und Deeskalation sind schnell und direkt möglich
- Suchaufrufe können kommuniziert werden
- In Gefahrenbereichen können betroffenen Personen Wege zur sicheren Evakuierung aufgezeigt werden, in Verbindung mit Flucht-/Rettungswege-Kennzeichnung und organisatorischen Maßnahmen

1. NOTWENDIGKEIT DER ELEKTROAKUSTISCHEN- MASSNAHMEN

1.1 Evakuierung

Die beschriebenen Maßnahmen dienen sowohl dem Schutz als auch der Information der Besucher im Stadion. Im Gefahrenfall kann über eine gezielte und verständliche Ansprache der betroffenen Besucher eine mögliche Gefahr für deren Leib und Leben abgewendet werden.

Da große Menschenansammlungen hohe Störgeräuschpegel erzeugen, muss die elektroakustische Anlage in der Lage sein, mit deutlichem Störabstand zu diesem Pegel, also mit deutlich höherer Lautstärke, verständliche Sprachinformationen abzusetzen. Gerade in Notsituationen, bei denen das Publikum verhaltensbedingten Lärm verursachen kann, ist eine Durchsage z.B. mit Hinweis auf zu benutzende Rettungswege lebensrettend.

1.2 Unterhaltung und Information

Zweites wichtiges Kriterium ist die Unterhaltung der Zuschauer. Die Zuschauer sollen während der Spiele beispielsweise über Mannschaftsaufstellung und Spielstände informiert werden sowie zu Video-Werbeeinblendungen synchron auch den Ton geliefert bekommen.

Zudem können während der Pausen Unterhaltungsprogramme, Interviews oder auch personenbezogene Ansagen wiedergegeben werden. Bei dem (besucherzahlabhängigen) Störpegel werden diese Informationen nur verstanden, wenn der Beschallungspegel flächendeckend die im Messprotokoll geforderten Werte erreicht.

2. NORMENGRUNDLAGEN IM HINBLICK AUF DIE EVAKUIERUNG

Für die **Tribünen- und Spielfeldbeschallung** sollte – unter der Prämisse, dass das Beschallungssystem nicht für den Brandfall genutzt wird – ein Elektroakustisches Notfallwarnsystem (ENS) errichtet werden.

Ist gemäß bauaufsichtlicher Anforderungen bzw. dem Evakuierungskonzept auch für den Tribünenbereich der Brandfall zu beachten, ist eine Sprachalarmanlage (SAA) vorzusehen.

Für die **Innenraum- und Wegebeschallung** sollte – in Abhängigkeit von den bauaufsichtlichen Anforderungen bzw. dem Evakuierungskonzept – eine SAA vorgesehen werden.

FOLGENDE NORMEN BEHANDELN ENS BZW. SAA:

- **DIN EN 50849 (VDE 0828-1):** Elektroakustische Notfallwarnsysteme.
- **DIN VDE 0833-4:** Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall – Teil 4: Festlegungen für Anlagen zur Sprachalarmierung im Brandfall.
- **DIN 14675-1:** Brandmeldeanlagen – Teil 1: Aufbau und Betrieb.

Die im Leitfaden erläuterten technischen Anforderungen stammen bei bauordnungsrechtlichen Forderungen aus den anzuwendenden Normen. Bei abweichenden Anforderungen wie zum Beispiel Beschallungsqualitäten für Events o.ä. sind die Anforderungen branchenübliche Erfahrungswerte und gelten ausdrücklich als unverbindliche Empfehlung. Vor Planungsbeginn ist zu prüfen, welche europäischen, nationalen und regionalen Vorgaben (z.B. Lärmschutz) sowie Normen zu berücksichtigen sind.

3. ERLÄUTERUNG DER AKUSTISCHEN ANFORDERUNGEN

Um die bereits beschriebenen Mehrwerte der Beschallungstechnik vollumfänglich nutzen und zugleich normative Vorgaben einhalten zu können, sind die akustischen Anforderungen an den Einsatz einer Beschallungseinrichtung unbedingt zu berücksichtigen. Hierbei wird grundsätzlich zwischen der Lautstärke der Beschallungseinrichtung (notwendiger Nutzschallpegel), den zu erwartenden Störgeräuschen (Störschallpegel) und der Sprachverständlichkeit unterschieden. Diese drei Faktoren sind voneinander abhängig.

Zu erwartender Störschall

Exemplarisch liegen die A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel (LAeq) in Stadien mit einem Fassungsvermögen ab 15.000 Personen (bei voller Besetzung) bei rund 95 dB(A). Der Störschall ist von der Stadiongeometrie, der Spielsituation und weiteren Faktoren abhängig, weshalb dieser messtechnisch schwer zu fassen ist. Aus diesem Grund wird der zu berücksichtigende Störschallpegel vorgegeben.

Tabelle 1:

Exemplarisches Störschallspektrum des Publikums (im 1/1 Oktavband, Summenpegel) in einem Stadion mit einem Fassungsvermögen ab 15.000 Personen.

FREQUENZ	dB
125 Hz	90,5
250 Hz	90,5
500 Hz	92,6
1000 Hz	91,6
2000 Hz	86,5
4000 Hz	76,2
8000 Hz	68,8
Sum Z	97,8
Sum A	95,0

Quelle:

FIFA Stadium Sound Reinforcement Systems, März 2020.

Notwendiger Pegel im Tribünen- / Spielfeldbereich

Zur Erreichung der erforderlichen Sprachverständlichkeit sollte der Nutzschaallpegel deutlich über dem Störschaallpegel liegen. Der Einfluss des Störschaallpegels auf die zu erzielende Sprachverständlichkeit ist durch ein normativ beschriebenes Verfahren nachzuweisen. Da im leeren Stadion in der Regel deutlich geringere Störschaallpegel vorherrschen, kann der Nutzschaallpegel erheblich reduziert werden. Hierdurch verringern sich auch die negativen Einflüsse der Maskierung.

Es hat sich in der Praxis als hilfreich erwiesen, in Abhängigkeit von der Stadionkapazität für die Bemessung der Anlage die folgenden Nutzschaallpegel anzusetzen. In Abhängigkeit von der Geometrie und der Akustik des Stadions können sich jedoch Abweichungen zu den nachfolgend genannten Werten ergeben. Der Nutzschaallpegel ist für jedes Stadion individuell festzulegen.

Fassungsvermögen (Personen)	Empfohlener Mindest-Nutzschaallpegel dB(A)			
	Tribünenbeschallung		Spielfeldbeschallung	
	Mittelwert	Kleinster Wert	Mittelwert	Kleinster Wert
< 5.001	97	94	87	84
5.001 – 7.500	99	96	89	86
7.501 – 12.500	101	98	91	88
12.501 – 15.000	103	100	93	90
> 15.001	105	102	95	92

Tabelle 2: Pegel-Werte in Abhängigkeit vom Fassungsvermögen

* Die in der Tabelle aufgeführten Intervalle der Sprachverständlichkeit wurden aus der DIN EN IEC 60268-16 abgeleitet, indem die akustischen Eigenschaften mit den möglichen Eigenschaften von Stadien verglichen wurden. Dazu wurden die Tabellen des informativen Anhangs F und G aus der DIN EN IEC 60268-16 verwendet.

Der stadionspezifische Nutzschaallpegel sollte als Mittelwert für 90% der zu beschallenden Fläche erreicht werden. Der Minimalwert innerhalb dieser Fläche darf nicht mehr als 3 dB unter dem Mittelwert liegen.

BEISPIEL FÜR EIN STADION MIT 45.000 PERSONEN FASSUNGSVERMÖGEN:

90% Mittelwert: 105 dB(A) [Spielfeld 95 dB(A)]

90% Minimalwert: 102 dB(A) [Spielfeld 92 dB(A)]

HINWEIS: Im Hinblick auf die Spielfeldbeschallung ist zu prüfen, inwieweit das Spielfeld Bestandteil eines Sicherheits- oder Evakuierungskonzepts ist. Weitere Schritte sind gegebenenfalls mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Die anzustrebende Sprachverständlichkeit (STI):

Ein wichtiger Aspekt einer wirksamen Beschallungsanlage ist die Möglichkeit, Durchsagen und damit Sprache möglichst verständlich übertragen zu können. Die Qualität der Sprachverständlichkeit wird zumeist über einen messtechnisch erhobenen Sprachübertragungsindex (engl. STI = speech transmission index) bestimmt.

Sprachverständlichkeit	Hohe Qualität	Gute Qualität	Zielanforderung	Mindestanforderung	Schlechte Qualität
STI-Wert	> 0,56	0,56 – 0,52	0,52 – 0,48	0,48 – 0,45	< 0,45

Tabelle 3: Sprachverständlichkeit – Bewertungsskala für SAA. In Anlehnung an DIN EN 60268-16.

** Die Mindestnutzschaallpegel sind eine unverbindliche Empfehlung vorwiegend für allseitig umbaute Stadien und sind das Ergebnis von Messungen in zahlreichen Stadien. Bei der individuellen Festlegung kann es sich im Besonderen bei nicht allseitig umbauten Stadien ergeben, dass durchaus geringere Mindestnutzschaallpegel zielführend sind.

Zulässig nach Norm DIN VDE 0833-4 hinsichtlich der Sprachverständlichkeit sind objektive Messungen nach der direkten oder der indirekten Methode. Die Verfahren sind in den Normen DIN VDE 0833-4 und DIN EN IEC 60268-16 ausreichend beschrieben und werden hier nicht näher erläutert.

In Anbetracht der ungünstigen raumakustischen Bedingungen, besonders im leeren Stadion, lassen sowohl die DIN VDE 0833-4 als auch die EN 50849 einen 90% Mittelwert für den STI von 0,45 und einen 90% Minimalwert von 0,40 zu, wenn durch Simulation nachgewiesen wird, dass mit verfügbarer Technik die grundsätzliche Anforderung des 90%-Mittelwerts von 0,5 und des 90%-Minimalwerts von 0,45 nicht zu erfüllen ist. Die hier benannten normativen Werte für die zu erreichende Sprachverständlichkeit stellen Zielgrößen für die Auslegung der Beschallungsanlage dar, wohingegen die Tabelle 3 darüber aufklärt, welche subjektive Bewertung der Sprachverständlichkeit aus der DIN EN IEC 60268-16 möglich ist.

Durch den geforderten, notwendigen hohen Nutzpegel von 105 dB im Hörbereich der Tribünen wirken sich hörphysiologische Verdeckungseffekte (Maskierung) schon sehr stark aus. Das bedeutet, dass die Sprachverständlichkeit reduziert wird, wenn Sprache mit sehr hohen Pegeln übertragen wird.

Daher sind bei den Berechnungen der Sprachverständlichkeit die Effekte der Hörverdeckung zu berücksichtigen. Aus der Abbildung rechts ist zu ersehen, wie stark die Sprachverständlichkeit alleine aufgrund der hohen Lautstärke und der damit verbundenen Maskierung schlechter wird, ohne jegliche negative Effekte durch Raumakustik oder Störgeräusche.

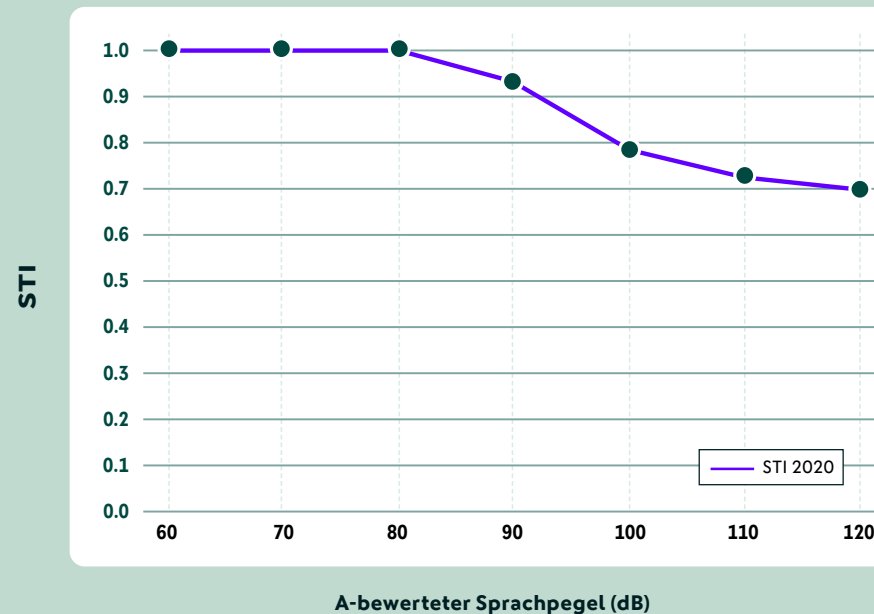
Unter Berücksichtigung von Verdeckung und Störschallpegel ist in der Realität ein STI von $\geq 0,5$ in der Regel schwer erreichbar.

Wenn zusätzlich die raumakustischen Bedingungen ungünstig sind – wie in fast allen großen Stadien der Fall – ist ein flächendeckender STI von 0,5 häufig unerreichbar.

Im leeren Stadion liegt dies in erster Linie an der hohen Nachhallzeit, im gefüllten Stadion an der Hörverdeckung und dem hohen Störpegel. Aufgrund dieser schwierigen Rahmenbedingungen sollte das Beschallungskonzept exakt an die Situation angepasst sein.

Abbildung 1:

Verhältnis STI-Wert zu Pegel für die im Stadion relevanten Pegelwerte – Verdeutlichung der Maskierungseffekte anhand einer Prinzipdarstellung (ohne Betrachtung weiterer Faktoren, welche die Sprachverständlichkeit beeinflussen).



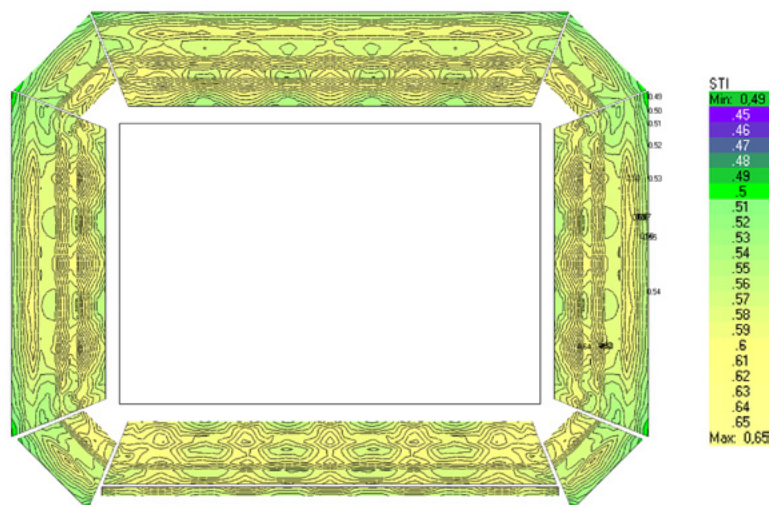
DFB-Messprotokoll zum Nachweis der Messung elektroakustischer Parameter im Stadion

Das über den DFB bereitgestellte Messprotokoll soll zur einheitlichen Dokumentation der Messung der Beschallungstechnik dienen.

Im Messprotokoll werden die zuvor beschriebenen Zieldaten ortsbezogen abgefragt. Hierzu gehören unter anderem der Nutzschallpegel (Gleichmäßigkeit und Absolutwerte), die Sprachverständlichkeit (STI-Wert) und der Frequenzgang (falls erforderlich). Das Messprotokoll ist als Empfehlung anzusehen und kann bei Bedarf durch die

Abbildung 2:

Beispielhafte Darstellung der räumlichen Verteilung der gemessenen STI-Werte (Sprachverständlichkeit) im Stadion.



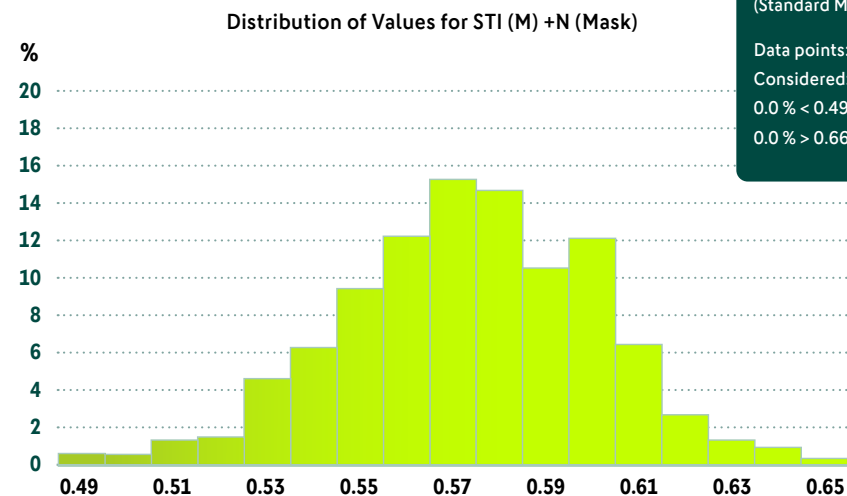
verantwortlichen Stellen beim DFB unter Berücksichtigung spielbetrieblicher Anforderungen präzisiert werden.

Im Anhang des Messprotokolls sind zudem Hinweise zur Durchführung der Abnahmemessung dokumentiert.

Alle zu messenden Daten sollten nach Vorgabe des Messprotokolls von einer qualifizierten Person nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erhoben und dokumentiert werden.

Abbildung 3:

Statistische Darstellung der STI-Verteilung (Simulation).



4. ERMITTLUNG DER GRUNDLAGEN ZUR PLANUNG DER BESCHALLUNGSANLAGEN

Anforderungen für Sprache und Musik

Die Grundanforderungen, die auf sämtliche Stadien zutreffen, werden durch die Nutzung zur Sprachübertragung und der damit erforderlichen Sprachverständlichkeit definiert. Neben der Sprachverständlichkeit als Kriterium der Wirksamkeit einer Beschallungsanlage im Not-/ und Alarmierungsfall müssen auch Durchsagen im Kontext der Sportveranstaltungen in ausreichendem Maße verstanden werden.

Wenn durch das Betriebskonzept oder vertraglich gefordert Musikeinspielungen wie Werbung oder ähnliches realisiert werden müssen, ist eine Erweiterung des Frequenzgangs (Tieftonerweiterung) umzusetzen. Mit einer hochqualitativen Musikübertragung können zum Beispiel emotionale Effekte erzielt werden. Gerade in den oberen Ligen erwarten die Zuschauer eine komplette mediale Versorgung, die dem Qualitätsstand einer professionellen Beschallung nicht nachsteht. Wenn die geplante Anlagentechnik vorrangig auf die Übertragung von Sprache ausgelegt ist und im Frequenzgang zu tiefen Frequenzen hin beschränkt ist, sollten in diesem Frequenzbereich zusätzliche Basslautsprecher eingesetzt werden. Besonders für die Zuspaltung von Musik oder Werbung ist es wichtig, ein gegenüber dem Sprachfrequenzbereich erweitertes Spektrum zu übertragen.

Diese Basslautsprecher können dann die erforderliche Tieftonerweiterung gewährleisten, um damit Musik entsprechend aufzuwerten. In der Regel kann dies über zusätzliche, in der Nähe der „Hauptlautsprecher“ montierte Basslautsprecher erfolgen. Diese sollten sowohl hinsichtlich des Schalldruckpegels, der Phasenlage als auch in ihrem Frequenzgang auf die „Hauptanlage“ abgestimmt sein. Wenn die „Hauptanlage“ alleine bereits dazu geeignet ist das beschriebene Spektrum nach unten hin abzudecken, sind zusätzliche Basslautsprecher nicht notwendig.

Für reine Sprachanforderungen im Sinne der DIN VDE 0833-4 sind diese nicht notwendig und daher könnte darauf verzichtet werden, entsprechende Sicherheitsmaßnahmen (Havarie und Notstromversorgung) für die Tieftonerweiterung auszuführen.

Im Rahmen der Grundlagenermittlung sollte definiert werden, welche Eigenschaften von der Beschallungsanlage zu erfüllen sind. Oftmals ist es unwirtschaftlicher, die Beschallungsanlage nachträglich aufzurüsten, anstatt eine Musiktauglichkeit von vornherein planerisch zu berücksichtigen.

Raumakustische Randbedingungen (Nachhallzeit)

Die akustischen Randbedingungen, insbesondere die Nachhallzeit, wirken sich maßgeblich auf die Beschallungsqualität und unter anderem auf die Sprachverständlichkeit aus. Um eine hinreichende Planungssicherheit zu erhalten, müssen die raumakustischen Bedingungen im Stadion berücksichtigt werden. Durch die individuelle Bauart bereits gebauter und zukünftig zu erstellenden Stadien kann nicht vereinheitlicht von typischen raumakustischen Eigenschaften eines Stadions gesprochen werden. Die Form der Tribünen, das Vor-

handensein eines Daches, eine mögliche Verfahrbarkeit desselben, aber auch offene Bereiche zwischen den Tribünen oder gar das gänzliche Fehlen einer Tribüne wirken sich stets unterschiedlich auf die raumakustischen Eigenschaften des Stadions aus. Das Beschallungsergebnis kann durch die Raumakustik sowohl positiv als auch negativ beeinflusst werden. Auch ist es möglich, dass bestimmte Bauteile im Stadion, wie zum Beispiel frontale Verglasungen von Logen, erhebliche Verschlechterungen der Beschallungssituation herbeiführen. Im Gegenzug können zum Beispiel schallabsorbierende Flächen oberhalb der Tribünenränge und an den Flächen unterhalb eines Oberrangs sowie im Dach eine positive Beeinflussung der raumakustischen Verhältnisse bewirken. Verallgemeinernd kann davon ausgegangen werden, dass die meisten Stadien komplizierte akustische Verhältnisse aufweisen. Die Planung einer Beschallungsanlage ohne die Berücksichtigung der raumakustischen Verhältnisse wird in aller Regel nicht zum Erfolg führen.

Gebäudestruktur (Montageposition, Gewichtseinschränkungen, Leitungsführung)

Neben den Eigenschaften der Gebäudestruktur, die auf die akustischen Randbedingungen Einfluss nehmen, sind die örtlichen Verhältnisse dahingehend planerisch zu untersuchen, für die Beschallung geeignete Lautsprecherpositionen ausfindig zu machen. Oftmals ist es nicht möglich, die Positionierung der Lautsprecher ausschließlich nach beschallungstechnischen Aspekten auszuwählen, da die Gebäudestruktur keine Möglichkeit mit sich bringt, Lautsprecher an der Vorzugsposition zu montieren. Sollten im Rahmen der Planung zum Beispiel Positionen an einer Dachkante oder einer Trägerkonstruktion gefunden werden und diese auch nicht im Widerspruch zu den elektroakustischen Forderungen stehen, sind für diese Positionen statische, optische, aber auch klimatische Randbedingungen zu berücksichtigen.

Für die Beurteilung der Statik ist eine Begutachtung und Bewertung durch einen staatlich anerkannten Sachverständigen einzuholen. Sollten im Gebäude bereits dafür geeignete und zugelassene Befestigungspunkte vorgesehen worden sein, muss darauf geachtet werden, dass die statische Belastung in den vorgegebenen Grenzen liegt. Neben der statischen Belastung sind auch die Windlasten zu berücksichtigen.

Nicht selten müssen auch Untersuchungen angestellt werden, ob durch die Position der Lautsprecher bestimmte Sichtlinien der Zuschauer zum Beispiel auf das Spielfeld, Videoanzeigen oder Werbetafeln behindert werden oder z. B. die Beleuchtung des Spielfeldes eingeschränkt wird. Dies gilt sinngemäß auch für die Sichtlinien von Fernsehkameras.

Bei der Leitungsführung zwischen Lautsprechern und zentralen Komponenten sind Randbedingungen wie maximal zulässige Leitungslängen, Befestigungsmöglichkeiten und das Gewicht der Leitungen zu berücksichtigen.

Zumeist ist die dann gefundene Lautsprecherposition ein Kompromiss aus allen Randbedingungen.

Verstärkerstandorte

Die einsetzbaren Lautsprecher können zunächst grob in zwei unterschiedliche Funktionsweisen unterteilt werden. Bei passiven Lautsprechersystemen werden die Verstärker extern untergebracht, wohingegen aktive Lautsprecher bereits integrierte Verstärker besitzen. Beide Funktionsprinzipien finden je nach Anforderungen ihre Berechtigung im Stadioneinsatz. Ist beispielsweise kein Platz zu finden, an dem Verstärkerschränke zu positionieren sind, ist abzuwägen, ob aktive Lautsprechersysteme eine Lösung darstellen können. Durch die Konzentration technischer Komponenten in den Lautsprechern sollte bei einer derartigen planerischen Entscheidung daran

gedacht werden, dass Wartungen und Reparaturen mit möglichst geringem Aufwand durchführbar sind. Unter Umständen kann auch eine brandschutztechnische Beurteilung notwendig werden.

Auch hier kann kein allgemeingültiger Lösungsansatz empfohlen werden. Es soll jedoch dafür sensibilisiert werden, dass unterschiedliche Umsetzungskonzepte denkbar und deswegen die Vor- und Nachteile gegeneinander abzuwägen sind.

Klimatische Bedingungen

Ebenfalls zu berücksichtigen sind die klimatischen Bedingungen, die auf die Beschallungstechnik einwirken. Dies betrifft nicht nur die Lautsprecher, die von der Bewitterung betroffen sind. Je nach Position und Unterbringung der Verstärkerschränke, zum Beispiel auf dem Catwalk einer Arena, müssen die winterlichen aber auch die sommerlichen Bedingungen beachtet werden. Bei der Unterbringung von Leistungselektronik in geschlossenen Räumen muss eine Abfuhr der entstehenden Wärme gewährleistet sein. Bei Montage in nicht klimatisierten Umgebungen müssen in der Regel Maßnahmen getroffen werden, um Kondensation von Wasser innerhalb von Komponenten zu verhindern.

Energieversorgung

Auf Grundlage der sicherheitstechnischen Anforderungen der Beschallungsanlage für Not- und Gefahrensituationen ist davon auszugehen, dass neben der öffentlichen Versorgung mindestens eine zweite, unabhängige Energieversorgung vorzuhalten ist. Da die Energiekonzepte in den Stadien nicht vereinheitlicht sind, viele Stadien über eine eigene Notstromversorgung verfügen oder aber das öffentliche Netz bei einer Großveranstaltung als Notstromver-

sorgung dient und der Betrieb über eine eigene Stromversorgung gefahren wird, ist auch das Konzept der Ersatzenergieversorgung für die Beschallungsanlage individuell auf die Verhältnisse im Stadion anzupassen. Je nachdem welche Normengrundlage herangezogen wird, kann die Ersatzenergie über einen Energiespeicher mit wiederaufladbaren Batterien, USV- und/oder Notstromversorgungen erfolgen. Die vorzuhaltende Kapazität der Ersatzenergieversorgung hängt jedoch maßgeblich vom Konzept der Energieversorgung im Stadion ab.

Beschallungsumfang / Zonierung

Der Beschallungsumfang, also die Bereiche, in denen die Beschallung wirksam ist, wird im Kontext der Beschallung in Not- und Gefahrensituationen oftmals durch die baurechtlichen Anforderungen geregelt. Neben den baurechtlichen Forderungen können auch Forderungen aus dem Veranstaltungsbetrieb dazu führen, isoliert in bestimmte Bereiche einsprechen oder übertragen zu können (Zonierung). Ebenso kann es notwendig sein, bestimmte Bereiche zusammenzufassen oder unterschiedliche Audiosignale in verschiedene Bereiche gleichzeitig zu übertragen. Derartige Anforderungen haben direkte Einwirkungen auf das Beschallungskonzept und die zu verwendenden Komponenten der Beschallungsanlage. Je nach Beschallungskonzept und akustischen Eigenschaften im Stadion kann auch die Notwendigkeit bestehen, unterschiedliche Besetzungsgrade dahingehend zu optimieren, dass eine darauf angepasste Beschallung mit veränderter Pegelung oder Abstrahlung in mehr oder weniger besetzte Bereiche erfolgt. Bei derartigen Anforderungen müssen darauf angepasste Beschallungskonzepte geplant werden.

Baurechtliche Anforderungen

Die baurechtlichen Anforderungen in den Stadien sind aktuell sehr individuell, was nicht zuletzt den unterschiedlichen Baujahren und Inbetriebsetzungszeitpunkten geschuldet ist. Viele Betreiber eines Stadions genießen Bestandschutz auf ihre Beschallungsanlage, wenn sie nach wie vor den Anforderungen zum Zeitpunkt der Inbetriebsetzung genügt. Hier sollte jedoch gewissenhaft darüber nachgedacht werden, ob die Aspekte der Sicherheit und Wirksamkeit der Beschallungsanlage, gerade mit dem Fokus auf Notsituationen, erfüllt werden. Bei neuen Stadien kann davon ausgegangen werden, dass die im Brandschutzkonzept beschriebenen baurechtlichen Anforderungen zumindest für die Zeiträume außerhalb der Großveranstaltungen auf eine Sprachalarmierung abzielen. Hier wäre eine normkonforme Ausführung der Anlage als SAA in der Regel zielführend. Dies schließt ein, dass sämtliche Produkte der Beschallungsanlage als Bauprodukte zur Ausführung gebracht werden. Bauprodukte zeichnen sich dadurch aus, dass die Komponenten der Beschallungsanlage nach einer in Europa harmonisierten Produktnorm (hier: hEN 54-Reihe) zertifiziert wurden. Sie tragen ein entsprechendes vom Hersteller angebrachtes CE-Prüfzeichen. Ob dies auf die gesamte Beschallungsanlage in allen Bereichen während und außerhalb der Großveranstaltungen zutrifft, kann in Abhängigkeit der gesamten brandschutztechnischen Bewertung oder in einer Gefahrenanalyse definiert werden.

Es ist denkbar, dass die elektroakustischen Anforderungen mit Bauprodukten nicht erreicht werden können. Sollte dies der Fall sein, ist mit dem Verfasser des Brandschutzkonzeptes nach Lösungen zu suchen. Beispielsweise kann durch ein Antragsverfahren bei der EOTA oder der Zustimmung im Einzelfall (ZiE) bei bisher nicht zu zertifizierenden Produkten ein rechtmäßiger Einsatz der erforderlichen Produkte bewirkt werden.

5. MÖGLICHE LÖSUNGSANSÄTZE

Bei der elektroakustischen Planung eines Stadions kann situationsabhängig unterschieden werden, welcher Planungsprozess sinnvollerweise anzuwenden ist:

1. Akustisch anspruchsvolle Situationen

Diese sind typischerweise gekennzeichnet durch hohe Nachhallzeiten und/oder hohe Störgeräuschpegel (aufgrund hoher Besucheranzahl).

Dies ist in der Regel zutreffend für den Tribünen- und Spielfeldbereich, jedoch beispielsweise auch für Treppenträume, Umgänge und Foyers. Durch die zwangsläufig erforderlichen hohen Nutzpegel können zudem akustische Maskierungs-/Verdeckungseffekte zusätzlich die Sprachverständlichkeit mindern.

Für die Planung solcher Bereiche ist eine Computersimulation unerlässlich, da eine Prognose der Wirksamkeit aufgrund der komplexen Randbedingungen ansonsten nicht möglich ist.



Mit Hilfe der Simulation ist zu überprüfen und nachzuweisen, ob ein Beschallungskonzept alle vorgegebenen Zielwerte erreicht. Diese kann unter Umständen auch zu dem Schluss kommen, dass zusätzliche raumakustische Maßnahmen notwendig werden. In **Abbildung 4** ist ein exemplarisches großes Stadion in Form eines Drahtgittermodells dargestellt. Dies ist in der Regel die Grundlage, eine elektroakustische Simulation durchzuführen.

Abbildung 4:
Drahtgittermodell eines großen Stadions.

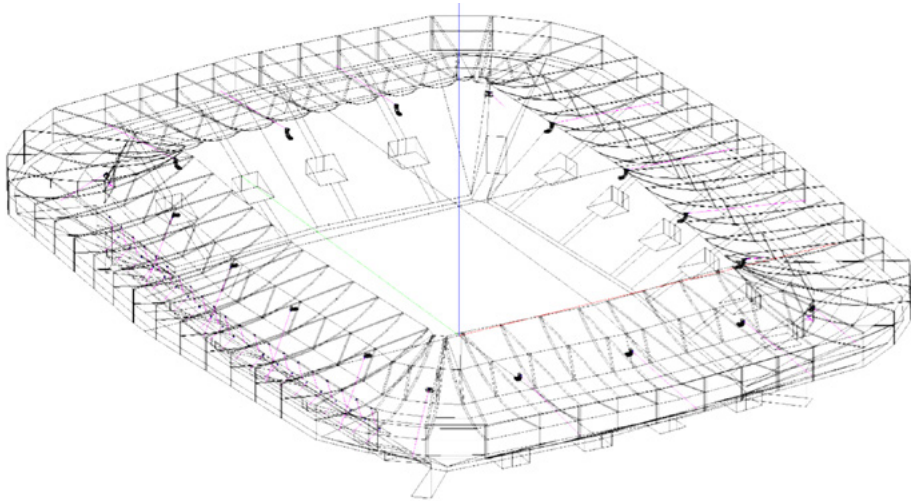
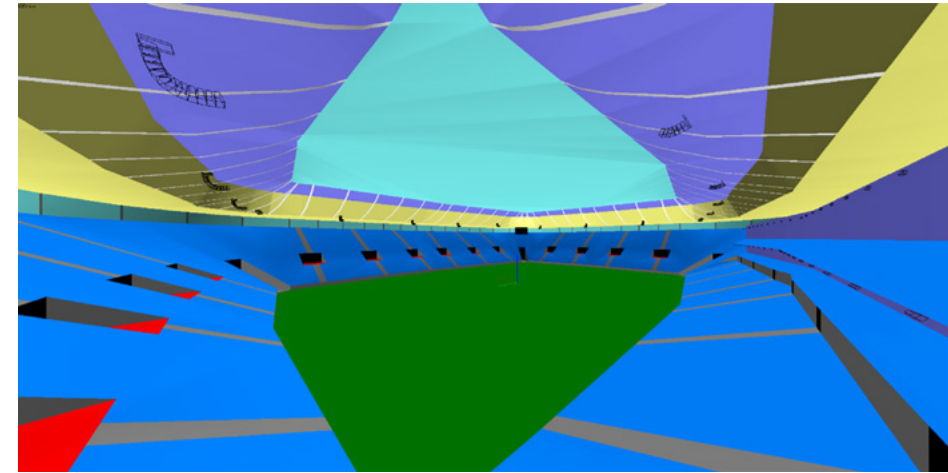


Abbildung 5:
Innenansicht eines großen Stadions als 3D-Modell mit eingezeichneten Lautsprechern (Line Arrays).



In **Abbildung 5** ist die Innenansicht eines großen Stadions als 3D-Modell dargestellt.

Ein raumakustisches Gutachten ist dringend notwendig, um eine Basis für die Prognose der Sprachverständlichkeit zu haben. Ebenso sind digitale 2D- oder 3D-Planunterlagen erforderlich, um virtuelle Simulationsmodelle anlegen zu können.

Die in diesem Kapitel aufgeführten Lösungsansätze beziehen sich schwerpunktmäßig auf die akustisch anspruchsvollen Situationen.

2. Akustisch einfache Situationen

Diese sind typischerweise gekennzeichnet durch niedrige Nachhallzeiten und/oder niedrige Störgeräuschpegel:

- a) die Nachhallzeit in jedem der Frequenzbänder von 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz und 4 kHz ist nicht größer als 1,0 s oder
- b) die Anforderungen nach DIN 18041:2016-03 für eine der Raumgruppen B3, B4, B5, A2, A3 oder A4 sind erfüllt;
- Störgeräuschpegel < 65 dB(A)
- der A-bewertete Schalldruckpegel der Sprachdurchsage muss mindestens 15 dB über dem Störgeräuschpegel liegen
- Montagehöhe der Lautsprecher < 6 m

Dies ist in der Regel zutreffend für Büros und Flure der Stadionverwaltung, Konferenzräume und weitere Innenräume.

Die Auslegung der Beschallung in derartigen Bereichen kann nach überschlägigen Methoden vorgenommen werden. Hinweise dazu finden sich in DIN VDE 0833-4.

In Bereichen mit typischem Publikumsverkehr am Spieltag kann in der Regel nicht davon ausgegangen werden, dass derart niedrige Störgeräuschpegel vorherrschen. Daher ist hier die Auslegung der Beschallung unter Anwendung überschlägiger Methoden wenig zielführend und es muss von einer akustisch anspruchsvollen Situation ausgegangen werden.



Abbildung 6:
Beispiel für eine akustisch einfache Situation – Besprechungsraum mit Wand- und Deckenlautsprechern im VIP-Bereich eines Stadions.



Abbildung 7:
Typische Abstrahl-
charakteristik im
Schnitt
(Tribüne – Unterrang)



Abbildung 8:
Typische Abstrahlcharakteristik im Schnitt
(Tribüne – Oberrang)

Beschallungskonzept

Durch die sehr unterschiedliche Stadiongometrie gibt es kein Standardkonzept für die Art und Anzahl der erforderlichen Lautsprecher sowie für die Montageorte und die Ausrichtung der Lautsprecher.

KONZEPTIONELLE UNTERSCHIEDE:

1. **Passive Lautsprecher. Versorgung über abgesetzte Verstärker im Innenbereich.** Hierbei ist zu beachten, dass es sich unter Umständen um geschlossene Räume handelt und dadurch die entstehende Abwärme berücksichtigt werden muss. Auch kann die Leitungsverlegung mit Durchdringung der Raumbegrenzung brandschutztechnischen Anforderungen unterliegen.
2. **Passive Lautsprecher mit Versorgung über abgesetzte Verstärker im Catwalk-Bereich.** Bei dieser Verortung der Verstärkertechnik kann davon ausgegangen werden, dass die klimatischen Bedingungen des Außenbereiches berücksichtigt werden müssen. In der Regel werden die Schränke der Verstärkertechnik im Winter beheizt und im Sommer gekühlt.
3. **Aktive Lautsprecher. Die Verstärker befinden sich im oder am Lautsprechergehäuse.** Bei dieser Variante kann davon ausgegangen werden, dass weiterer Platzbedarf für Schränke der Beschallungstechnik meist nicht oder nur in geringem Umfang erforderlich ist. Jedoch sollte berücksichtigt werden, dass aktive Lautsprecher eine elektrische Versorgung benötigen und in der Regel etwas größere Gewichtsbelastungen an den Montagepunkten auftreten.

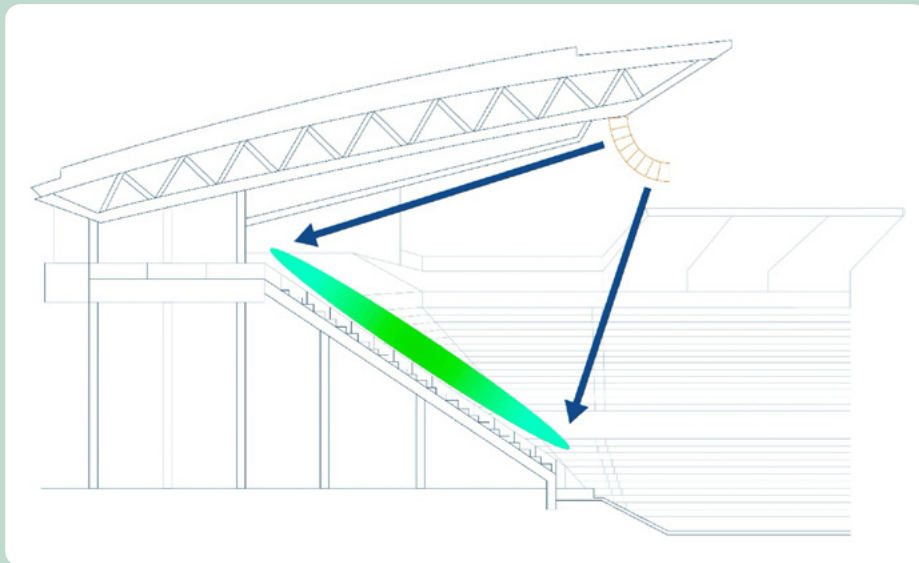


Abbildung 9: Stadion im Schnitt mit Line Array

Positionierung und Ausrichtung der Lautsprecher

GRUNDSÄTZLICH GIBT ES ZWEI VERSCHIEDENE ANSÄTZE BZW. KATEGORIEN:

A. Konventionelle Lautsprecher

Diese Lautsprecher besitzen oft eine 2- oder 3-Wege Bestückung. Die Montage erfolgt einzeln oder im Cluster.

B. Line Array Lautsprecher

Hierbei handelt es sich in der Regel um eine Zusammensetzung einzelner Einheiten zu einem Linienstrahler, wobei die Einheiten typischerweise aus Mehr-Wege-Systemen bestehen.

Die Ausrichtung und Montage hat je nach Geometrie der Zuschauerflächen so zu erfolgen, dass eine möglichst gleichmäßige Versorgung der Besucher gewährleistet ist und Bereiche ohne Zuschauer ausgeblendet werden.

Wenn machbar, sollte die Montage an der Dachvorderkante im – je nach Bauart des Stadions – noch regengeschützten Dachbereich erfolgen.

Im Beispiel aus Abbildung 9 kann bei der gegebenen Dachkonstruktion gut aus dem Bereich der Vorderkante des Daches gearbeitet werden, da aus Sicht des Lautsprechers alle Zuschauer direkt und mit etwa gleichen Weglängen zwischen Lautsprechern und Zuschauern erreicht werden.

Dies ist eine günstige Voraussetzung dafür, dass später mit guter Gleichmäßigkeit beschallt werden kann.

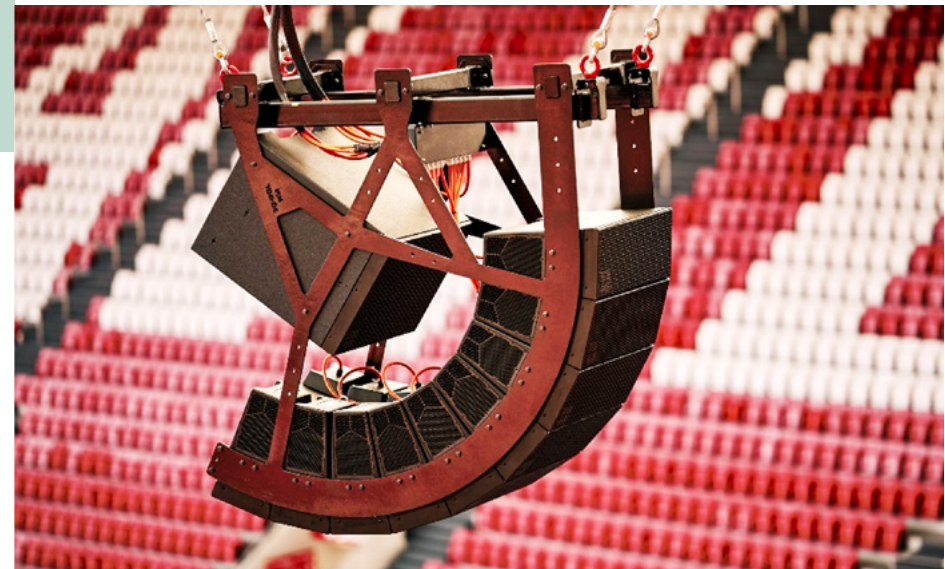


Abbildung 10: Line Array mit konstanter Krümmung im Stadion, mit optionaler Tieftonerweiterung mittels Montage eines Cardioid-Subwoofers hinter dem Hauptarray.

Jedoch sollten auch bei der Beschallung von der Dachvorderkante aus bestimmte Aspekte berücksichtigt werden, die je nach Konstruktion variieren können.

Im Beispiel in Abbildung 11 würde die Beschallung von der Dachvorderkante aus zu sehr ungleichen Weglängen führen.

Dadurch kann sich eine ungleichmäßige Verteilung des Schalldruckpegels ergeben, was sich negativ auf die Sprachverständlichkeit auswirken kann.

Im Besonderen durch den Einsatz von Linienstrahlern führen unterschiedliche Beschallungsentfernungen nicht grundsätzlich zu diesem Problem, da die Pegelreduktion in Abhängigkeit zum Abstand

geringer ausfällt als bei konventionellen Lautsprechern. Durch Simulationsberechnungen muss überprüft werden, ob die Anforderungen aus dem Messprotokoll bezüglich der Sprachverständlichkeit auch bei nicht idealer Verortung der Lautsprecher eingehalten werden.

Ein weiterer Lösungsweg kann sein, den hinteren Bereich durch weitere Lautsprechersysteme zu versorgen, um eine gleichmäßige Verteilung zu erlangen.

Eine weitere Variante zeigt folgende Konstellation (siehe Abbildung 12):

In diesem Fall kann bei der gegebenen Dachkonstruktion sinnvollerweise nur aus dem Bereich der Dachmitte gearbeitet werden, da nur dort aus Sicht des Lautsprechers alle Zuschauer direkt und mit etwa gleichen Weglängen erreicht werden.

Abbildung 11:

Ungleichmäßigkeit des Direktschalldruckpegels bei variierenden Weglängen (Schnittdarstellung Tribüne).

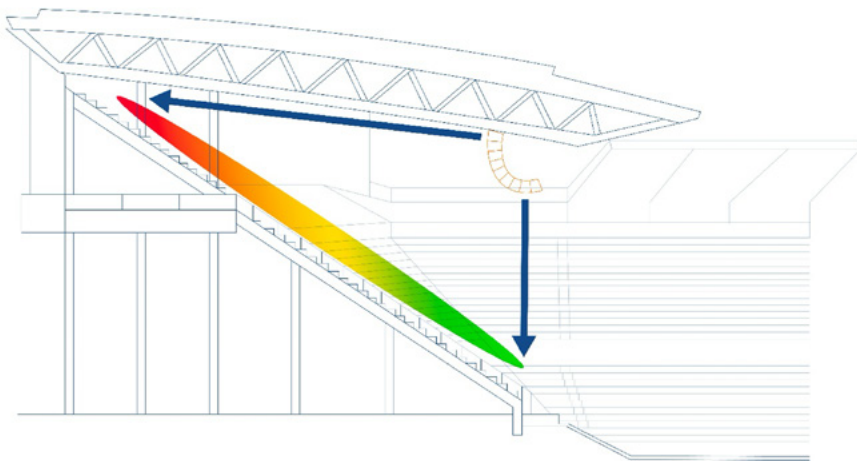


Abbildung 12:

Beschallung über ein an der Dachmitte installiertes Line Array.

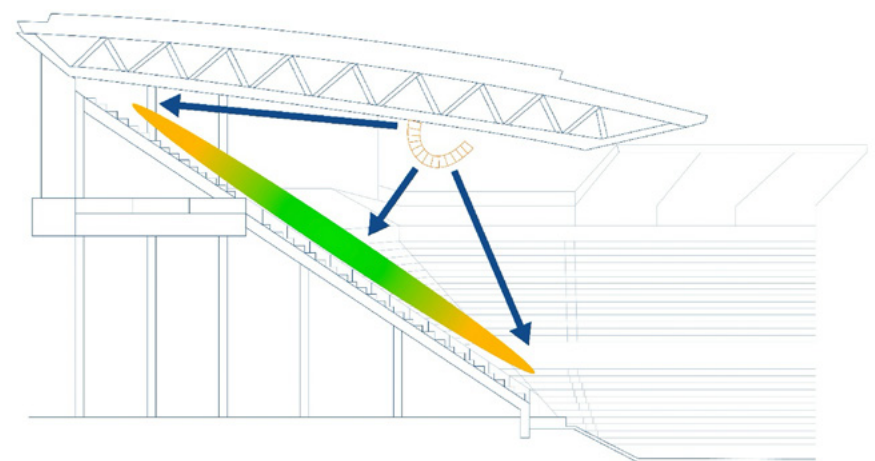




Abbildung 13:
Line Array mit progressiver Krümmung
im Stadion (Nahansicht).

Dies ist also eine günstige Voraussetzung dafür, dass später mit guter Gleichmäßigkeit beschallt werden kann.

Um dies zu erreichen, ist eine sehr starke Krümmung des Line Arrays notwendig, wie in **Abbildungen 12 und 13** ersichtlich ist.

Nachteil dieses Beschallungsansatzes ist die Tatsache, dass ein Teil der Zuschauer im unteren Tribünenbereich von hinten beschallt wird. Dies kann als unangenehm empfunden werden, da die optische und akustische Achse nicht übereinander liegen. Das bedeutet, dass der optische Eindruck vorne wahrgenommen wird, während die akustische Versorgung von hinten erfolgt – ein in der Regel für den Besucher ungewohntes Phänomen, wenn zum Beispiel der Stadionsprecher am Spielfeldrand zu sehen ist. Für allgemeine Durchsagen oder Werbeeinspielungen ohne einen optischen Bezug ist dieser Effekt nicht von erheblicher Bedeutung.

Grundsätzlich lässt sich zusammenfassen, dass der Positionierung der Lautsprechersysteme ein hoher Stellenwert bei der Erreichung der Anforderungen zukommt und keine aufwendigen Kompensationen bei nicht optimaler Positionierung erforderlich werden.

Weitere Lösungsansätze für kleinere Fußballstadien:

Für die unteren Ligen sind aus akustischen Gründen möglicherweise andere Beschallungsansätze umsetzbar, da das Spielfeld oftmals nicht komplett von Tribünen umbaut ist.

Wenn nicht überall überdachte Tribünenbereiche vorhanden sind, müssen andere Konzepte umgesetzt werden, um eine gleichmäßige Beschallung der Zuschauerbereiche und eine den Anforderungen des Messprotokolls entsprechende Sprachverständlichkeit zu erreichen.

Dabei kann nach zentraler und dezentraler Beschallung unterschieden werden.

Bei der **Zentralbeschallung** erfolgt die Versorgung komplett aus dem Haupt-Tribünenbereich. Kurven und nicht überdachte Gegen-gerade werden so mit sehr leistungsstarken, stark bündelnden Lautsprechern vollständig versorgt (Line Arrays oder konventionelle Lautsprecher), während die Tribüne selbst von der Dachvorderkante aus versorgt wird.

Bei zentralen Beschallungen kann daraus resultieren, dass Bereiche außerhalb des Stadions verstärkt mit beschallt werden (z. B. Anwohnergrundstücke) und es dadurch zu ungewollten Beeinträchtigungen kommt. Zudem sind die erreichbaren Pegelwerte sehr ungleichmäßig verteilt – vor allem in den entfernten Bereichen sind diese vergleichsweise niedrig.

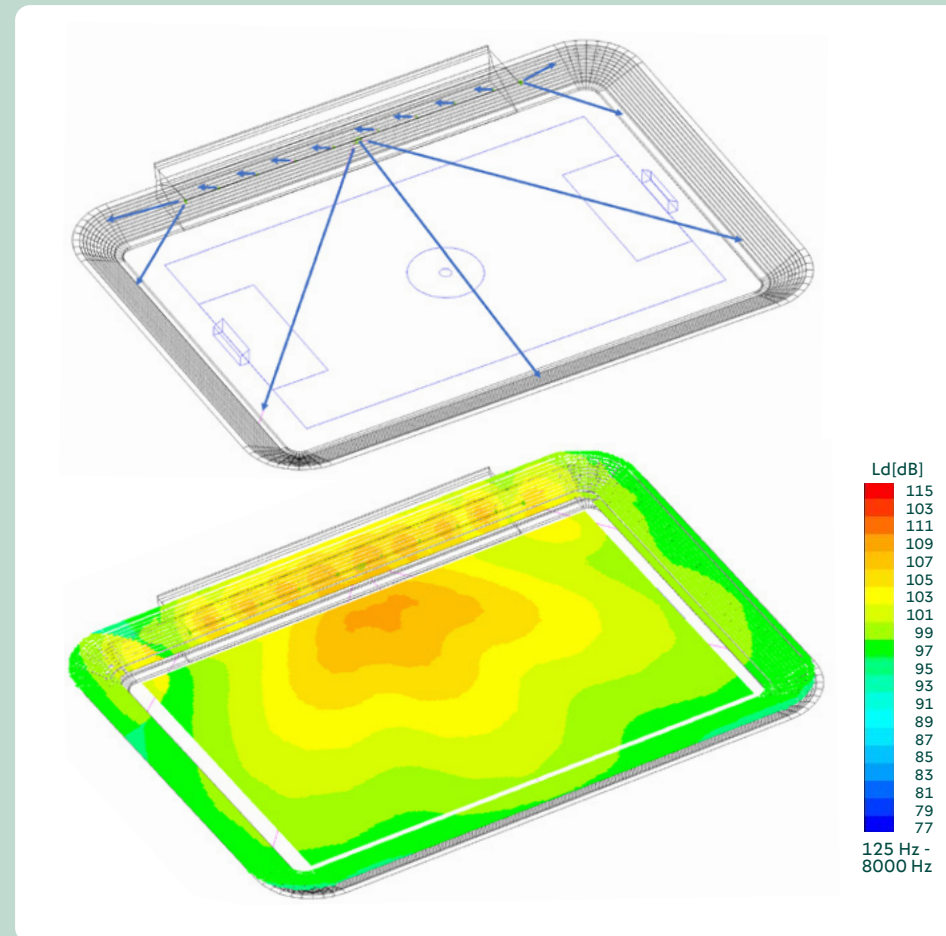


Abbildung 14:

Teilweise Zentralbeschallung, kurze überdachte Sitztribüne und umlaufende Stehplätze (oben) und Verteilung der Pegelwerte (Direktschalldruck; unten)

Bei der **dezentralen Beschallung** wird die Tribüne wie schon im vorherigen Beispiel ebenfalls von der Dachvorderkante aus Richtung Besucher versorgt, die Kurven und die Gegengerade jedoch mit dezentralen Systemen von Masten oder von der Spielfeldumrandung aus, je nach Möglichkeit. Die gemäß dem Messprotokoll geforderten Leistungsdaten müssen in beiden Fällen erreicht werden.

Durch die relativ kurze Entfernung der Lautsprecher zum Besucher können hier kleinere, weniger leistungsstarke, jedoch mit entsprechender IP-Schutzklasse ausgestattete Systeme verwendet werden.

Ein Vorteil sind hierbei gleichmäßig hohe Pegelwerte, jedoch werden eine größere Anzahl an Lautsprechern sowie längere Kabelwege benötigt.

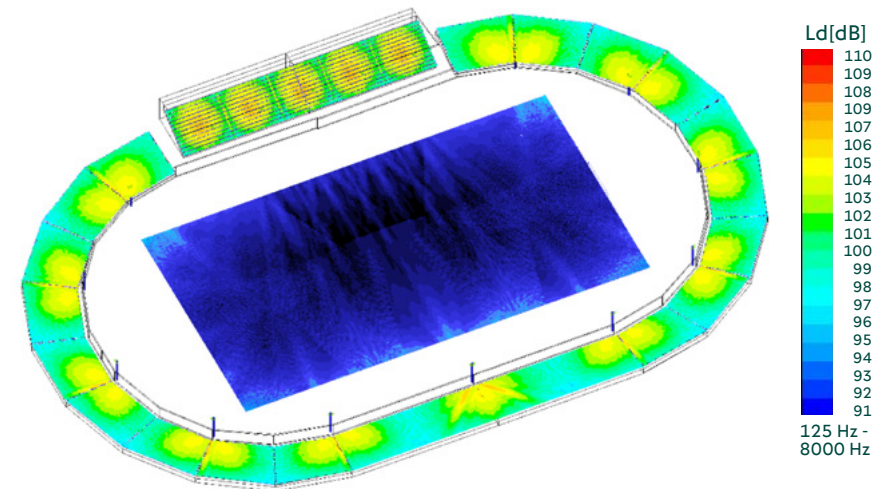
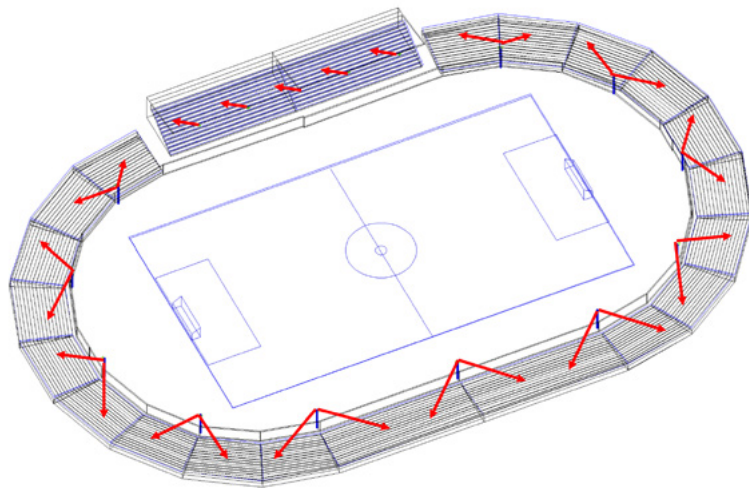


Abbildung 15:

Dezentrale Beschallung (Mastbeschallung) und Verteilung der Pegelwerte (unten), ohne Zuschaltung der Lautsprecher für die Spielfeldbeschallung.

Mobile Beschallung:

Eine mobile Beschallungslösung kann für eine Übergangsphase verwendet werden, wenn beispielsweise nach einem Aufstieg noch kein stationäres, d.h. fest installiertes Lautsprechersystem vorhanden ist. Bei einer baurechtlich geforderten Beschallungsanlage ist dies im Einzelfall mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Werden die Lautsprecher im Bodenniveau aufgestellt, kann es zu erheblich ungleichmäßigen Beschallungsergebnissen auf den Tribünen kommen, da die Beschallungsentfernungen sehr unterschiedlich sind. Dies kann prinzipiell so umgesetzt werden, jedoch sollten die Lautsprecher so weit wie möglich von den ersten Reihen entfernt sein.

Mit Simulationsberechnungen ist zu überprüfen, wie die Beschallung bei diesen Randbedingungen zu konfigurieren und anzusteuern ist, um die geforderte Sprachverständlichkeit zu erreichen und um gesundheitsschädliche Schalldruckpegel in den ersten Publikumsreihen zu vermeiden.

Konzepte, welche dies vermeiden, z. B. mit hohen Stativen, sind diesbezüglich unkritischer.

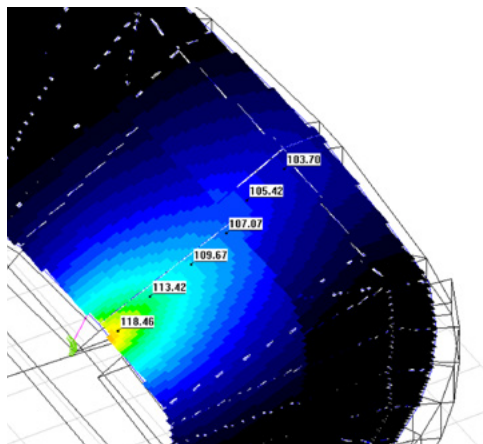


Abbildung 16:

Typische, ungleichmäßige Pegelverteilung bei Aufstellung der Lautsprecher im Bodenniveau.

Die Abbildung zeigt exemplarisch einen Teil der Tribüne (Stadionkurve) mit den erreichten Pegelwerten.

6. HINWEISE ZUR BERECHNUNG DER ELEKTROAKUSTISCHEN PARAMETER

6.1 Tribünen- und Außenbereich

Die Berechnung der elektroakustischen Parameter erfolgt unter Beachtung verschiedener Randbedingungen. Diese sind gegebenenfalls gegeneinander abzuwägen, um ein optimales Ergebnis zu finden:

1. Die örtliche Lage des Stadions innerhalb der umliegenden Bebauung.

Die Beschallungstechnik ist derart zu planen und einzurichten, dass die Anforderungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes und des Baurechts eingehalten werden. Grundsätzlich ist die Beschallung der umliegenden Anwohner auf ein Minimum zu beschränken. Es ist empfehlenswert, die immissionsschutzrechtliche Situation vor Beginn der Planung der Beschallungstechnik mit den zuständigen Behörden abzustimmen und die daraus resultierenden Randbedingungen in den Planungsprozess der Beschallungsanlage einfließen zu lassen. Betreiber und Behörden verfügen in einem derartigen Fall in der Regel über ein Schallimmissionsschutzgutachten.

2. Raumakustik

Weitgehend „geschlossene“ Stadien mit vielen akustisch reflektierenden Innenraummaterialien (Beton, Stahl, Hartkunststoffe, Glas u.ä.) führen aufgrund der daraus resultierenden hohen Nachhallzeiten zu elektroakustisch herausfordernden Beschallungsaufgaben.

Die Lösung dieser Beschallungsaufgaben sollte zum einem durch den Einsatz einer auf die raumakustische Situation und Stadiongeometrie angepassten Beschallungstechnik und zum anderen durch eine detaillierte und belastbare Simulation dieser Beschallungstechnik unter Berücksichtigung der tatsächlichen Raumakustik und der Stadiongeometrie erfolgen.

In Grenzfällen kann mit verfügbarer Beschallungstechnik und sehr nachteiligen akustischen Verhältnissen unter Umständen kein auskömmliches Beschallungsergebnis erzielt werden. Bei der Auslegung der Beschallungsanlage sind auf die raumakustischen Verhältnisse zugeschnittene spezifische Lösungen erforderlich. Diese spezifischen Lösungen zeichnen sich dadurch aus, dass Beschallungssysteme verwendet werden, mit denen es möglich ist, die Schallenergie auf die zu versorgenden Flächen zu konzentrieren und raumakustisch ungünstige Flächen weniger stark zu beschallen. Raumakustisch ungünstige Flächen sind zumeist schallhart und akustisch reflektierend. Durch eine Vielzahl von Reflektionen entsteht der sogenannte Nachhall. Treten einzelne reflektierende Flächen geometrisch hervor, können diese auch für ein explizit hörbares Echo verantwortlich sein. Ein Beispiel hierfür ist oftmals der Übergang vom Oberrang zum Dach aber auch die Glasfronten von Logen können zu Echos führen.

3. Die Geometrie und örtliche Lage der An- und Abfahrtswege und der Laufwege von Heim- und Gästezuschauern.

Mit einer in der Regel dezentralen Beschallungstechnik müssen diese Wege versorgt werden, um Hinweise und Ansagen absetzen zu können. Eventuell notwendige Laufzeitanpassungen (Delays) sind vorzusehen, um eine zeitliche Synchronisierung mit der Tribünenbeschallung zu gewährleisten und damit Doppelhören auszuschließen. Dies sollte auch unter Berücksichtigung der örtlichen Aspekte nach 1. passieren.

AKUSTISCHE VERSORGUNG DER ZUSCHAUERFLÄCHEN:

In den Tribünenbereichen müssen alle Zuschauer-Aufenthaltsbereiche akustisch abgedeckt werden. Dies schließt auch Umgänge sowie Zu- und Abgänge ein, als auch Bereiche von Versorgungsständen, Kiosken und Fanartikel-Shops.

Auf all diesen Flächen, die auch den Spielfeldbereich einschließen können, ist eine gleichmäßige Versorgung hinsichtlich des Pegels (*siehe auch Kapitel 4*) zu gewährleisten.

Die Spielfeldbeschallung muss in der Regie abschaltbar sein, da diese nur bei Aktivitäten auf dem Spielfeld zugeschaltet wird und in der Regel ausgeschaltet bleibt, um den Diffusschall zu minimieren.

Eine oft pauschal geforderte Teilabschaltung der Tribünenbeschallung, z. B. im Bereich der Presse, ist aus physikalischen Gründen nicht sinnvoll, da der Gesamtschallpegel sich durch diese Teilabschaltung kaum verändert, die Sprachverständlichkeit im Zielbereich durch die fehlenden Direktschallanteile jedoch drastisch sinkt. Subjektiv wird es also nicht leiser, dafür aber unverständlicher.

Die Abschaltung in unbesetzten Tribünensektoren hingegen ist eine sinnvolle Maßnahme, weil dadurch der Diffusschallpegel sinkt und die Sprachverständlichkeit im Restbereich besser wird.

Bei Planung und Realisation der Beschallung sollte darauf geachtet werden, dass eine nutzungsspezifische Anpassung (Pegelanpassung und/oder Frequenzganganpassung) in einzelnen Tribünensektoren notwendig sein kann.

6.2 Innenbereich

Die Beschallung des umbauten Innenraumes schließt in der Regel folgende Bereiche ein:

VIP LOGEN:

Je nach Stadionbetreiber können in den Logen besondere Qualitätsansprüche bestehen. Sollte eine besonders breitbandige und eine klanglich hochwertige Musikübertragung gewünscht sein, so sind dafür geeignete Lautsprecher einzusetzen. Sollten beispielsweise Fremdsignale in den Logen eingespielt werden können, so ist sicherzustellen, dass bei einer Nutzung der Beschallungsanlage im Notfall ein Pflichtempfang erfolgt.

VIP BEREICHE ALLGEMEIN:

Wie oben, jedoch nach Absprache mit dem Betreiber unter Umständen etwas niedriger Qualitätsstandard.

UMGANGSBEREICHE:

Standardqualität als 100 Volt Wand-/Deckenlautsprecher.

KABINEN-, SANITÄR- UND UMKLEIDEBEREICHE:

Standardsysteme in geforderter IP-Schutzklasse hinsichtlich Klimanforderungen.

MIXED ZONE:

In diesem Raumbereich sind bedingt durch die akustisch reflektierenden Baumaterialien oftmals nachteilige raumakustische Verhältnisse gegeben. Auch hier ist es ratsam, eine darauf zugeschnittene Beschallungslösung zu planen und auszuführen. Je nach akustischen Verhältnissen kann auch eine Beschallungssimulation erforderlich werden.

PRESSEKONFERENZ:

Sollten in der Pressekonferenz keine getrennten Lautsprecher für die Konferenz und für die im Evakuierungsfall erforderliche Beschallungsanlage vorgesehen sein, so müssen diese einerseits den hochwertigen Anforderungen der Veranstaltung und andererseits den Anforderungen für die Evakuierung genügen. Für den Notfall muss die Anlage über einen Pflichtempfang verfügen. Bei einer getrennten Ausführung ist sicherzustellen, dass die Anlage für die Pressekonferenz im Falle einer Notdurchsage abgeschaltet wird (Pflichtabschaltung).

BILD- UND TONREGIE, FEUERWEHR, POLIZEI, PRESSE:

Standardqualität als 100 Volt Wand-/Deckenlautsprecher.

ANDERE ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHE BEREICHE:

Standardqualität als 100 Volt Wand-/Deckenlautsprecher.

Im Innenraumbereich gelten in der Regel die erhöhten Anforderungen der DIN VDE 0833-4 welche die SAA als Teil der Brandmeldeanlage definiert und damit auch die Einhaltung der Produktnormen DIN EN 54-4, DIN EN 54-16 und DIN EN 54-24 bindend vorschreibt. Es dürfen somit nur nach diesen Normen zertifizierte Produkte verbaut werden. Die Anforderungen entsprechend der geforderten Sicherheitsstufe sind einzuhalten und, soweit vorhanden, dem Brandschutzkonzept zu entnehmen.

Zudem sind die Anforderungen hinsichtlich Energieversorgung und Ausfallsicherheit zu berücksichtigen.

Weitere Hinweise sind im Anhang aufgeführt.

7. WARTUNG UND WARTUNGSANWEISUNGEN

ALLGEMEINES:

Im Hinblick auf die Wartung der Anlagen muss ein bewährtes und dokumentiertes Verfahren für die planmäßige Wartung und Nachprüfung der Beschallungsanlage festgelegt sein, wie es vom Systementwickler in Verbindung mit dem Gerätehersteller empfohlen wird und in Übereinstimmung mit den entsprechenden internationalen und nationalen Normen ist.

Zu empfehlen ist eine mindestens jährliche Überprüfung des gesamten Beschallungssystems durch eine sachkundige Person. Baurechtliche Forderungen können jedoch weitreichender sein. Ist beispielsweise aus dem Brandschutzkonzept zu entnehmen, dass die Anforderungen gemäß DIN VDE 0833-4 zu erfüllen sind, so gelten durch die verwiesenen Normen unter Umständen weitere Anforderungen.

Wartungs- und Instandhaltungsaufwendungen werden in der Regel nach DIN 14675 durch Fachkräfte vorgenommen. Die Fachkräfte für SAA gehören einer Fachfirma an, die nach DIN 14675 für SAA zertifiziert ist. Ferner kann die Forderung bestehen, in Abständen von 3 Jahren Wiederholungsprüfungen durch einen staatlich anerkannten Sachverständigen durchführen zu lassen.

Bezüglich dieser Auflagen können strengere lokale, regionale oder nationale Vorschriften gelten.

WARTUNGSANWEISUNGEN FÜR ANLAGENTEILE:

(bei zum Beispiel bauordnungsrechtlicher oder privater Forderung)

Es ist ein Wartungshandbuch zur Verfügung zu stellen. Dieses muss die Einzelheiten aller Arbeiten, die zur Instandhaltung der Anlage und der Geräte erforderlich sind, in der richtigen Reihenfolge enthalten, welche wiederum mit den festgelegten Leistungskriterien und allen anderen Anforderungen der im Einzelfall anzuwendenden relevanten Normen und Vorschriften übereinstimmen.

Im Wartungshandbuch muss deutlich angegeben werden:

- a) das Wartungsverfahren;
- b) jeglicher mit der Wartung verbundene Ablauf;
- c) Identifizierung von Teilen, die eine Wartung erfordern, mit Angabe der Lage der Teile auf den Zeichnungen zusammen mit der Bezugsnummer des Herstellers und vollständigen Kontaktdaten der Lieferanten von Material und Teilen;
- d) mindestens eine Originalausführung der Geräte- und Materialkataloge (Kataloge dürfen in elektronischer Form zur Verfügung gestellt werden)
- e) Liste und Ort der Ersatzteile;
- f) Liste und Ort der Spezialwerkzeuge;
- g) Prüfsertifikate, die für die Prüfung durch die zuständige Behörde erforderlich sind;
- h) einen Satz Zeichnungen, der die Lage und Verbindungen aller Komponenten der elektroakustischen Anlage beschreibt.

Anmerkung:

Die Identifizierung von Teilen, die eine Wartung erfordern, bezieht sich beispielsweise auf die Inspektion von Befestigungsmaterialien.



DEUTSCHER
FUSSBALL-BUND

ANHANG

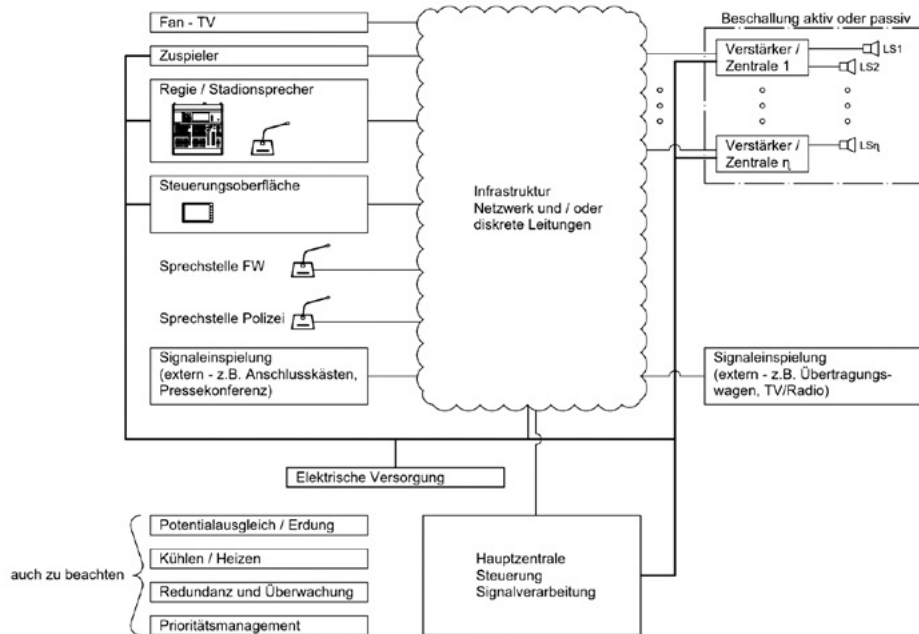
WEITERE WICHTIGE HINWEISE, ERLÄUTERUNGEN UND HILFSMITTEL

INHALT

1. PRINZIPSCHALTBILD EINER BEISPIELHAFTEN STADIONANLAGE	50
2. SICHERHEITSTUFEN NACH DIN VDE 0833-4	51
3. BEGRIFFSERKLÄRUNGEN ANLAGENTECHNIK	52
4. PHYSIKALISCHE BEGRIFFSERKLÄRUNGEN	54
5. SONSTIGE NORMENGRUNDLAGEN UND -VERWEISE	58

1. PRINZIPSCHALTBIKD EINER BEISPIELHAFTEN STADIONANLAGE

Abbildung 17



2. SICHERHEITSTUFEN NACH DIN VDE 0833-4

SICHERHEITSTUFE (ALLGEMEIN):

Die Sicherheitsstufe wird üblicherweise auf Grundlage einer Risikoanalyse festgelegt. Bei baurechtlich geforderten Anlagen übernimmt der Verfasser des Brandschutzkonzepts diese Festlegung.

Die Sicherheitsstufen unterscheiden sich im Grad der Ausfallsicherheit.

SICHERHEITSTUFE I:

Diese Sicherheitsstufe lässt zu, dass bei einem Fehler im Übertragungsweg die Beschallung eines Alarmierungsbereiches ausfällt. Das bedeutet in der Praxis, dass z. B. für jeden Alarmierungsbereich eine eigene Zuleitung installiert werden muss und durch geeignete Maßnahmen sichergestellt ist, dass jeder Übertragungsweg rückwirkungsfrei betrieben wird.

SICHERHEITSTUFE II:

Zusätzlich zu den Anforderungen aus Sicherheitsstufe I gilt, dass das System so ausgeführt sein muss, dass auch bei einem einzelnen Fehler im Leitungsnetz oder in einem Verstärker noch eine Beschallung des betroffenen Bereiches erfolgen kann (z. B. bei der sogenannten „A/B-Verkabelung“ in getrennten Kabeln).

Es ist dann also zulässig, dass einer von zwei im gleichen Bereich vorhandenen Lautsprecherstromkreisen ausfällt.

SICHERHEITSTUFE III:

Zusätzlich zu den Anforderungen aus Sicherheitsstufe II gilt, dass auch beim Ausfall einer zentralen Komponente die betroffenen Alarmierungsbereiche weiterhin mit einer ausreichenden Sprachverständlichkeit versorgt werden.

3. BEGRIFFSERKLÄRUNG ANLAGENTECHNIK

BESCHALLUNGSANLAGE:

Allgemeine Bezeichnung bzw. Oberbegriff für eine Anlage, welche einen Zuhörerbereich beschallt, ohne jegliche Zuordnung zu einer speziellen Beschallungs- oder Anlagentechnik.

Alle nachfolgend genannten Anlagentechniken sind vom Typus her Beschallungsanlagen. Eine Beschallungsanlage kann sowohl mobil als auch stationär aufgebaut sein. Die Anforderungen an den Frequenzgang können grundsätzlich sowohl auf Sprach- als auch auf sehr hochwertige Musikwiedergabe ausgelegt sein. Die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf Sprachwiedergabe.

SPRACHALARMANLAGE (SAA):

Hinsichtlich der Produktauswahl gibt es klare bauordnungsrechtliche Vorgaben, welche zertifizierte Produkte der Produkt-Normenreihe DIN EN 54-4 (Energieversorgungen), DIN EN 54-16 (Zentralen) und DIN EN 54-24 (Lautsprecher) vorschreiben. Sprachalarmanlagen können automatisch von der Brandmelderzentrale oder manuell von einem Handmelder oder einem Bedienelement der SAA ausgelöst werden. Vorrangig wird Sprache übertragen, dazu ist eine flächendeckende Versorgung der Brandmeldebereiche mit einer Sprachverständlichkeit von 0,5 als 90%-Mittelwert und einem 90%-Minimalwert von 0,45 nach dem STI-Verfahren gefordert. Abgesenkte Anforderungen hinsichtlich des STI-Werts sind unter bestimmten Randbedingungen möglich. Seitens des vorbeugenden Brandschutzes muss eine Sicherheitsstufe festgeschrieben werden, welche die Anforderungen des Schutzniveaus konkretisiert.

ELEKTROAKUSTISCHES NOTFALLWARNSYSTEM (ENS):

Charakterisiert durch die Norm DIN EN 50849 (VDE 0828-1). Dieses elektroakustische Notfallwarnsystem ist für den Einsatz bei einem Brandfall nicht vorgesehen und vom Anwendungsbereich dieser

Norm ausgeschlossen. Diese europäische Norm legt die Leistungsanforderungen an Beschallungsanlagen fest, die überwiegend dafür bestimmt sind, in Notfallsituationen innerhalb eines oder mehrerer festgelegter Bereiche Übertragungen vorzunehmen, die dem Schutz von Leben dienen.

EVAKUIERUNGSANLAGE:

Allgemeine Bezeichnung für eine Anlagentechnik, deren Anwendungsbereich auf eine Räumung von gefährdeten Bereichen zielt, ohne zu definieren, wie dies technisch und systematisch umgesetzt werden soll. Aus diesem Grund ist hier auch kein Normenbezug vorhanden.

GEFAHRENMELDEANLAGE:

Für Brand, Einbruch und Überfall. Oberbegriff im Zusammenhang mit der Normenreihe DIN VDE 0833, beinhaltet die Norm DIN VDE 0833-4 mit Anforderungen für Sprachalarmanlagen.

TRIBÜNEN- UND AUSSENBESCHALLUNG:

Beschallung des Tribünenbereiches, der Umgänge des Spielfeldbereiches und der Verkehrswege nach DIN VDE 0833-4. Beschallung nach Vorgabe des Protokolls abhängig vom Fassungsvermögen des Stadions.

INNENRAUMBESCHALLUNG:

Beschallung aller voll umbauten Räumlichkeiten mit geschlossenem Luftvolumen, wie z. B. Gaststätten, VIP-Logen, Pressekonferenz, Mixed Zone, Gänge und Flure. Beschallung in der Regel nach DIN VDE 0833-4.

4. PHYSIKALISCHE BEGRIFFSERKLÄRUNGEN

SCHALLDRUCK:

Physikalische Bewertung des Schalls gemessen als Wechseldruck in Mikropascal (μPa). In der Regel im Bereich von ca. 20 Hz bis 20 kHz. Der Schalldruck ist eine Schallfeldgröße, welche im Wesentlichen die Lautheit eines Schallereignisses charakterisiert.

SCHALLDRUCKPEGEL:

Da die Schalldrücke einen sehr großen Wertebereich umfassen, wird in der Praxis mit dem Schalldruckpegel gearbeitet, bei dem der Schalldruck auf einen Referenzwert bezogen wird. Typische Pegel in der Elektroakustik liegen zwischen 30 und 130 dB.

DIREKTSCHALL:

Derjenige Schall, der als erstes am Hör- bzw. Messort eintrifft, ohne zwischenzeitlich Schallreflexionen erfahren zu haben. Direktschall ist maßgeblich für die Richtungsbestimmung, also für die Lokalisation einer Schallquelle durch das Gehör.

DIFFUSSCHALL:

Der diffuse Schall wird durch den Nachhall im Raum beeinflusst. In Stadien mit einer hohen Nachhallzeit kann damit gerechnet werden, dass sich ein starkes diffuses Schallfeld ausbildet. In Stadien mit geringen Nachhallzeiten, z.B. in Stadien ohne Dach und flachen Tribünen, spielt das diffuse Schallfeld eine untergeordnete Rolle.

In den meisten Fällen wirkt er sich negativ auf die Sprachverständlichkeit aus. Vom Diffusschallpegel zu unterscheiden sind diskrete Reflexionen. Je nachdem wie groß die zeitliche Verzögerung in Bezug auf den direkten Schall ist, können sich diese Reflexionen positiv oder negativ auf die Sprachverständlichkeit auswirken. Reflexionen mit hoher Verzögerungszeit werden als Echos bezeichnet.

Weit entfernte Flächen, die oftmals im Stadion vorzufinden sind, sorgen im Regelfall für Echos, die der Sprachverständlichkeit nicht zuträglich sind. Näher beim Hörer befindliche reflektierende Flächen können jedoch auch zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit beitragen. Dieser Umstand macht es oft erforderlich, dass eine genau auf die räumliche Situation zugeschnittene Beschallungskonzeption mit dafür geeigneten Lautsprechern erfolgt. Das Ziel eines Beschallungskonzeptes ist es, den Pegel des Direktschalls möglichst groß gegenüber dem Pegel des Diffusschalls auszulegen.

GESAMTSCHALL:

Die Summe aller Schallanteile (Direktschall, Diffusschall, diskrete Reflexionen). Der Gesamtschall bestimmt maßgeblich die wahrgenommene Lautstärke und entspricht auch dem mit einem Schallpegelmesser bestimmten Schalldruckpegel. Die Messung des Gesamtschalls erfolgt in dB. Oftmals ist die Angabe eines Einzahlenwerts notwendig. Dieser wird häufig auch unter Berücksichtigung einer Frequenzbewertung gemessen und über eine bestimmte Zeit gemittelt (L_{Aeq}).

Die Differenz zwischen Direktschalldruck und Gesamtschalldruck zeigt an, inwieweit am untersuchten Ort das direkte oder das diffuse Feld überwiegt. Je mehr das diffuse Feld überwiegt, desto schlechter wird die Sprachverständlichkeit.

FREQUENZGANG:

Der Frequenzgang beschreibt den relativen Pegel der verschiedenen Frequenzen. Idealerweise verläuft der Frequenzgang gleichmäßig über den zu betrachtenden Frequenzbereich.

Frequenzgang (Gleichmäßigkeit über der Fläche): Der Frequenzgang (Gleichmäßigkeit über der Fläche) ist die Betrachtung der relativen Pegel der verschiedenen Frequenzen an unterschiedlichen Punkten auf der zu untersuchenden Fläche.

GLEICHMÄSSIGKEIT DES GESAMTSCHALLS:

Mittelwert und Minimalwert des Gesamtschalls (Nutzschall).

NUTZSCHALL:

Schall, welcher von Sprecher oder Zuspieldgeräten erzeugt und über die Lautsprecheranlage eingespielt wird. Die Messung des Nutzschalls erfolgt in dB.

STÖRSCHALL:

Schall, welcher durch Schallquellen erzeugt wird, die nicht dem Nutzschallquellen zuzuordnen sind. Dieser wird im Stadion im Wesentlichen von den Zuschauern erzeugt und wirkt sich negativ auf die Sprachverständlichkeit aus, da Ansagen und Musik vom Lärm der Zuschauer überlagert werden. Störschall im Stadion ist nicht zeitkonstant sondern schwankt sehr stark, da z.B. Torszenen zu sehr stark erhöhtem Störschall führen. Störschall ist grundsätzlich abhängig von der Anzahl der anwesenden Zuschauer, von der Gleichzeitigkeit der Lautäußerungen, von der Nachhallzeit des Stadions bei aktueller Besetzung und sehr stark von der aktuellen Spielsituation.

Die Messung des Störschalls erfolgt in dB. Störschallpegel oberhalb von 95 dB(A) sind elektroakustisch nur mit erheblichem Aufwand beherrschbar. Wichtige Durchsagen sollten deshalb auf die Zeitssegmente konzentriert werden, in denen die Zuschauer die Chance haben diese zu verstehen.

STÖRABSTAND:

Die Differenz zwischen Nutzschall und Störschall, in der Regel angegeben als Pegeldifferenz in dB. Je größer diese Differenz ist, desto mehr überwiegt der Nutzschall und es ist von einer besseren Sprachverständlichkeit auszugehen. Große Störabstände wären für ein Stadion optimal, sind aber häufig aufgrund der hohen Störgeräusche nicht erreichbar.

NACHHALLZEIT:

Die Nachhallzeit hat als zentrale raumakustische Kenngröße einen wesentlichen Einfluss auf die erreichbare Sprachverständlichkeit einer Sprachalarmanlage. Insbesondere in großen Räumen ohne ausreichende schallabsorbierende Maßnahmen wird die Nachhallzeit stark durch die Anwesenheit von Publikum beeinflusst.

Die zusätzlich durch das Publikum eingebrachte Schallabsorptionsfläche bewirkt in diesem Fall eine Verminderung der Nachhallzeit und damit eine Verbesserung der Sprachverständlichkeit.

SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT:

Anteil der gesprochenen Mitteilung, der verstanden wird. Eine subjektive Sprachverständlichkeit wird im Allgemeinen als der korrekt verstandene Prozentsatz einer Mitteilung verstanden. Für eine objektive Bewertung ist jedoch ein anderes Verfahren zu verwenden, das die Verständlichkeit auf einer Skala von 0 bis 1 beschreibt (STI-Verfahren).

5. SONSTIGE NORMENGRUNDLAGEN UND VERWEISE

DIN EN 54-4 und DIN EN 54-4/A2, Brandmeldeanlagen

Teil 4: Energieversorgungseinrichtungen

DIN EN 54-16, Brandmeldeanlagen

Teil 16: Sprachalarmzentralen

DIN EN 54-24, Brandmeldeanlagen

Teil 24: Komponenten für Sprachalarmierungssysteme –
Lautsprecher

DIN EN 60268-16, Elektroakustische Geräte

Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit
durch den Sprachübertragungsindex

DIN VDE 0100 (VDE 0100) (alle Teile)

Errichten von Niederspannungsanlagen

Danksagung Leitfaden und Anhang

Wir danken dem ZVEI sowie insbesondere dem Fachkreis Leistungsgemeinschaft Beschallungstechnik (LGB) und den beteiligten Experten für ihr Engagement und die konstruktive, inhaltliche Zusammenarbeit:

Prof. Dr. Anselm Goertz

IFAA Institut für Akustik und Audiotechnik

Stefan Goertz

d&b audiotechnik GmbH & Co. KG

Georg Hofmann

RCF Germany GmbH

Peter Krapp

ZVEI

Richard Merget

RM Audio Engineering

Andreas Simon

Sachverständigenbüro

Uwe Spatzier

Noah Said

ZVEI

Thomas Steinbrecher

Ingenieurbüro

Nicolas Sün

IFAA Institut für Akustik und Audiotechnik

Holger Weitkämper

AiR Ingenieurbüro GmbH

Mitglieder in der Leistungsgemeinschaft Beschallungstechnik im ZVEI

Olinto Canonica

Uniton Professional
Sound Systems

Michael Ehrlich

Gräf & Meyer GmbH

Andreas Fischbacher

g+m elektronik AG

Rene Geißler

MediasPro
Medientechnik
GmbH

Dr. Andreas Geißler

NSC Sicherheitstechnik
GmbH

Dirk Hermann

TOA Electronics
Europe GmbH

Georg Hofmann

RCF Germany GmbH

Bodo Klein

RCS Audio-Systems
GmbH

Oliver Noerdlinger

SIMAX electronics
GmbH

Tobias Preiss

EVI Audio GmbH

Volker Scheid

TOA Electronics
Europe GmbH

Alexander Schray

Siemens AG

Joachim Schütz

Siemens AG

Uwe Spatzier

Linus Stimmel
ic audio GmbH

Wolfgang Unger

Novar GmbH

Michael Vößing

MediasPro
Medientechnik
GmbH

Bildnachweise:

Titel:

Georg Hofmann

Abb. 1:

Thomas Steinbrecher

Abb. 2 - 5:

RCF Germany GmbH

Abb. 6:

FC Gelsenkirchen-Schalke 04 e.V., Gelsenkirchen, VR20822

Abb. 7 - 8:

WIREWORX Gesellschaft für audiovisuelle Medien GmbH,
Stuttgart

Abb. 9:

ZVEI e.V.

Abb. 10:

Luis Vidigal, NAN;

Abb. 11 - 12:

ZVEI e.V.

Abb. 13:

RCF Germany GmbH

Abb. 14 - 16:

RM Audio Engineering

Abb. 17:

Andreas Simon



DEUTSCHER
FUSSBALL-BUND

**Deutscher Fußball-Bund
Kennedyallee 274
60528 Frankfurt am Main**

www.dfb.de

