



Swiss Acoustical Society
Société Suisse d'Acoustique
Schweizerische Gesellschaft für Akustik
Società Svizzera di Acustica
c/o Suva Akustik, Luzern

Beschallungsanlagen für Sprache

Empfehlungen
für
Architekten und Bauherrschaften

Ausgabe Januar 2001 - PDF Version Januar 2008

Zusammenfassung

Die Schweizerische Gesellschaft für Akustik SGA ist Herausgeberin von Empfehlungen für Beschallungsanlagen für Sprache. Sie will damit Architekten und Bauherrschaften bei der Beschaffung oder Sanierung von Beschallungsanlagen unterstützen. Die Schrift umfasst die folgenden Teile:

- Teil I** Einleitung, Geltungsbereich.
- Teil II** Vorgehen bei der Planung und Realisierung von Beschallungsanlagen. Anforderungen an Beschallungsanlagen.
- Teil III** Allgemeine Erläuterungen zum Umfeld, zum Konzept und zu den Bausteinen einer Beschallungsanlage.
- Teil IV** Technische Hinweise zur Überprüfung der Anforderungen.
- Teil V** Induktive Höranlage für Schwerhörige.
- Teil VI** Anhang.

In der folgenden Zusammenfassung verweisen die Zahlen in den Klammern auf die entsprechenden Abschnitte der vorliegenden Empfehlung.

- Die Empfehlung gilt für die Sprachbeschallungen in Räumen wie Vortragssälen, Auditorien in Schulen, Mehrzwecksälen, Parlamenten, Konferenzsälen, Gerichten, Kirchen, Opernhäusern und Konzertsälen, Theatern, Museen, Ausstellungshallen, Sporthallen, Fabrikationsgebäuden, Bahnhofshallen und ähnliche Räumen, sowie im Freien wie in Sportanlagen, grossen Stadien etc.
- Die Planung und Realisierung von Beschallungsanlagen für Sprache muss mit professionellem Fachwissen in den folgenden Schritten durchgeführt werden:
 - Erstellen eines Pflichtenhefts
 - Abklären der Raumakustik
 - Erstellen eines Konzeptes der Anlage
 - Ev. Probebeschallung
 - Ausschreibung
 - Vergleich der Offerten
 - Realisierung
 - Abnahme der Anlage
- Die Beteiligten sind: Bauherrschaft, Nutzer, Architekt, ev. Akustiker, Beschallungsplaner, Unternehmer. (4, Anhänge A, B)
- Eine gute Raumakustik ist Voraussetzung für das richtige Funktionieren einer Beschallungsanlage. Die Planung einer Beschallungsanlage muss deshalb in Korrespondenz mit der raumakustischen Planung erfolgen. (5.2.2, 6, 7.2)
- Die Kenntnis der Störgeräuschpegel beim Betrieb der Beschallungsanlage ist grundlegend für die richtige Dimensionierung der Beschallungsanlage. (6, 7.4)
- In den Empfehlungen sind Anforderungen an Beschallungsanlagen für Sprache in bezug auf Sprachverständlichkeit, Lautstärke, Lautstärkeverteilung, Klangqualität, Ortung, Bedienung und Betriebssicherheit festgelegt. (5)
- Die Anforderungen an die Beschallungsanlage sollen möglichst so gestellt sein, dass sie klar überprüfbar sind. (5, 6, 12)
- Für Beschallungsanlagen, die Notrufe übermitteln müssen, um z.B. einen Raum oder einen Bereich im Freien im Notfall evakuieren zu können, muss die Schweizer und Internationale Norm SN EN 60849:1998/IEC 60849:1998 eingehalten werden. Diese Norm enthält detaillierte Anforderungen. (5.3)
- Auch andere Beschallungsanlagen, die nicht ausdrücklich als Notrufsystem ge-

- plant sind, sollten die oben erwähnte Norm wenigstens in den wichtigsten Teilen erfüllen, wenn sie für grössere Menschenansammlungen eingerichtet werden. (5.2)
- Räume ergeben in bezug auf die Beschallung ganz unterschiedliche Randbedingungen: Nutzung, Geometrie, Nachhall, etc. In der Empfehlung werden einige Hinweise zu Problemen in spezifischen Räumen gemacht. (6, 9)
 - Je nach den gegebenen Randbedingungen ergibt ein anderes Beschallungskonzept die besseren Resultate. (9)
 - Die Zentralbeschallung führt in der Regel zu den besten Ergebnissen in bezug auf Sprachverständlichkeit, Lautstärkeverteilung, Klangqualität und Ortung. Wenn die geometrischen oder akustischen Bedingungen für eine Zentralbeschallung nicht gegeben sind, muss eine andere Lösung gesucht werden. (9.2, 9.3)
 - Eine Direkt- oder Nahbeschallung (z.B. Lautsprecher auf dem Pult) kann unter sehr schwierigen Bedingungen eine gute Lösung sein. (9.4)
 - Eine Folgebeschallung wird in sehr halligen Räumen oder bei besonderen geometrischen Verhältnissen eingesetzt. (9.5)
 - Eine Frontal- oder Portalbeschallung ist eine weitere Variante, welche bei bestimmten geometrischen Randbedingungen realisiert wird. (9.6)
 - Eine Deckenbeschallung (z.B. Einbau der Lautsprecher in eine abgehängte Decke) sollte nur bei niedrigen Räumen verwendet werden. (9.7)
 - Eine Beschallungsanlage muss möglichst einfach aufgebaut werden. Sie enthält also nur die unbedingt notwendigen Geräte. (8)
 - Lautsprecher müssen speziell für ihre Aufgabe der Sprachbeschallung ausgewählt werden. Je nach Raumgeometrie und raumakustischen Verhältnissen ist ein anderer Lautsprechertyp optimal. Musikkautsprecher eignen sich in der Regel nicht. (8.2)
 - Auch die Mikrofone sind für die jeweilige Situation auszuwählen. (8.3)
 - Effektgeräte wie Klangverbesserer, Sprachverbesserer, Harmonizer etc. sind unnötig. Sie führen sogar oft zu einer Verschlechterung der Ergebnisse. (8.4)
 - Bei sehr schwierigen Situationen können spezielle Feedback-Eliminatoren zur Verbesserung der maximal erreichbaren Verstärkung eingesetzt werden. (8.4)
 - Das Sprechen mit dem Mikrofon erfordert eine grosse Disziplin. Sprecherinnen und Sprecher sind entsprechend zu instruieren. Für Personen, die häufig vor Publikum sprechen, sind spezielle Kurse zu empfehlen. (10.1)
 - Je nach Grösse der Anlage müssen zwei, drei oder mehrere Personen über die richtige Einstellung der Anlage instruiert werden. (10.2)
 - In den eingangs erwähnten Räumen muss eine spezielle Übertragungsanlage für Hörbehinderte installiert werden. In der Regel ist das Prinzip der induktiven Höranlage der Übertragung mit Infrarot oder Funk vorzuziehen. Dabei müssen unbedingt einige Grundregeln beachtet werden, die in der Empfehlung aufgeführt sind. (13)

Impressum

©2001, Schweizerische Gesellschaft für Akustik SGA

Ausgabe Januar 2001

Diese Empfehlungen werden herausgegeben von der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik SGA. Von dieser Schrift existiert auch eine französische Fassung. Die Empfehlungen wurden verfasst von der Arbeitsgruppe Beschallung mit den Mitgliedern

Kurt Eggenschwiler, Dipl. Akustiker SGA, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA, Abt. Akustik/Lärmbekämpfung, Dübendorf
(Vorsitz)

Victor Desarnaulds, Dipl. Akustiker SGA, Ingenieurbüro G. Monay, Lausanne

Thomas Imhof, Dipl. Akustiker SGA, Imhof Akustik AG, Speicher

Walter Köller, Dipl. Akustiker SGA, AAB - J. Stryjenski & H. Monti, Genève

David Norman, David Norman Audio Consulting, Ipsach

unter Mitarbeit von

Karl Baschnagel, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
EMPA, Abt. Akustik/Lärmbekämpfung, Dübendorf



Swiss Acoustical Society
Société Suisse d'Acoustique
Schweizerische Gesellschaft für Akustik
Società Svizzera di Acustica
c/o Suva Akustik, Luzern

Schweizerische Gesellschaft für Akustik, SGA-SSA
c/o Bereich Akustik Suva
Postfach 4358
6002 Luzern
Fax 041 419 62 13
Homepage: www.sga-ssa.ch Email: info@sga-ssa.ch

Inhaltsverzeichnis

I		1
1	Einleitung	3
2	Geltungsbereich der Empfehlungen	4
3	Aufgaben von Beschallungsanlagen für Sprache	5
3.1	Der Unterschied von Beschallungsanlagen für Sprache und Musik	5
3.2	Die Sprachverständlichkeit	5
3.3	Anforderungen an Beschallungsanlagen für Sprache	7
II		9
4	Vorgehen bei Planung und Realisierung einer Beschallungsanlage	11
4.1	Überblick	11
4.2	Vorgehen	12
4.2.1	Partner bei Planung und Realisierung einer Beschallungsanlage	12
4.2.2	Pflichtenheft	12
4.2.3	Raumakustische Abklärungen	13
4.2.4	Konzept für Beschallung und Schwerhörigenanlage	13
4.2.5	Probebeschallung	13
4.2.6	Ausschreibung	14
4.2.7	Technische Kontrolle und Preisvergleich der Offerten	14
4.2.8	Realisierung	14
4.2.9	Abnahme der Anlage inkl. Überprüfung der Schwerhörigenanlage	14
5	Anforderungen an Beschallungsanlagen	15
5.1	Einleitung	15
5.2	Allgemeine Beschallungsanlagen	16
5.2.1	Einleitung	16
5.2.2	Raumakustische Voraussetzungen	16
5.2.3	Anforderungen an die Sprachverständlichkeit	16
5.2.4	Weitere Anforderungen und Empfehlungen	17
5.3	Notrufsysteme inkl. Anlagen mit Notruffunktion	21
6	Empfehlungen für bestimmte Typen von Beschallungsanlagen	22
6.1	Einleitung	22
6.2	Schulzimmer, kleines Auditorium	22
6.3	Mittleres und grosses Auditorien, Hörsaal	22
6.4	Mehrzwecksaal. Kombination Turnhalle/Mehrzwecksaal	24
6.5	Parlamentssaal	25

6.6	Kirchen	26
6.6.1	Raumakustik	26
6.6.2	Zentralbeschallung	26
6.6.3	Folgebeschallung	27
6.6.4	Nahbeschallung	29
6.6.5	Beschallung mit elektronisch gesteuerten Schallzeilen	29
6.6.6	Weitere Besonderheiten von Kirchen	31
6.7	Konzertsaal	31
6.8	Theater, Opernhaus	31
6.9	Bahnhofhallen, Flughafenhallen	31
6.10	Warenhaus, grössere Gaststätten	32
6.11	Museen, Ausstellungshallen	32
6.12	Sporthallen mit und ohne Publikumsbereiche	32
6.13	Räume für Massenveranstaltungen / Sportanlagen und grosse Stadien im Freien	32
6.14	Industrieanlagen	33
6.15	Übersicht	35

III 37

7 Umfeld der Beschallungsanlage 39

7.1	Einleitung	39
7.2	Beschallungsanlagen in Räumen: Raumgeometrie, Schallreflexionen und Nachhall	39
7.2.1	Einleitung	39
7.2.2	Volumen	39
7.2.3	Raumgeometrie	40
7.2.4	Raumakustik und Sprachverständlichkeit	40
7.2.5	Bemerkung zur Planung von Beschallungsanlagen in Räumen	40
7.3	Beschallungsanlagen im Freien	41
7.4	Störgeräusche	41

8 Bausteine der Beschallungsanlage 42

8.1	Einleitung	42
8.2	Lautsprecher	43
8.2.1	Einleitung	43
8.2.2	Kompaktlautsprecher	44
8.2.3	Hornlautsprecher	44
8.2.4	Basslautsprecher	47
8.2.5	Zeilenlautsprecher	47
8.2.6	Elektronisch gesteuerte Zeilenlautsprecher	48
8.3	Mikrofone	50
8.3.1	Einleitung	50
8.3.2	Kabelgebundene Mikrofone	50
8.3.3	Kabelfreie Mikrofone - Funkmikrofone	52
8.3.4	Richtige Anordnung von Mikrofonen	54
8.4	Weitere elektroakustische Komponenten	55
8.4.1	Einleitung	55
8.4.2	Mikrofonvorverstärker	56
8.4.3	Mischverstärker	56
8.4.4	Mischpulte	57
8.4.5	Equalizer	57

8.4.6	Frequenzweichen	57
8.4.7	Zeitverzögerung (Time Delay)	57
8.4.8	Klangverbesserer, Sprachverbesserer, Harmonizer	57
8.4.9	Digitalmatrix	58
8.4.10	Feedback-Eliminator	58
8.4.11	Leistungsverstärker	58
8.4.12	100V Systeme / niederohmige Systeme	58
9	Beschallungsvarianten	60
9.1	Einleitung	60
9.2	Zentralbeschallung mit einer einzigen Lautsprecherposition	60
9.3	Zentralbeschallung mit Unterstützungslautsprecher	61
9.4	Direkt- oder Nahbeschallung	61
9.5	Folgebeschallung	62
9.6	Frontal- oder Portalbeschallung	63
9.7	Deckenbeschallung	63
9.8	Beschallung im Freien	64
10	Betrieb der Beschallungsanlage	65
10.1	Sprechen mit dem Mikrofon	65
10.2	Bedienung der Beschallungsanlage	66
IV		67
11	Berechnung von Beschallungsanlagen	69
11.1	Raumakustik	69
11.2	Beschallungsanlage	69
12	Definition der akustischen Messgrößen / Akustische Messtechnik für Beschallungsanlagen	71
12.1	Sprachverständlichkeit	71
12.1.1	Einleitung	71
12.1.2	Messung der Verständlichkeit durch Befragungen	71
12.1.3	Physikalische Masse für die Sprachverständlichkeit	72
12.1.4	Messung der Sprachverständlichkeit zur Überprüfung der Anforderungen	73
12.2	Schalldruckpegel / Verstärkung	75
12.2.1	Schalldruckpegel	75
12.2.2	Verstärkung und maximal mögliche Verstärkung	76
12.2.3	Pegel des Direktschalls	76
12.3	Wiedergabefrequenzgang	76
12.4	Messung der Nachhallzeit	77
12.5	Hörversuche	78
12.5.1	Allgemeine Hörversuche	78
12.5.2	Befragungen	78
V	Induktive Höranlagen für Schwerhörige	79
13	Induktive Höranlagen für Schwerhörige	81
13.1	Einleitung	81
13.2	Anforderungen	82

13.3 Planung	83
VI Anhang	85
A Beispiel eines Pflichtenhefts einer Beschallungsanlage	87
B Beispiel eines Ausschreibungstexts für eine Beschallungsanlage	88
C Weiterführende Literatur / Quellennachweis	94
C.1 Normen, Richtlinien, Verordnungen	95
C.2 Fachliteratur	96
C.3 Quellennachweis der Abbildungen	96

Teil I

Kapitel 1

Einleitung

Sprachbeschallungen in Räumen und im Freien sind auch heute noch häufig unbefriedigend, obwohl meistens technisch hochwertige Komponenten eingesetzt werden. Leider wird dem Beschallungskonzept mit seinem Zusammenspiel von Nutzung, Raum- und Elektroakustik zu wenig Bedeutung beigemessen.

Die vorliegende Schrift soll Architekten und Bauherrschaften bei der Beschaffung von Beschallungsanlagen helfen. Es wird gezeigt, worauf es ankommt, damit eine maximale Sprachverständlichkeit erreicht wird - und dies bei guter Klangtreue und richtiger Ortung der Originalquellen. Die Schrift orientiert über das Vorgehen bei der Realisierung von Beschallungsanlagen und gibt Hinweise zum Pflichtenheft und zur Ausschreibung. Sie nennt Anforderungen, welche solche Anlagen erfüllen müssen.

Raumakustik und Beschallungskonzept dürfen nicht dem Zufall überlassen werden, sondern müssen von Beginn weg in die Planungsarbeit einbezogen werden. Auf diese Weise sind architektonisch befriedigende Lösungen möglich, so dass nicht am Schluss noch irgendwo ein Ort gefunden werden muss, wo noch Lautsprecher aufgepflanzt werden können. Für die Planung einer Beschallungsanlage sind frühzeitig kompetente und unabhängige Fachleute beizuziehen.

Die Schrift ist wie folgt aufgebaut:

- Teil I** Einleitung, Geltungsbereich. Übersicht zu den Aufgaben einer Beschallungsanlage.
- Teil II** Angaben zum Vorgehen bei der Planung und Realisierung von Beschallungsanlagen. Anforderungen an Beschallungsanlagen. Empfehlungen für bestimmte Typen von Beschallungsanlagen.
- Teil III** Allgemeine Erläuterungen zum Umfeld, zum Konzept und zu den Bausteinen einer Beschallungsanlage.
- Teil IV** Technische Hinweise zur Überprüfung der in Teil II gestellten Anforderungen.
- Teil V** Empfehlungen für Induktive Höranlage für Schwerhörige.
- Teil VI** Anhang.

Kapitel 2

Geltungsbereich der Empfehlungen

Die Empfehlungen gelten für die Sprachbeschallungen in Räumen wie

- Vortragssälen,
- Auditorien in Schulen,
- Mehrzwecksälen,
- Parlamenten, Konferenzsälen,
- Gerichten,
- Kirchen,
- Theatern, Opernhäusern und Konzertsälen,
- Museen und Ausstellungshallen,
- Sporthallen,
- Fabrikationsgebäuden,
- Bahnhof-, Flughafenhallen
und ähnlichen Räumen

sowie im Freien in

- Sportanlagen und Sportstadien
und ähnlichen Anlagen.

Die Empfehlungen gelten sowohl für feste als auch für mobile Beschallungsanlagen.

Als Spezialgebiet sind in diesen Empfehlungen auch die Anforderungen an induktive Höranlagen für Schwerhörige enthalten.

Ausgeschlossen von diesen Empfehlungen sind Anlagen zur Effektbeschallung in Theater und Opernhaus sowie Musikbeschallungsanlagen, eingeschlossen aber Anlagen zur Sprachbeschallung in diesen Räumen.

Kapitel 3

Aufgaben von Beschallungsanlagen für Sprache

3.1 Der Unterschied von Beschallungsanlagen für Sprache und Musik

Das von einer Beschallungsanlage für Sprache erzeugte Signal, kann unter anderem mit den Begriffen Hörbarkeit, Lautstärke, Klangqualität und Klarheit oder Deutlichkeit beschrieben werden.

Zu diesen Begriffen herrscht oft eine gewisse Verwirrung. Es wird die Hörbarkeit, die Lautstärke oder der gute Klang verwechselt mit der Klarheit, der Deutlichkeit und damit der Sprachverständlichkeit. Die Sprachverständlichkeit kann aber schlecht sein, auch wenn das Signal als gut hörbar, genügend laut und klanglich natürlich empfunden wird.

Eine Beschallungsanlage für Sprache hat aber die eindeutige Aufgabe, im Publikumsbereich eine gute Sprachverständlichkeit zu erreichen.

Möglicherweise kommt die Verwirrung daher, dass die Anforderungen für Musik und Sprache gleich gesetzt werden. Sie sind aber recht verschieden. So ist z.B. bei der Musik die Übertragung der tiefen Frequenzen (Bässe) sehr wichtig, bei Sprachbeschallungen dagegen schädlich. Um eine gute Sprachverständlichkeit zu gewährleisten ist eine gute Bündelung des Schalls durch die Lautsprecher für Sprache ausserordentlich wichtig. Für allgemeine Musikbeschallungen sind in dieser Beziehung eher Kompromisse möglich.

In der Regel können damit die beiden Aufgaben nicht mit den gleichen Lautsprechern oder der gleichen Anlage mit für beide Bedürfnisse hoher Qualität gelöst werden. Primär soll die Beschallungsanlage im Sinne dieser Empfehlung deshalb für die Beschallung von Sprache dimensioniert werden. Wenn auf diese Weise auch eine Musikbeschallung möglich ist, ist dies zu begrüßen. In der Regel erfordert eine hochstehende Musikbeschallung aber zusätzliche Lautsprecher und weitere elektronische Komponenten.

3.2 Die Sprachverständlichkeit

Was versteht man unter dem Begriff Sprachverständlichkeit? Welche Faktoren beeinflussen die Sprachverständlichkeit?

Der Begriff Sprachverständlichkeit ist natürlich selbsterklärend. Die Frage ist, wie die Sprachverständlichkeit einer Beschallungsanlage zu beurteilen ist. Wie weiter oben erwähnt, wird die Sprachverständlichkeit oft verwechselt mit der Hörbarkeit, der Lautstärke und der Klangqualität. Wenn eine Beschallungsanlage natürlich klingt und eine genügende Lautstärke produziert, sind wir oft versucht, gleichzeitig die Sprachverständlichkeit als gut zu bezeichnen. Wären wir ehrlich, oder hätten wir Möglichkeiten zum Vergleich, müssten wir zugeben, dass unser Urteil oft falsch ist. Zuverlässigere Aussagen zur Sprachverständlichkeit lassen sich über Messungen durch gezielte Befragung oder am besten mit akustischen Messgeräten gewinnen.¹

Folgende Faktoren beeinflussen die Sprachverständlichkeit und müssen deshalb bei der Planung einer Beschallungsanlage berücksichtigt werden:

Raumakustische Verhältnisse in Räumen. Je länger der Nachhall in Räumen, umso schlechter wird die Sprachverständlichkeit. Für eine gute Sprachverständlichkeit ist ein kurzer Nachhall erforderlich.

Echos. In Räumen und im Freien sind Echos möglich. Sie vermindern die Sprachverständlichkeit und sollten deshalb unterbunden werden.

Mikrofone und Lautsprecher. Die Wahl der richtigen Mikrofone und Lautsprecher und deren richtige Position sind entscheidend für das Erreichen einer guten Sprachverständlichkeit. Die Mikrofone sollen einen möglichst starken Anteil des Sprachsignals und möglichst wenig Nachhall oder Störgeräusche aufnehmen. Die Lautsprecher sind so zu dimensionieren, dass beim Empfänger der vom Lautsprecher abgestrahlte Schall im Verhältnis zum Nachhall des Raumes und zu den Störgeräuschen möglichst stark ist.

Störgeräusche. Je mehr die Sprache durch Störgeräusche verdeckt wird, um so mehr reduziert sich die Sprachverständlichkeit bis schliesslich die Sprache nicht mehr wahrnehmbar ist. Die Lautstärke der Sprache muss deshalb jene der Störgeräusche um ein gewisses Mass übertreffen.

Übertragungsbandbreite. Die meiste Information der Sprache liegt im Bereich mittlerer und höherer Frequenzen. Diese Tonhöhen müssen beim Empfänger unbedingt eintreffen. Der Tieftonbereich sollte dagegen eher abgeschwächt werden.

Verzerrungen. Schlechte elektronische und elektroakustische Komponenten der Beschallungsanlage können die Sprachverständlichkeit ebenfalls stark beeinträchtigen. Die Komponenten einer Anlage müssen Mindestanforderungen erfüllen.

Fähigkeiten der Sprechenden. Schlecht artikulierte Sprache, schnelles Sprechen in halligen Räumen und Verletzen der Regeln zum Besprechen eines Mikrofons können die Sprachverständlichkeit auch bei einer guten Anlage stark beeinträchtigen.

Hörvermögen und Aufmerksamkeit der Zuhörenden. Nicht alle Personen im Publikum haben ein gleich gutes Hörvermögen. Bei älteren Menschen ist das Gehör altersbedingt geschwächt. Hörgeräte verbessern die Hörfähigkeit, können aber die Fähigkeiten nicht zu 100% wieder herstellen.

¹Zur Messung der Sprachverständlichkeit: siehe 12.1.

3.3 Anforderungen an Beschallungsanlagen für Sprache

Für eine Beschallungsanlage für Sprache können zwei Aufgaben unterschieden werden, welche z.T. von der gleichen Anlage erfüllt werden können oder müssen:

- Normale Sprachübertragung
- Übertragung von Notrufen

Die Anforderung an die beiden Anlagentypen sind verschieden streng. Sie können aber grundsätzlich geordnet nach Priorität, wie folgt umschrieben werden:

Anforderungen an eine Beschallungsanlage für Sprache

- **Sprachverständlichkeit:**
Die Sprachverständlichkeit muss im ganzen Publikumsbereich möglichst gut, aber mindestens genügend sein. Bei Notrufanlagen ist ein klar definierter Mindestwert einzuhalten.
- **Lautstärke:**
Im ganzen Publikumsbereich ist eine genügende Lautstärke zu erreichen.
- **Lautstärkeverteilung:**
Der Schalldruckpegel darf im Publikumsbereich nicht zu stark variieren.
- **Klangqualität:**
Die Sprache soll mit möglichst natürlicher Klangqualität übertragen werden.
- **Ortung:**
Falls im gleichen Raum vorhanden, soll die Originalschallquelle akustisch dort lokalisiert werden, wo sie sich optisch befindet.

Weiter soll eine Beschallungsanlage auch in nicht-akustischen Belangen Anforderungen erfüllen:

- **Bedienung:** Die Anlage muss einfach zu bedienen sein.
- **Betriebssicherheit:** Notrufanlagen müssen besonders strenge Richtlinien zur Betriebssicherheit erfüllen.
- **Äussere Einflüsse:** Die Anlage muss unempfindlich sein gegenüber äusseren Einflüssen.
- **Ästhetik:** Die Lautsprecher und andere sichtbare Teile der Anlage sollen möglichst gut in die architektonische Umgebung integriert sein.

Teil II

Kapitel 4

Vorgehen bei Planung und Realisierung einer Beschallungsanlage

4.1 Überblick

Die Planung und die Realisierung einer Beschallungsanlage für Sprache ist eine anspruchsvolle Aufgabe, welche weder mit Allgemeinwissen über Hifi-Anlagen noch mit Spezialwissen über Musikbeschallung gelöst werden kann. Planer und Unternehmer von Musikbeschallungen benötigen auf ihrem Gebiet zweifellos auch über profunde Fachkenntnisse. Diese lassen sich jedoch nicht direkt für die Sprachbeschallung übernehmen.

Für die Planung sind unabhängige Beschallungsingenieure mit vertieften Kenntnissen zur Sprachbeschallung gefordert. Auch die Realisierung der Anlage erfordert genügend Erfahrung in diesem Gebiet.

Leider beschränkt man sich bei Sprachbeschallungsanlagen in der Regel auf zwei Schritte: Ausschreibung und Realisierung. Aus Erfahrung muss aber dringend empfohlen werden, sich auch der Planung solcher Aufgaben mit professioneller Sorgfalt anzunehmen. Die folgenden Schritte zur Realisierung einer Beschallungsanlage werden im nächsten Abschnitt diskutiert:

- **Pflichtenheft** erstellen mit Hilfe aller Nutzer.
- **Raumakustik** abklären. Ev. Ergreifen von raumakustischen Massnahmen.
- **Konzept der Anlage** auf Grund von Pflichtenheft, Raumgeometrie und Raumakustik (Beschallung und Schwerhörigenanlage).
- **Eventuell Probebeschallung** mit einem Vergleich verschiedener Konzepte und Produkte mit messtechnischer Begleitung.
- **Ausschreibung**.
- **Vergleich der Offerten** (inkl. technische Überprüfung).
- **Realisierung**.
- **Abnahme der Anlage** inkl. Überprüfung der Schwerhörigenanlage, möglichst mit Messungen.

4.2 Vorgehen

4.2.1 Partner bei Planung und Realisierung einer Beschallungsanlage

Bauherrschaft: Entscheidet unter Einbezug der anderen Partner.

Nutzer: Oft heterogen zusammengesetzte Gruppe mit verschiedenen, manchmal gegensätzlichen Ansprüchen.

Akustiker: Unabhängige Fachleute, welche kompetent über Raumakustik, Bauakustik und Störgeräusche befinden und Vorschläge zur Verbesserung der Situation machen können¹.

Beschallungsingenieur: Unabhängige Fachleute, welche kompetent ein Konzept einer Beschallungsanlagen mit Hilfe von Berechnungsverfahren, wie Simulationen auf dem Computer, erstellen können und in der Lage sind, eine Ausschreibung einer Beschallungsanlage zu verfassen. Die Funktion von Akustiker und Beschallungsingenieur kann in einer Fachperson vereinigt sein².

Unternehmer: Beschallungsfirma, welche auf Grund der Ausschreibung eine Beschallungsanlage offerieren und fachgerecht erstellen kann.

Architekt: Zuständig für die gestalterischen Aspekte der Beschallungsanlage.

4.2.2 Pflichtenheft

Ohne Pflichtenheft wird die Anlage am echten Bedürfnis vorbei geplant. Entweder entstehen dadurch zu hohe Kosten durch unnötige Komponenten, oder die Anlage erfüllt nur einen Teil der Bedürfnisse. Pflichtenhefte werden von Fall zu Fall sehr unterschiedlich sein. Sie sollen aber immer die Erwartungen der Nutzer enthalten.

Je nach Raum werden sich spezielle Probleme ergeben. In Kirchen wird sich z.B. die Gemeinde einigen müssen, wie stark in bezug auf die Raumakustik Musik und Sprache gewichtet werden sollen. In Mehrzwecksälen ist die breite Palette von möglichen Veranstaltungen abzudecken und zu beschreiben. In Räumen mit besonderen architektonischen Anforderungen (z.B. Denkmalschutz) sind entsprechende Bemerkungen ins Pflichtenheft aufzunehmen.

Das Pflichtenheft ist in der Sprache der Nutzer verfasst. Es ist aber von grossem Vorteil, wenn im Pflichtenheft die Anforderungen konkret beschrieben werden, so wie dies in Kapitel 5 ausgeführt wird. Für die akustischen Anforderungen ist es wichtig festzulegen, bei welchem Grad der Besetzung mit Publikum und bei welchem Störgeräuschpegel die Anforderungen gelten. Dabei ist darauf zu achten, dass die gestellten Anforderungen messtechnisch kontrolliert werden können. Allenfalls müssen verschiedene Zustände definiert werden. In Abschnitt 5.1 und 12.1.4 sind weitere Ausführungen zu diesen Fragen gemacht.

Im Anhang (Abschnitt 14.1 A) ist ein Beispiel eines Pflichtenhefts enthalten.

Beteiligte: Bauherrschaft, Nutzer, Architekt, ev. Schwerhörigenverein, ev. unabhängiger Beschallungsplaner.

¹Akustiker mit dem Diplom *dipl. Akustiker SGA* haben eine Prüfung der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik SGA bestanden. Dipl. Akustiker SGA mit dem geprüften Schwerpunktsthema Raumakustik verfügen über das notwendige Rüstzeug für die hier verlangte Aufgabe.

²Für diese Aufgabe kommen z.B. dipl. Akustiker SGA mit den geprüften Schwerpunktsthemen Elektroakustik und Raumakustik in Frage.

4.2.3 Raumakustische Abklärungen

Im Idealfall werden bereits beim Entwurf des Raumes die Raumakustik und die Beschallung mit einbezogen und den Bedürfnissen angepasst. Bei der Planung von Beschallungsanlagen für bestehende Räume sind die raumakustischen Eigenschaften am besten mit Hilfe akustischer Messungen zu analysieren: Erfüllt der Raum die Anforderungen für Sprache? Gibt es akustische Fehler wie Echos, Flatterechos?

In besonderen Räumen wie Kirchen müssen Kompromisse in Übereinstimmung mit dem Pflichtenheft gemacht werden. Wenn nötig und baulich/architektonisch möglich müssen spezielle raumakustische Massnahmen realisiert werden, wie z.B. schallabsorbierende Sitzkissen in Kirchen, absorbierende Flächen, schallstreuende Flächen.

Beteiligte: Akustiker, Bauherrschaft, Architekt.

4.2.4 Konzept für Beschallung und Schwerhörigenanlage

Auf der Basis der raumakustischen und geometrischen Randbedingungen und dem Pflichtenheft kann nun ein Konzept für die Beschallung und die Schwerhörigenanlage erstellt werden. Dabei werden je nach Schwierigkeitsgrad die entsprechenden Werkzeuge eingesetzt, wie z.B. Computersimulation.

Es werden die folgenden Grundlagen erarbeitet:

- Spezifikation der Lautsprecher wie Richtcharakteristik, Bündelungsgrad, Leistung, Frequenzgang, etc.
- Anordnung und Ausrichtung (Winkel: horizontal, Neigung, Rotation) der Lautsprecher.
- Ansteuerung der Lautsprecher u.a. für verschiedene Betriebszustände.
- Blockdiagramm der Beschallungsanlage.
- Spezifikation der notwendigen elektroakustischen Bausteine.
- Beschreibung der Bedienung/Steuerung der Anlage.
- Geometrie der Induktionsschleife der Höranlage für Schwerhörige.

Beteiligte: unabhängiger Beschallungsplaner.

4.2.5 Probebeschallung

In bestehenden Räumen kann es bei speziellen akustischen oder gestalterischen Problemen sinnvoll sein, eine Probebeschallung durchzuführen. Sie ist zwar aufwändig, ermöglicht aber einen echten Vergleich von Varianten durch akustische Messungen und zeigt der Bauherrschaft die Qualität der Anlagevarianten akustisch und optisch. Der Vergleich der Anlagen hat primär mit messtechnischen Mitteln zu erfolgen! Es sind mindestens Messungen der Sprachverständlichkeit, der maximal möglichen Verstärkung und der Klangqualität an einer genügenden Anzahl von Plätzen durchzuführen. Eine Befragung von Zuhörern ist möglich und wäre eigentlich auch sinnvoll. Nur ist ein solches Vorgehen ausserordentlich aufwändig und sehr anfällig für Fehler.

Beteiligte: Unabhängiger Beschallungsplaner, Bauherrschaft, Nutzer, Architekt, Unternehmer.

4.2.6 Ausschreibung

Mit den bis jetzt gewonnenen Grundlagen kann die Ausschreibung der Anlage erfolgen. Sie enthält die notwendigen Komponenten und Optionen. Der Ausschreibungstext enthält klar die (überprüfbar) Anforderungen die an die Anlage gestellt sind (z.B. Sprachverständlichkeit, verzerrungsfreie Wiedergabe von lauter Sprache etc.). Der Ausschreibungstext kann verschieden stark detailliert sein. Grundlegend ist die Festlegung der wichtigsten Eigenschaften der Anlage, so dass die Unternehmer vergleichbare Angebote einreichen können.

Hauptelemente der Ausschreibung sind:

- Technische Spezifikation der Geräte, ev. mit vorgeschlagenem Typ.
- Prinzipschema der Anlage mit Erläuterung zur Bedienung und Steuerung.
- Anforderungen an die Installation.
- Regelung der bauseitigen Leistungen.
- Anforderung an Eingabe der Ausschreibung, wie z.B. Umfang der technischen Daten zu den einzelnen Bausteinen, Nachweis bestimmter Eigenschaften bei Verwendung von ungewöhnlichen Komponenten etc.

Ein Beispiel einer Ausschreibung findet sich in Anhang B.

Beteiligte: Unabhängiger Beschallungsplaner, Bauherrschaft, Architekt, Unternehmer.

4.2.7 Technische Kontrolle und Preisvergleich der Offerten

Je nach dem, wie offen die Ausschreibung formuliert wurde, muss beim Vergleich der Offerten eine technische Überprüfung auf Grund der eingereichten technischen Daten und Gerätebeschreibungen durchgeführt werden.

Beteiligte: Unabhängiger Beschallungsplaner, Architekt.

4.2.8 Realisierung

Der Einbau der Anlage muss auf jeden Fall durch einen fachkundigen Unternehmer erfolgen. Für das Einmessen der Anlage ist je nach Grösse der Anlage ein Spezialist beizuziehen. Das sorgfältige Einstellen der Anlage ist die Voraussetzung für ein fehlerfreies Funktionieren in allen Betriebszuständen. Das Einmessen der Anlage wird protokolliert. Die Protokolle werden dem Manual der Anlage beigelegt.

Beteiligte: Unternehmer, Architekt, ev. unabhängiger Beschallungsplaner.

4.2.9 Abnahme der Anlage inkl. Überprüfung der Schwerhörigenanlage

Die Erfahrung zeigt, dass eine technische Abnahme der Anlage zu empfehlen ist. Bei der Abnahme werden die gestellten Anforderungen messtechnisch überprüft. Wenn die Anlage nicht (richtig) funktioniert, sind die Mängel zu dokumentieren und Massnahmen einzuleiten.

Beteiligte: Unabhängiger Beschallungsplaner, Architekt, Unternehmer, Bauherrschaft.

Kapitel 5

Anforderungen an Beschallungsanlagen

5.1 Einleitung

Die Anforderungen werden im folgenden unterteilt in einen Abschnitt über allgemeine Anlagen (5.2) und einen Abschnitt über Notrufsysteme (5.3) .

Notrufsysteme haben spezifische Anforderungen zu erfüllen, welche in einer internationalen Norm beschrieben sind. Die Anforderungen werden in diesen Empfehlungen nicht im Detail wiedergegeben, sondern zusammenfassend und hinweisend im Abschnitt 5.3 aufgeführt. Die Anforderungen für allgemeine Anlagen sind in Abschnitt 5.2 in gewissen Belangen ausführlicher dargestellt. Die zusätzlich dargestellten Punkte gelten im Sinne dieser Empfehlungen aber auch für Notrufsysteme, wenn sie nicht im Widerspruch zur erwähnten Norm stehen!

Es ist wichtig, dass die Anforderungen messtechnisch kontrolliert werden können. Die Werkzeuge dazu sind in Kapitel 12 dargestellt. Die Anforderungen sind deshalb mit Vorteil so zu definieren, dass Messungen unter den entsprechenden Bedingungen wirklich durchgeführt werden können oder die Messwerte umgerechnet werden können, wenn eine Umrechnung überhaupt möglich ist. Die Regeln der Umrechnung sind zum voraus festzulegen. Es sind vor allem zwei Parameter festzulegen, unter denen die Anforderungen gelten.

Grad der Besetzung mit Publikum Besonders in Räumen spielt es eine Rolle, ob die Publikumsfläche vollständig oder nur wenig besetzt ist. Im ersten Fall ist die Nachhallzeit kürzer und die Sprachverständlichkeit besser, im zweiten verhält es sich umgekehrt. Entsprechend sind Messwerte unterschiedlich. Da in praktisch allen Räumen häufig Veranstaltungen vor wenig Publikum abgehalten werden, wird empfohlen, die Anforderungen für den schwach besetzten Zustand zu definieren. Akustisch kann eine schwach besetzter Raum dem unbesetzten gleich gesetzt werden. Damit können die Anforderungen durch Messungen im unbesetzten Raum kontrolliert werden.

Pegel des Störgeräusches Es muss festgelegt werden, bei welchem Störgeräuschpegel die Anforderungen erfüllt sein müssen. Eine messtechnische Kontrolle unter den definierten Bedingungen ist aber oft sehr schwierig. Die Kontrolle wird deshalb unter Bedingungen ohne Störgeräuschpegel durchgeführt und der Einfluss des Störgeräusches rechnerisch berücksichtigt.

Allenfalls müssen die Anforderungen auch für verschiedene Zustände definiert werden.

5.2 Allgemeine Beschallungsanlagen

5.2.1 Einleitung

Es ist nicht ganz klar, wo der Geltungsbereich der in Abschnitt 5.3 erwähnten Norm SN EN 60849:1998 / IEC 60849:1998, (Tonsysteme für Notrufzwecke) endet. Schliesslich richtet sich jede Beschallungsanlage für Sprache an eine grössere Ansammlung von Personen, wo ein Bedarf für eine Notrufmeldung möglich ist. Trotzdem gibt es unterschiedlich starke Gefahrensituationen. So wird in allgemeinen Räumen für kleinere Veranstaltungen eine Beschallungsanlage die oben erwähnte Norm nicht in jedem Detail einhalten müssen. Die Übernahme der in dieser Norm festgelegten Anforderungen für die Sprachverständlichkeit scheint aber für die meisten Räume angemessen. Sie müssen nur dort speziell diskutiert werden, wo sie allenfalls aus raumakustischen Gründen nicht erfüllt werden können und die Sicherheit auch ohne die Möglichkeit von Notdurchsagen gewährleistet ist.

Neben der Sprachverständlichkeit betreffen wichtige Anforderungen die Pegelverteilung, die Klangqualität und die Ortung der Schallquelle und nicht zuletzt jene in bezug auf die Raumakustik.

5.2.2 Raumakustische Voraussetzungen

Es ist einfacher, eine gute Beschallungsanlage zu realisieren, wenn der Raum die raumakustischen Anforderungen für Sprache erfüllt. Die raumakustischen Bedingungen werden in Abschnitt 7.2 diskutiert.

Räume für Sprache sollten die Anforderungen DIN-Norm 18041 (Hörsamkeit in mittleren und kleinen Räumen) erfüllen.¹ Die Grundlagen der akustischen Dimensionierung von Räumen für Sprache sind in Fasold W., Veres E., Schallschutz und Raumakustik in der Praxis beschrieben (siehe Literaturverzeichnis in Anhang C).

5.2.3 Anforderungen an die Sprachverständlichkeit

Wie in 5.2.1 erwähnt kann die Anforderung für die Sprachverständlichkeit ohne weiteres aus der in 5.3 diskutierten Norm übertragen werden.

Die Sprachverständlichkeit muss damit grösser oder gleich sein als 0.70 auf der sogenannten Common Intelligibility Scale CIS (CIS, siehe Abschnitt 12.1.3). Dies entspricht einem Wert von 0.50 auf der Skala des Speech Transmission Index STI. Der STI muss also gleich oder grösser sein als 0.50. Der ebenfalls gebräuchliche Articulation Loss of Consonants Alcons muss kleiner sein als 12%.

$STI \geq 0.50$
$CIS \geq 0.70$ also z.B.
$Alcons < 12\%$

Das Verfahren zur Überprüfung der Anforderungen ist in Abschnitt 12.1.4 der vorliegenden Schrift beschrieben.

Es gibt Räume, in denen es nicht einfach ist, diese Anforderungen auf allen Plätzen einzuhalten. Dazu gehören z.B. Kirchen und Konzerträume. Es ist aber so, dass die Verständlichkeit der Sprache auch mit tieferen Werten noch gegeben sein kann. Allerdings werden dann an die Sprechweise und an das Publikum erhöhte Anforderungen gestellt. Es muss relativ langsam und klar artikuliert gesprochen

¹Die Norm befindet sich zur Zeit in Revision.

werden. Je tiefer die Werte für die Sprachverständlichkeit sind, um so mehr Personen werden das Gesprochene nur noch annähernd verstehen. Dazu gehört zuerst der Kreis der Personen, die wegen ihres Alters oder wegen Krankheit oder Unfall ein vermindertes Hörvermögen haben, aber auch Personen mit Hörgeräten.

In solchen Situationen ist vorerst abzuwägen, ob die schlechte Sprachverständlichkeit aus Sicht der Sicherheit toleriert werden kann. Dann muss entschieden werden, wie gross der Personenkreis sein darf, für den die gesprochene Sprache nur schwer verständlich ist. Allenfalls ist der Betrieb so einzurichten, dass die besseren Plätze bevorzugt mit Publikum besetzt werden. Ein Wert von

$$\text{CIS} = 0.65 \text{ resp. STI} = 0.45$$

liegt auf der Grenze zu unbefriedigender Sprachverständlichkeit und kann in Kirchen gerade noch akzeptiert werden.

Werte von $\text{CIS} = 0.60$, resp. $\text{STI} = 0.40$ findet man in Kirchen zwar häufig. Aber unter diesen Umständen sind die Bedingungen auch bei guter Sprachdarbietung und aufmerksamem Publikum mit normalem Gehör zu stark erschwert.

Die oben genannten Anforderungen gelten auch für Situationen mit den in der betreffenden Situation üblicherweise auftretenden Störgeräuschen. Das heisst, dass eine Beschallungsanlage dann durch Erhöhung der Lautstärke die entsprechenden Sprachverständlichkeitswerte immer noch gewährleisten muss, ohne dass Rückkopplung auftritt.

5.2.4 Weitere Anforderungen und Empfehlungen

Pegel und die Pegelverteilung

In Situationen ohne Störgeräusch sollte ein Mindestpegel der Sprache von 65 - 75 dB(A) auf allen Plätzen gewährleistet sein². Dazu muss noch eine Reserve einge-rechnet werden für seltene Spitzen. Selbstverständlich muss beim Vorhandensein von Störgeräuschen das Sprachsignal entsprechend lauter sein. In der Regel wird eine genügende Sprachverständlichkeit erreicht, wenn das Sprachsignal 15 dB(A) lauter ist als das Störgeräusch. Dabei darf bei Anlagen, wo sich das Mikrofon im gleichen Raum wie die Lautsprecher befindet, keine starke Klangverfärbung und kein Pfeifen durch Rückkopplung auftreten.

Der erforderliche Pegel im Publikumsbereich ergibt sich allerdings als Folge aus den im vorherigen Abschnitt 5.2.3 aufgeführten Anforderungen an die Sprachverständlichkeit und dem Störgeräuschpegel unter denen diese Anforderungen erreicht werden muss! Es können deshalb an dieser Stelle keine konkreten Angaben zu diesen Werten gemacht werden. In Abschnitt 6.13 werden allerdings die in einer Britischen Norm geforderte Pegel für Sportstadien zitiert.

Der maximale Pegel des Nutzsignals darf selbstverständlich weder zu Verzerrungen der Gehörwahrnehmung, welche die Sprachverständlichkeit reduzieren, noch zu Gehörschädigung führen.

Für die Pegeldifferenz zwischen den verschiedenen Plätzen im Publikumsbereich werden in der Regel die folgenden Anforderungen gestellt:

$$\begin{aligned} \text{wünschenswerte Pegeldifferenz: } &\leq 6 \text{ dB(A)} \\ \text{auf jeden Fall: } &\leq 10 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

²Es wird dabei von einem Pegel von 66 dB(A) in 1m Abstand von der sprechenden Person ausgegangen. Der Abstand vom Mund zum Mikrofon muss der in der entsprechenden Situation übliche sein.

Die Pegel sollen also wenn möglich weniger als ± 3 dB(A), schwanken. Maximal zugelassen sind ± 5 dB(A).

Die Anforderungen können messtechnisch einfach mit einem Schallpegelmessgerät überprüft werden (siehe 12.2).

In Räumen oder Anlagen im Freien mit besonderen Ansprüchen sollte die wünschenswerte Pegeldifferenz in bezug auf den Pegel des *Direktschalls* definiert werden. Die wünschenswerte Pegeldifferenz sollte weniger als 3 dB im Bereich 1 kHz bis 5 kHz sein. Die Kontrolle kann nur durch Messen der Raumimpulsantwort mit der Beschallungsanlage erfolgen.

Die Überprüfung der zuletzt genannte Anforderung ist messtechnisch etwas aufwändiger (siehe 12.2.3).

Es muss betont werden, dass die hier aufgeführten Anforderungen in einem gewissen Sinn sekundär sind. Die in Abschnitt 5.2.3 vorgeschriebene Sprachverständlichkeit kann unter den üblichen Störgeräuschsituationen nur erfüllt werden, wenn die Anlage in bezug auf den Pegel richtig dimensioniert ist.

Klangqualität

Zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit ist es wichtig, die Pegel der tiefen Frequenzen abzusenken. Bei hohem Störgeräuschpegel und/oder langem Nachhall kann es notwendig werden, die Pegel im Bereich 1000 - 2000 Hz anzuheben (Präsenzanhebung). Damit wird z.B. die Sprache der Beschallungsanlage deutlicher aus einem Stimmengewirr hervorgehoben, womit die Aufmerksamkeit des Publikums mehr geweckt wird.

Die Klangqualität ist durch Hörversuche und Messungen zu beurteilen. Die Sprache soll möglichst natürlich klingen. Für die messtechnische Überprüfung, empfiehlt sich die Vorgabe eines Toleranzfeldes für den Frequenzgang der Anlage.

Bei Anlagen mit grösserem Gewicht auf die Klangqualität und weniger Problemen mit der Sprachverständlichkeit kann der Toleranzbereich gemäss Abb. 5.1 eingestellt werden.

Bei Anlagen, bei denen es öfters zu nahem Besprechen der Mikrofone kommt, und bei denen erhöhte Anforderungen an die Sprachverständlichkeit gelten, empfiehlt sich eine Präsenzanhebung gemäss Abb. 5.2. Der Toleranzbereich ist so bemessen, dass auch bei nahem Besprechen des Mikrofons keine Betonung der tiefen Frequenzen auftritt.

Das Toleranzfeld gilt für Messungen mit elektrischer Einspeisung in den Mikrofoneingang als Mittelwert einiger repräsentativer Messpunkte im Publikumsbereich. Die Anforderungen kann messtechnisch gemäss Abschnitt 12.3 überprüft werden.

Akustische Ortung der Schallquelle

Wenn immer möglich, sollten die akustischen Quellen dort lokalisiert werden können, wo sie sich tatsächlich und in der Regel auch visuell befinden.

Um dieses Ziel zu erreichen, müssen bei Anlagen mit mehreren, weiter voneinander entfernten Lautsprechern die Signale zeitlich verzögert werden (siehe auch Abschnitt 8.4.7).

Die Anforderung ist mit Hörversuchen zu kontrollieren.

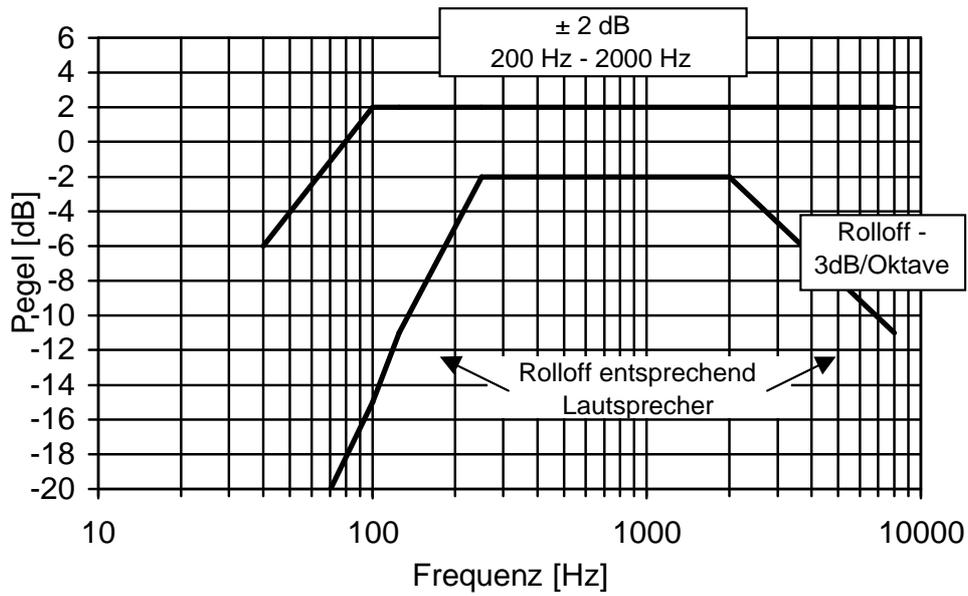


Abbildung 5.1: Typisches Toleranzfeld des Frequenzgangs für Situationen mit weniger Problemen mit der Sprachverständlichkeit (in Anlehnung an Peter Mapp, The Audio System Designer, Klark Technik).

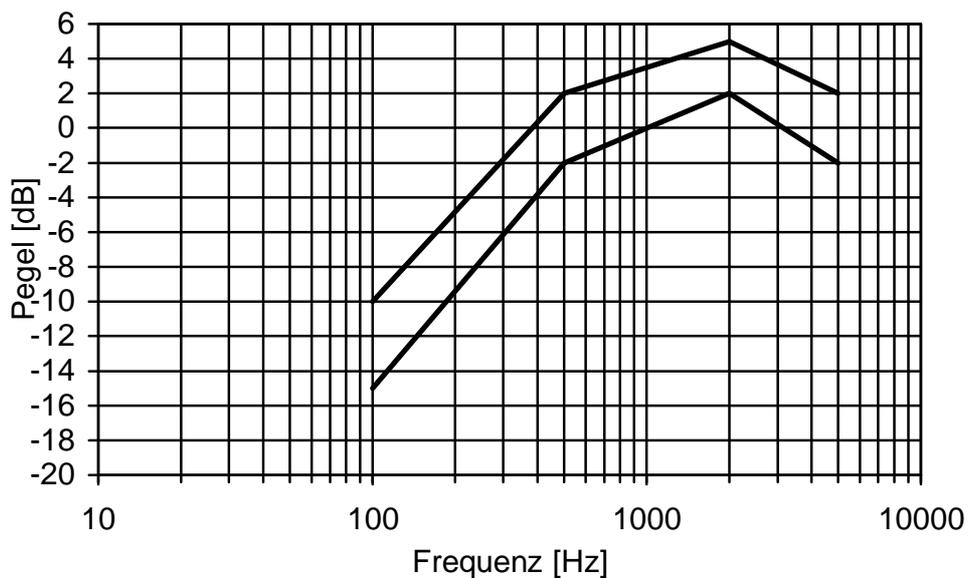


Abbildung 5.2: Toleranzfeld des Frequenzgangs für Situationen mit hohem Störgeräuschpegel und langem Nachhall

Anforderungen an die Komponenten der Beschallungsanlage

- Die Mikrofoneingänge müssen übersteuerfest sein: Bei sehr lauter Sprache und Mikrofon-Lippen-Kontakt dürfen keine Übersteuerungen auftreten.
- Bei Mikrofoneingängen für Sprache sind unbedingt Klangregler vorzusehen. Sie dürfen aber im Normalbetrieb nicht verstellt werden können.
- Die ganze Anlage ist so auszuführen, dass sie unempfindlich gegen äussere Einflüsse ist. Zu diesen Einflüssen gehören z.B. Einstrahlungen von der elektrischen Steuerung der Glockenläutanlage und anderen elektrischen Anlagen.
- Beim Ein- und Ausschalten der Anlage sollte kein Knacksen hörbar sein.
- Die Anlage soll keinen hörbaren Brumm und kein hörbares Rauschen aufweisen.
- Schalter und Regler, die im Normalfall nicht benutzt werden müssen, sind durch eine geeignete Abdeckung (auch visuell) vor unbefugter Betätigung zu schützen. Dies gilt insbesondere für Klangregler im Übertragungskanal für Sprache.
- Die Standardeinstellungen von Reglern und Schaltern sollte geeignet gekennzeichnet sein.
- Beim Aufhängen von Lautsprechern sind die üblichen Sicherheitsanforderungen zu erfüllen. Allenfalls ist die Mitarbeit kompetenter Fachleute erforderlich.

Layout/Bedienungsanleitung/Dokumentation

- Eine Beschallungsanlage soll den Nutzern ein möglichst einfache Bedienung ermöglichen. Das Layout der Bedienungselemente muss klar und logisch sein und sinnvoll beschriftet sein.
- Eine einfache Bedienungsanleitung gibt in wenigen Sätzen Anweisungen zum Einschalten und zum Betrieb der Anlage für einfache Anwendungen. Bestandteil dieser Anleitung sind, falls sinnvoll, entsprechende Markierungen bei Schaltern und Reglern.
- Eine ausführlicherer Anleitung erklärt weitere Betriebsarten.
- Die Bedienungsanleitung enthält auch einfache Verhaltensregeln für das Sprechen mit Mikrofon (siehe Abschnitt 10.1).
- Eine technische Dokumentation erklärt und dokumentiert die Anlage im Detail. Sie ist integraler Bestandteil der Anlage und muss bei der Abnahme der Anlage vorhanden sein. Die Dokumentation sollte in mehrfacher Ausführung gefertigt werden, wobei eine Kopie in der Nähe der Anlage deponiert sein muss (z.B. für spätere Servicearbeiten).

5.3 Notrufsysteme inkl. Anlagen mit Notruffunktion

Notrufsysteme haben erhöhte Anforderungen zu erfüllen. Sie sind in der Schweizer Norm

SN EN 60849:1998 / IEC 60849:1998 Tonsysteme für Notrufzwecke

detailliert aufgeführt. Dies betrifft z.B. Beschallungsanlagen in Räumen für Massenveranstaltungen, Ausstellungshallen, Hallen von Bahnhöfen und Flughäfen, Chemieanlagen, etc.

Die Norm kann in ihren wesentlichen Zügen auch auf Anlagen angewendet werden, welche nicht primär für Notrufe bestimmt sind, aber für eine grössere Ansammlung von Publikum funktionieren sollen.

Die Norm enthält die Anforderungen nach denen die Anlage gestaltet werden muss, damit Notrufe jederzeit am richtigen Ort ankommen und dort verstanden werden. Die Anlagen müssen auch unter erschwerten Bedingungen funktionieren. Dazu werden verschiedene Anforderungen an die Funktion und die Komponenten der Beschallungsanlage gestellt. Grosses Gewicht wird auf die Betriebssicherheit gelegt. Weiter werden Angaben über die Art und Weise und die Prioritäten von Alarmdurchsagen gemacht.

Ein zentraler Punkt der Norm ist die klare Anforderung an die zu erreichende Sprachverständlichkeit:

Die Sprachverständlichkeit muss grösser oder gleich sein als 0.70 auf der sogenannten Common Intelligibility Scale CIS (CIS, siehe 12.1.3). Die entspricht einem Wert von 0.50 auf der Skala des Speech Transmission Index STI. Der STI muss also gleich oder grösser sein als 0.50. Der ebenfalls gebräuchliche Articulation Loss of Consonants Alcons muss kleiner sein als 12%.

$STI \geq 0.50$
$CIS \geq 0.70$ also z.B.
$Alcons < 12\%$

Zum Vorgehen bei der Messung zur Überprüfung der Anforderungen gilt Annex B der eingangs erwähnten Norm. Das Verfahren ist auch in Abschnitt 12.1.4 der vorliegenden Schrift beschrieben.

In der Anforderung an die Sprachverständlichkeit ist der Einfluss des Nachhalls und des Störschalls berücksichtigt! Die Sprachverständlichkeitswerte müssen also auch bei den bei Notsituationen zur erwartenden Störschallpegeln eingehalten werden. Die Anlage muss so dimensioniert werden, dass die Durchsagen in der entsprechenden Lautstärke erfolgen können. In Industrieanlagen oder bei Sportveranstaltungen können die Störpegel sehr hoch sein. Sie sind durch Messungen oder Prognosen zu ermitteln.

Für die Schallpegel von Alarmsignalen sind in der Norm zusätzliche informative Angaben gemacht.

Kapitel 6

Empfehlungen für bestimmte Typen von Beschallungsanlagen

6.1 Einleitung

Die in Abschnitt 5 beschriebenen Anforderungen müssen je nach Art der Beschallung noch etwas umschrieben und präzisiert werden. Typisch sind die Probleme in Kirchen, wo wegen der oft langen Nachhallzeit und der gestalterischen Probleme eine ideale Beschallung sehr schwierig ist (siehe 6.6).

In Abschnitt 6.15 ist ein tabellarischer Überblick zu den in den folgenden Abschnitten aufgeführten Empfehlungen gegeben.

6.2 Schulzimmer, kleines Auditorium

In kleinen Räumen ist für die Sprache in aller Regel keine Beschallung notwendig. Falls dies aus irgend welchen Gründen trotzdem verlangt wird, kann ohne grosse Probleme eine Lösung gefunden werden. In der Regel wird eine Zentralbeschallung die besten Resultate bringen. Nur in sehr niedrigen Räumen muss eine andere Lösung gesucht werden. Voraussetzung für das gute Funktionieren sind gute raumakustische Verhältnisse. Wenn die Räume nach den Regeln der Raumakustik für Sprache ausgelegt werden, sind beste Verhältnisse garantiert (Anforderungen siehe 5.2.2).

6.3 Mittleres und grosses Auditorien, Hörsaal

Auch in grösseren Auditorien, Hörsälen, Kursräumen etc. ist die Raumakustik gemäss den in 5.2.2 erwähnten Anforderungen zu gestalten.¹ Aus raumakustischer Sicht sind unter diesen Bedingungen für die Beschallung beste Voraussetzungen gegeben. Leider werden immer mehr Hörsäle gebaut, welche zwar vielleicht in bezug auf die Nachhallzeit die Sollwerte erfüllen, aber in geometrischer Beziehung ungünstig sind: Sie sind z.B. zu breit und/oder zu niedrig. Dies ergibt in der Regel auch für die Beschallung Probleme.

Wie bei allen Räumen gilt auch bei diesem Raumtyp die Regel, dass die einfachste und beste Lösung die Zentralbeschallung ist (siehe auch Abschnitt 9.2).

¹Weitere Hinweise finden sich auch in Haase K., Senf, M., Materialien zur Hörsaalplanung.



Abbildung 6.1: Zentralbeschallung in einem Hörsaal des Kantonsspitals St. Gallen. Der Lautsprecher befindet sich im Bild links vom grossen Videobeamer an der Decke.



Abbildung 6.2: Hörsaal am Zahnärztlichen Institut des Universitätsspitals Zürich.

Ein Beispiel findet sich in Abb. 6.1. Wenn eine Zentralbeschallung nicht realisierbar ist, muss nach anderen Möglichkeiten gesucht werden, wie z.B. in Abb. 6.2 dargestellt. Wegen der niedrigen Deckenhöhe konnte in diesem Hörsaal keine Zentralbeschallung realisiert werden. Der Lautsprecher hätte zu einem Schattenwurf bei der Projektion mit dem Video-Beamer geführt. Zwei Hornlautsprecher sind

seitlich vorne montiert. Zur Unterstützung für den hinteren Teil des längeren Hörsaals ist ein Hornlautsprecher ohne Tieftonlautsprecher in der Mitte an der Decke platziert.

6.4 Mehrzwecksaal. Kombination Turnhalle/Mehrzwecksaal



Abbildung 6.3: Unsichtbare Zentralbeschallung im Stadthausaal Illnau-Effretikon. Von der zentralen Position in der Decke ist einer der Lautsprecher ins Parkett, der andere auf den Balkon gerichtet. Zusammen mit dem Tieftonlautsprecher ist die Anlage auch für die Übertragung von Musik geeignet. Die Lautsprecher sind im dunklen Deckenfeld eingebaut. An der gleichen Stelle befinden sich ferngesteuerte Verfolgerscheinwerfer.

Im Mehrzwecksaal wird leider oft die Beschallungsanlage für Musik dimensioniert und dann für Sprache mit benutzt. Auf diese Weise können für die Sprachverständlichkeit keine guten Verhältnisse erzielt werden.

Auch bei diesem Raumtyp ist die Anlage aber prioritär auf Sprache auszuliegen.

Eine gute Sprachbeschallungsanlage kann übrigens in der Regel mit geringem zusätzlichen Aufwand auch für eine gute Übertragung der Musik mit benutzt werden siehe (Abb. 6.3). In kleineren Gemeinden, wo die Mehrzweckhalle oft als Turnhalle genutzt wird, ist eine Lösung in diesem Sinne meistens gut zu realisieren.

In Turnhallen ist sind die Lautsprecher vor Ballwürfen geeignet zu schützen.

6.5 Parlamentssaal



Abbildung 6.4: Zentralbeschallung im Nationalratssaal in Bern.

Parlamente haben eigentlich den Vorteil, dass der Raum akustisch voll auf Sprache ausgerichtet werden könnte. In diesem Fall sind mit einer Zentralbeschallung oder bei Notwendigkeit mit anderen Konzepten gute Resultate zu erwarten. In der Regel wird die Planung einer Anlage aber dadurch sehr erschwert, dass

- der Störgeräuschpegel durch die Gespräche der Parlamentarier sehr hoch ist,
- die Parlamentarier von ihren Plätzen aus sprechen wollen
- und die Parlamente oft in historischen Räume tagen, in denen allfällige akustische Fehler wegen der Denkmalpflege nicht mehr behoben werden können.

Wenn alle diese Faktoren einen grossen Einfluss haben, können einigermassen gute Ergebnisse nur durch eine radikale Lösung erreicht werden: Im Sinne einer dezentralen Beschallung wird auf jedem Pult ein Lautsprecher angeordnet, der allerdings nicht durch die Akten verdeckt werden darf. Erschliessungszonen im Saal müssen auf andere Art versorgt werden.

Wenn diese Lösung nicht realisiert werden kann, muss mit Einbussen in bezug auf die Sprachverständlichkeit gerechnet werden. Es sind dann alle Mittel einzusetzen, welche die Situation einigermassen tolerierbar halten können, wie z.B. sehr stark richtende - und damit grosse - Lautsprecher, kostspielige Feedback-Eliminatoren modernster Technologie, etc. (siehe Abb. 6.4).

6.6 Kirchen

Siehe auch K. Eggenschwiler, K. Baschnagel. Aktuelle Problem der Kirchenakustik. SI+A, Nr. 25, 1999.

6.6.1 Raumakustik

Wegen der oft langen Nachhallzeit sind die akustischen Verhältnisse in Kirchen meistens recht schlecht geeignet für die Sprachbeschallung.² Es ist deshalb sehr wichtig, dass für die Planung der Anlage die raumakustischen Eckdaten bekannt sind.

Bei der Untersuchung der Raumakustik ist die Frage zu klären, ob die Verhältnisse allenfalls zu Gunsten der Sprache verbessert werden könnten. Dazu sind intensive Gespräche zwischen allen Nutzern, besonders den Musikern, und dem beratenden Akustiker notwendig.

Aus Abb. 6.5 kann abgelesen werden, dass sich die Nachhallzeit in in diesem Beispiel zwischen schwach besetzter und voll besetzter Kirche stark unterscheidet. Dies ist typisch für Kirchen.

Oft werden deshalb auf den Kirchenbänken **schallabsorbierende Sitzkissen** angebracht (Abb. 6.6). Durch eine geschickte Wahl von Schaumstoff, Vlies und Stoffüberzug kann eine gute Schallschluckwirkung erreicht werden. Die Sitzkissen ersetzen dann bis zu einem gewissen Grad - mindestens akustisch - die abwesenden Kirchenbesucher, womit die Nachhallzeit in der schwach besetzten Kirche verkürzt und damit die Sprachverständlichkeit verbessert wird.

Schallabsorbierende Sitzkissen sind eine Massnahme, die auch dem guten Funktionieren einer Beschallungsanlage entgegen kommt. Einerseits wird die Sprachverständlichkeit schon wegen des kürzeren Nachhalls besser. Andererseits wird der von den Lautsprechern auf die unbesetzten Bänke abgestrahlte Schall absorbiert, womit das Diffusschallfeld durch die Lautsprecher nicht zusätzlich angeregt wird.

6.6.2 Zentralbeschallung

Aber auch in Kirchen mit schallabsorbierenden Kissen ist die Planung einer Beschallungsanlage wegen des meistens immer noch recht langen Nachhalls eine schwierige Aufgabe. Wie immer ist zuerst zu überprüfen, ob eine Zentralbeschallung möglich ist (siehe auch Abschnitt 9.2). In vielen Kirchen wurde in der Vergangenheit ein solches Konzept mit Gewinn installiert (siehe Abb. 6.7 und 6.8).

Es gibt ästhetische Bedingungen, welche in gewissen Fällen gegen eine Zentralbeschallung sprechen. Aber gerade in Kirchen sind es oft auch akustische und

²Desarnaulds, Victor, Bossonney, Simon, Eggenschwiler, Kurt. Studie zur Raumakustik von Schweizer Kirchen. DAGA 98 in Zürich. In: Fortschritte der Akustik DAGA 98 S. 710-711.

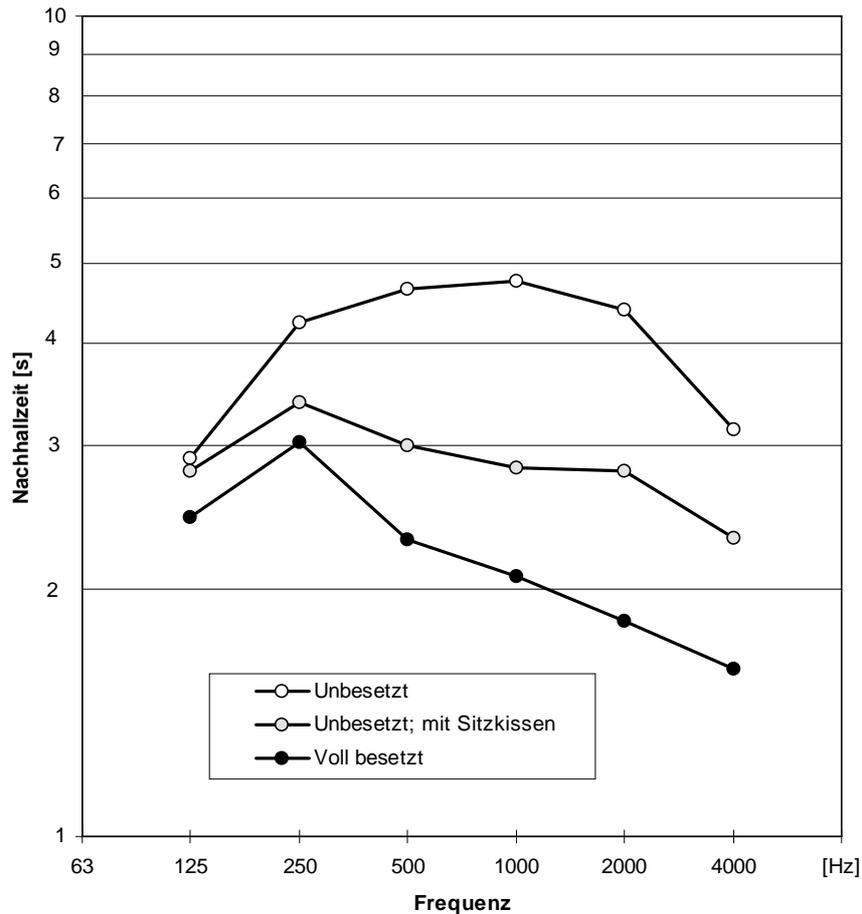


Abbildung 6.5: Beispiel der Darstellung der Nachhallzeit in einer Kirche im unbesetzten Zustand, im unbesetzten Zustand mit Sitzkissen auf den Bänken und im voll besetzten Zustand. Mittlere Nachhallzeiten der Oktavbänder 500Hz/1kHz: 4.7, 2.9 und 2.2 Sekunden.

geometrische Gründe, was trotz der allgemein grossen Vorteile der Zentralbeschallung nicht verschwiegen werden darf.

Es sind in letzter Zeit Beispiele von Zentralbeschallungen in Kirchen bekannt geworden, welche wegen der raumakustischen Randbedingungen schlecht funktionieren oder auch unsachgemäss installiert wurden. In den meisten Fällen wurden die Anlagen unsorgfältig geplant.

Dies müsste nicht so sein! In dafür geeigneten Kirchen ist eine professionell geplante und sorgfältig ausgeführte Zentralbeschallung anderen Lösungen überlegen.

6.6.3 Folgebeschallung

Wenn die Nachhallzeit zu lang und die Geometrie ungünstig sind, muss eine andere Beschallungsart gewählt werden. In sehr halligen Kirchen wird meistens eine sogenannte Folgebeschallung (siehe auch Abschnitt 9.5) mit den bekannten Tonsäulen installiert. Es ist schade, dass bei diesen Anlagen bei der Planung am wenigsten Sorgfalt verwendet wird. Besonders auffallend ist, dass Lautsprecher eingesetzt werden, deren akustische Qualität gering ist, die dafür aber relativ schlank aussehen und nicht viel kosten. Viel weniger gespart wird dann in der Verstärkerzentrale, wo



Abbildung 6.6: Schallabsorbierende Sitzkissen in der Kath. Kirche Zufikon, AG.



Abbildung 6.7: Zentralbeschallung in der Evangelische Kirche Netstal, GL.

sich oft für Tausende von Franken Geräte stapeln, die mehrheitlich unnötig sind, und deren Bedienung für Laien und eigentlich auch für Experten viel zu kompliziert ist.

Für alle Arten von Kirchenbeschallungen, auch für die Folgebeschallung, lohnt es sich, qualitativ hochstehende Lautsprecher einzusetzen, die bei starker Richtwirkung über eine natürliche Klangqualität verfügen (siehe Abb. 6.9). Aus physikalischen Gründen müssen solche Lautsprecher etwas grösser sein, als ein Teil der



Abbildung 6.8: Zentralbeschallung in der Ev.-ref. Kirche auf der Egg, Zürich-Wollishofen.

Tonsäulen auf dem Markt. Im Hinblick auf eine gute Sprachverständlichkeit und Klangtreue lohnt sich aber diese Investition.

Zu beachten ist auch, dass die Lautsprecher in den meisten Fällen zeitverzögert angesteuert werden müssen (siehe Abschnitt 9.5).

6.6.4 Nahbeschallung

Eine weiteres Beschallungskonzept kann für Kirchen mit schwierigen akustischen Verhältnissen eventuell in Betracht gezogen werden. Mit der Nahbeschallung (siehe auch Abschnitt 9.4) kann die Distanz Lautsprecher/Zuhörer verkleinert werden. Ein Lautsprecher guter Qualität pro ein bis drei Personen wird so hoch wie möglich an den Rückseiten der Kirchenbänke zur Beschallung der hinteren Reihe eingesetzt.

6.6.5 Beschallung mit elektronisch gesteuerten Schallzeilen

Vor kurzem sind Lautsprecher auf den Markt gelangt, welche besonders beim Einsatz in halligen Kirchen grosse Vorteile bringen. Die elektronisch gesteuerten Schallzeilen bündeln den Schall sehr stark - und dies bei bester Klangqualität. (siehe auch Abschnitt 8.2.6 und Abb. 8.8). In Kirchen, wo die gestalterischen Aspekte



Abbildung 6.9: Lautsprecherzeilen in der Kath. Kirche Zufikon: Starke Richtwirkung bei guter Klangqualität.

sehr wichtig sind, können mit einer oder zwei solchen Schallzeilen gute Lösungen gefunden werden (siehe Abb. 6.10).

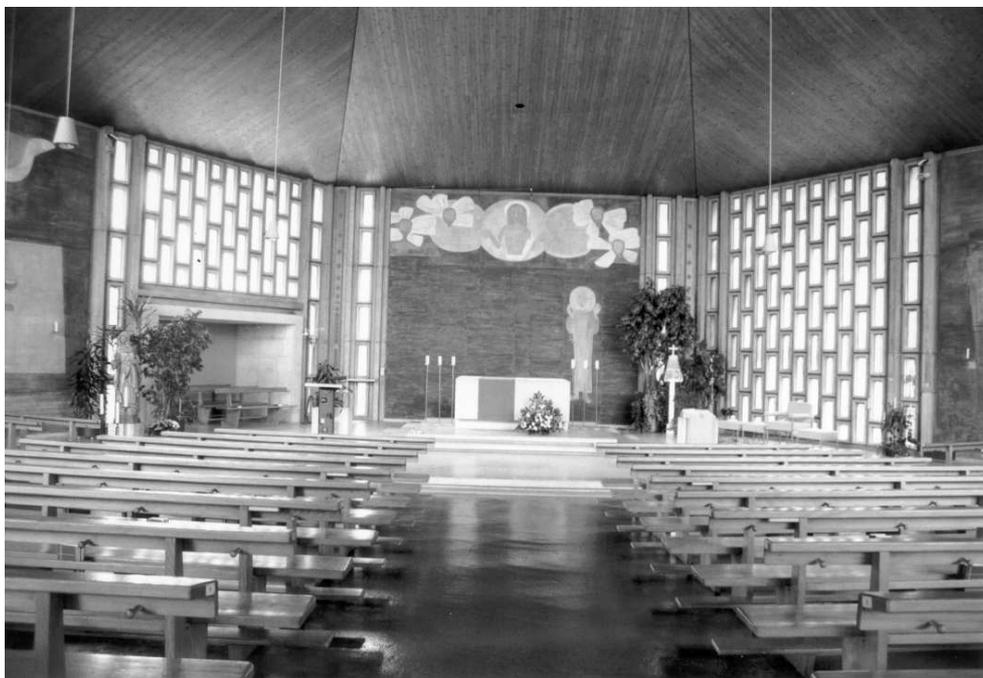


Abbildung 6.10: Elektronisch gesteuerte Schallzeile in der Kath. Kirche in Oberwil, Zug. Die hohen und schmalen Schallzeilen sind praktisch unsichtbar links und rechts des grossen Altarbildes zwischen den ersten Fenstern senkrecht befestigt.

6.6.6 Weitere Besonderheiten von Kirchen

Im Anhang B ist ein Beispiel eines Ausschreibungstextes wiedergegeben, welches illustriert, dass bei Kirchenbeschallungen oft besondere Bedürfnisse befriedigt werden müssen, wie die Beschallung spezifischer Zonen (Sakristei, Empore, Orgelspieltisch), die Verwendung spezieller Mikrofone, die Möglichkeit nur einzelne Publikumsbereiche zu beschallen usw.

Wegen der langen Nachhallzeit ist es für die grosse Anzahl älterer Personen unter den Kirchenbesuchern besonders wichtig, dass die induktive Höranlage gut funktioniert (siehe Kapitel 13).

Die Hauptfunktion von Beschallungsanlagen in Kirchen ist die Verbesserung der Sprachverständlichkeit. Falls eine Musikbeschallung erwünscht ist, wird es wegen der speziellen raumakustischen Verhältnisse in der Regel sinnvoll sein, für diesen Zweck andere Lautsprecher zu installieren.

6.7 Konzertsaal

Die Hauptnutzung des Konzertsaales ist klar. Trotzdem werden recht oft Ansprachen gehalten, für die eine Beschallungsanlage notwendig ist. Aus ästhetischen Gründen und weil man vielleicht der Beschallung zu wenig Bedeutung zumisst, werden hie und da sehr schlechte Anlagen realisiert. Schon aus Gründen der Sicherheit ist dies sicher falsch. Darüber hinaus wäre es den häufig bedeutenden Ansprachen sicher angemessen, eine genügende Sprachverständlichkeit anzustreben.

In Konzertsälen sind im allgemeinen ähnliche Verhältnisse anzutreffen wie in Kirchen. Im Prinzip gelten deshalb die gleichen Empfehlungen wie in Abschnitt 6.6. Da die Nachhallzeit in den voll besetzten Räumen im allgemeinen aber kürzer ist als in Kirchen, könnten mit angepassten Beschallungsanlagen eigentlich sehr gute Ergebnisse erzielt werden.

6.8 Theater, Opernhaus

In Theatern und Opernhäusern ist heute immer eine Beschallungsanlage für die Wiedergabe von Musik und Theatereffekten installiert. Auch wenn die Anlage diese spezifische Aufgaben sehr gut erfüllt, heisst das noch nicht, dass auf allen Plätzen eine gute Sprachverständlichkeit gewährleistet ist. In der Regel ist deshalb eine spezielle Sprachbeschallung notwendig.

6.9 Bahnhofhallen, Flughafenhallen

In Bahnhof- und Flughafenhallen ist das Mikrofon nicht im gleichen Raum wie die Lautsprecher, oder die Ansagen werden sehr stark verzögert von den Lautsprechern abgespielt. Damit entfällt das Problem der Rückkoppelung. Dafür muss die Anlage wegen den Geräuschen durchfahrender Züge oder wegen dem Fluglärm eine genügende Lautstärke der Durchsagen gewährleisten.

Es gelten die Anforderungen der SN EN 608049:1998 (siehe Abschnitt 5.3). In Flughäfen werden oft noch höhere Anforderungen gestellt. Die Redundanz muss gross sein und die feuerpolizeilichen Vorschriften sind streng.

Gute Ergebnisse erreicht man bei Verwendung von stark bündelnden Lautsprechern wie z.B. Hornlautsprecher oder elektronisch gesteuerten Zeilenlautsprechern (siehe Abschnitt 8.2.6).

6.10 Warenhaus, grössere Gaststätten

Meistens kommt hier das Konzept der Deckenbeschallung zum Einsatz. Der Hauptzweck der Anlage liegt bei der Musikberieselung. Wie bei jeder Deckenbeschallung ist Wert darauf zu legen, dass die Lautsprecher in genügender Anzahl vorhanden sind, so dass im zu beschallenden Bereich keine Zonen mit schwachem Direktschall und damit schlechter Sprachverständlichkeit entstehen.

Im Sinne der Möglichkeit der Evakuation gelten die Anforderungen der SN EN 608049:1998 (siehe 5.3)

6.11 Museen, Ausstellungshallen

Im Prinzip gelten die Hinweise von 6.10. Bei der Planung ist besonders zu berücksichtigen, dass es in Museen oft sehr hallig und in Ausstellungshallen oft sehr lärmig ist.

6.12 Sporthallen mit und ohne Publikumsbereiche

Sporthallen sind häufig relativ hallig. Um eine genügende Sprachverständlichkeit zu gewährleisten, sollten diese Räume von Beginn weg mit genügend grossen schallabsorbierenden Flächen ausgelegt werden.

Bei Hallen mit Publikumsbereich gelten die Anforderungen der SN EN 608049:1998 (siehe Abschnitt 5.3).

Es ist selbstverständlich, dass auch in diesen Räumen die Anforderungen nur mit Lautsprechern erfüllt werden können, die den Schall stark gebündelt auf das Publikum abstrahlen.

Beispiel: siehe Abb. 6.11.

6.13 Räume für Massenveranstaltungen / Sportanlagen und grosse Stadien im Freien

In Räumen für Massenveranstaltungen und bei Beschallungssystemen für Grossanlässe im Sportstadien etc. müssen die grössten Anstrengungen unternommen werden, um Notruftdurchsagen zu gewährleisten. Es ist selbstverständlich, dass die Anforderungen der SN EN 60849:1998 (siehe Abschnitt 5.3) erfüllt sein müssen. Zu Fussballstadien gibt es eine Empfehlung der FIFA und weiter ist eine Norm über Beschallungsanlagen in Sportstadien zu beachten, welche in Grossbritannien in Kraft ist:

Barnett P., Woodgate J., Jones St., Stadium Public Adress Systems.

und

BS 7827: 1996. British Standards Code of practice for Designing, specifying, maintaining an operating emergency sound systems at sport venues.

Auf welche Schalldruckpegel solche Anlage dimensioniert werden müssen, ist nicht einfach zu beantworten.³ Die britische Norm macht die folgenden Angaben,

³Wie bereits früher in diesen Empfehlungen erwähnt, ist die Zielgrösse nicht ein bestimmter Pegel der Sprache, sonder die zu erreichende *genügende* Sprachverständlichkeit. Der Pegel des Nutzsignals ergibt sich aus dieser Forderung und dem zu erwartenden maximalen Störgeräuschpegel.

wobei gleichzeitig gefordert wird, dass die oben erwähnte Norm für Notrufanlagen erfüllt ist:⁴

a) Public audience areas:

Minimum of 95 dBA but at least 6 dB above the agreed $L_{A10,T}$ of an existing ground or its nearest equivalent in the case of a new venue.

b) Areas of congregation (turnstiles, etc.):

Minimum of 90 dBA but at least 6 dB above the agreed $L_{A10,T}$ of an existing ground or its nearest equivalent in the case of a new venue.

c) Areas of circulation (concourses, stairways):

Minimum of 90 dBA but at least 6 dB above the agreed $L_{A10,T}$ of an existing ground or its nearest equivalent in the case of a new venue.

d) Private areas with view of the event (executive suites etc.):

Minimum of 85 dBA but at least 6 dB above the agreed $L_{A10,T}$ of an existing ground or its nearest equivalent in the case of a new venue.

d) Areas of dispersals (forecourts, designated areas with car parks, etc.):

Minimum of 80 dBA but at least 6 dB above the agreed $L_{A10,T}$ of an existing ground or its nearest equivalent in the case of a new venue.

Hinweise zu den zu erwartenden Schalldruckpegeln können aus dem Entwurf der VDI-Richtlinie VDI 3770, Emissionskennwerte von Schallquellen - Sport- und Freizeitanlagen entnommen werden.

In Abschnitt 9.8 sind weitere Angaben zur Beschallung im Freien gemacht.

Zu beachten ist bei Anlagen im Freien, dass diese auch umliegende Quartiere beschallen. Die Schallimmissionen sollen dort so niedrig wie möglich gehalten werden: Es gilt das Vorsorgeprinzip des Umweltschutzgesetzes USG, resp. der eidgenössischen Lärmschutzverordnung LSV. In der LSV sind keine Grenzwerte für solche Anlagen definiert, aber es kann der Anhang für Industrie- und Gewerbelärm beigezogen werden. Hinweise zur Beurteilung können auch der deutschen Sportanlagenlärmschutzverordnung entnommen werden. Allenfalls finden sich in der entsprechenden kommunalen Verordnungen zusätzliche einschränkende Regelungen, welche berücksichtigt werden müssen.

6.14 Industriebauanlagen

Die Notfallorganisation wird sich unter anderem auch auf eine Beschallungsanlage stützen. Es gelten die Anforderungen der SN EN 608049:1998 (siehe Abschnitt 5.3)

⁴ $L_{A10,T}$ ist der Pegel, der innerhalb einer bestimmten Zeitspanne in 10% der Zeit überschritten ist.

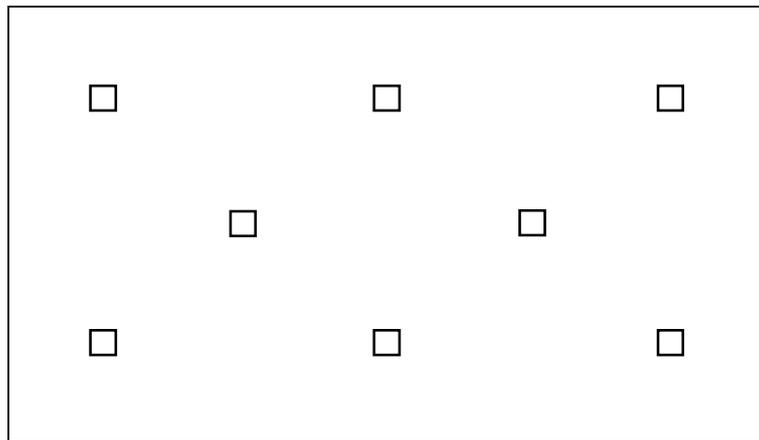


Abbildung 6.11: Sporthalle mit Beschallungsanlage für Sprach- und Musikbeschallung. Deckenbeschallung mit stark bündelnden Lautsprechern. Unten ist die Anordnung der Lautsprecher schematisch dargestellt.

6.15 Übersicht

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den Anforderungen in einzelnen Raumtypen.

Raumtyp	Sprachverständlichkeit (CIS)	Pegel	Klang	Ortung	Diverses, Bemerkungen
Kleines Auditorium, Hörsaal, Schulzimmer	≥ 0.75	$\pm 3dB(A)$	sehr gut	ja	In diesen relativ kleinen Räume ist für Livebeschallung keine Sprachbeschallung notwendig
Mittleres und grosses Auditorium, Hörsaal	≥ 0.75	$\pm 3dB(A)$	sehr gut	ja	Auch bei schwach besetztem Raum.
Parlamentssaal	≥ 0.75	$\pm 3dB(A)$	gut	ja	Auch bei hohem Störgeräuschpegel.
Mehrzwecksaal	≥ 0.75	$\pm 3dB(A)$	sehr gut	ja	Auch bei schwach besetztem Raum.
Konzertsaal	≥ 0.70	$\pm 3dB(A)$	gut	ja	
Kirche	≥ 0.65	$\pm 3dB(A)$	gut	ja	Auch bei schwach besetztem Raum.
Bahnhofhalle, Flughafenhalle	≥ 0.70	$\pm 5dB(A)$	genügend	-	Auch bei Störgeräuschen
Warenhaus, grössere Gaststätten	≥ 0.70	$\pm 5dB(A)$	genügend	-	Auch bei Störgeräuschen
Sporthallen mit Publikumsbereich	≥ 0.70	$\pm 5dB(A)$	genügend	-	Auch bei Störgeräuschen
Räume für Massenveranstaltungen	≥ 0.70	$\pm 5dB(A)$	genügend	(ja)	Auch bei Störgeräuschen
Industrieanlagen	≥ 0.70	$\pm 5dB(A)$	genügend	-	Auch bei Störgeräuschen
Sportstadien, Freizeitanlagen etc. im Freien	≥ 0.70	$\pm 5dB(A)$	genügend	-	Auch bei Störgeräuschen

Teil III

Kapitel 7

Umfeld der Beschallungsanlage

7.1 Einleitung

Das Ziel einer Beschallungsanlage für Sprache ist es, im ganzen Publikumsbereich mindestens eine befriedigende Sprachverständlichkeit zu erreichen. Die Aufgabe ist je nach *Umfeld* der Anlage nicht einfach zu erfüllen. Die Sprachverständlichkeit wird in Räumen beeinflusst durch den Nachhall, Echos und störende Geräusche. Im Freien entfällt der Nachhall.

Das Umfeld im Raum und im Freien muss wenn immer möglich so gestaltet werden, dass für die Sprache gute Bedingungen herrschen. Die Beschallungsanlage kann in der Regel nicht alle negativen Einflüsse auf die Sprachverständlichkeit kompensieren.

7.2 Beschallungsanlagen in Räumen: Raumgeometrie, Schallreflexionen und Nachhall

7.2.1 Einleitung

In Räumen ist die Beschallung weniger einfach als im Freien. An den Raumbegrenzungsflächen wird der Schall von den Originalquellen und von den Lautsprechern reflektiert. Bestimmend für die Auslegung der Beschallungsanlage sind die geometrischen Verhältnisse und die Raumakustik. Aus diesen Randbedingungen ergeben sich schliesslich Standort und Spezifikationen der Lautsprecher.

7.2.2 Volumen

Bei Livedarbietungen von Sprache ist für durchschnittliche Redner eine Beschallungsanlagen in Räumen ab einem Volumen von 3'000 m³ notwendig, für geübte ab etwa 5'000 m³. Häufig werden von den Nutzern aber auch in kleineren Räumen für weniger geübte Sprecher Beschallungsanlagen verlangt.

Das optimale spezifische Raumvolumen für Sprache liegt bei 3 - 6 m³/Person. Wenn das spezifische Volumen grösser ist, sind auf jeden Fall besondere raumakustische Massnahmen notwendig, weil sonst die Nachhallzeit auch im besetzten Zustand zu lang wird.

7.2.3 Raumgeometrie

Je nach Form der Zuhörerfläche kann die Anordnung und die elektronische Ansteuerung der Lautsprecher einfach oder sehr kompliziert sein. Die Raumhöhe hat einen ebenso grossen Einfluss auf die Wahl des Beschallungskonzepts.

Ungeeignet ausgerichtete Flächen können störende Echos und Flatterechos verursachen.

7.2.4 Raumakustik und Sprachverständlichkeit

Um eine genügende Sprachverständlichkeit zu erreichen muss beim Hörerplatz der Anteil des direkten Schalls von den Lautsprechern im Verhältnis zum störenden Diffusschall (Raumreflexionen, Nachhall) möglichst gross werden. Eine gute Sprachverständlichkeit kann somit durch folgende Faktoren erreicht werden:

- Kurzer Nachhall.
- Starke frühe Reflexionen.
- Vermeiden von Echos.
- Kurze Abstände des Publikums von den Lautsprechern.
- Lautsprecher die den Schall gut bündeln.

Die raumakustischen Verhältnisse, welche durch Material, Volumen und Form des Raumes bestimmt sind, beeinflussen also wesentlich die Sprachverständlichkeit. Für das befriedigende Funktionieren einer Sprachbeschallung muss der Raum für Sprachakustik optimiert werden. Er muss also eine kurze Nachhallzeit aufweisen und starke frühe Reflexionen fördern. Dies ist in Kirchen oder Konzertsälen wegen der gegensätzlichen Anforderungen für Musik und sakrale Stimmung nicht möglich. Durch Wahl der richtigen Lautsprecher und mit einer angepassten Sprechweise kann aber auch in halligen Räumen eine befriedigende Sprachverständlichkeit erreicht werden.

Raumakustische Defizite wie diskrete Echos, Flatterechos, Fokussierungseffekte sind in der Regel auch für Beschallungsanlagen nachteilig und auf jeden Fall zu vermeiden.

Die Anforderungen an Räume für Sprache sind in einer deutschen Norm festgelegt, die allerdings zur Zeit in Überarbeitung ist:

DIN-Norm 18041, Hörsamkeit in mittleren und kleinen Räumen.

Weitere Hinweise auf die Gestaltung von Räumen für Sprache sind in folgendem Standardwerk enthalten:

Fasold W., Veres E. Schallschutz und Raumakustik in der Praxis.
Verlag für Bauwesen. 1998.

7.2.5 Bemerkung zur Planung von Beschallungsanlagen in Räumen

In mittleren und grossen Räumen sind die akustischen Zusammenhänge komplex. In der Regel können deshalb meistens nicht nach Gefühl oder Erfahrung Lautsprechertypen ausgewählt und plziert werden. Ohne Simulation auf dem Computer oder der Durchführung von Versuchsbeschallungen wird in der Regel die optimale Lösung der Anordnung und Wahl der Lautsprechertypen nicht gefunden (siehe Abschnitt 11).

Gute raumakustische Verhältnisse sind Voraussetzung für das richtige Funktionieren einer Beschallungsanlage in einem Raum. Die Planung einer Beschallungsanlage sollte deshalb immer in Korrespondenz mit der raumakustischen Planung erfolgen. Um eine gute Sprachverständlichkeit zu erreichen, muss die Nachhallzeit in Räumen begrenzt werden und die Schallausbreitung nach bestimmten Regeln gefördert werden.

7.3 Beschallungsanlagen im Freien

Beschallungsanlagen im Freien haben den Vorteil, dass die vielen Reflexionen, welche in einem Raum typisch sind, in der Regel nicht vorkommen. Eine Ausnahme sind grössere Sportstadion: Die Tribürendächer können Reflexionen verursachen, welche die Sprachverständlichkeit negativ beeinflussen.

Bei grossen Anlagen sind oft starke Echos von entfernten Lautsprechern festzustellen. Sie können sehr lästig sein und die Verständlichkeit stark reduzieren.

Einen sehr wichtigen Einflussfaktor stellen, wie weiter oben erwähnt, die oft überaus lauten Geräusche des Publikums selbst dar.

Bei Beschallungsanlagen im Freien ist immer der Aspekt der Störung der in der Umgebung wohnenden Bevölkerung zu beachten. Gemäss Umweltschutzgesetz USG Art. 11 und eidgenössischer Lärmschutzverordnung LSV ist dem Vorsorgeprinzip Rechnung zu tragen: Die Lärmimmissionen müssen so weit begrenzt werden, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Zur Beurteilung gibt es keine Grenzwerte in der LSV. Zur Orientierung kann der Anhang 6, Industrie- und Gewerbelärm oder die deutsche Sportlärmschutzverordnung beigezogen werden. Auf der technischen Seite kann die Beschallungsanlage vor allem in bezug auf die Ausrichtung der Lautsprecher optimiert werden.

Bei Anlagen im Freien ist die Störung der Bevölkerung in der Nachbarschaft bei der Dimensionierung der Anlage ein wichtiger Faktor.

7.4 Störgeräusche

Störgeräusche beeinflussen die Sprachverständlichkeit stark. Sowohl in Räumen als auch im Freien stören Nebengeräusche verschiedenster Art und Stärke.

Typisch in Räumen sind der starke Lärm in einer Fabrikations- oder Bahnhofhalle, das zuweilen recht laute Stimmengewirr in einem Foyer oder in einem Parlament. Auch bei Beschallungsanlagen im Freien, wie z.B. in Sportstadion sind die durch das Publikum selber verursachten Nebengeräusche wesentlich.

Lautsprecherdurchsagen müssen so laut sein, dass sie trotz hohen Störgeräuschpegeln noch verstanden werden.

Die Kenntnis der zu erwartenden Störgeräuschpegel beim Betrieb der Beschallungsanlage ist grundlegend für die richtige Dimensionierung der Leistungsfähigkeit der einzelnen Komponenten.

Kapitel 8

Bausteine der Beschallungsanlage

8.1 Einleitung

In Abb. 8.1 sind die minimal erforderlichen Bausteine einer Beschallungsanlage schematisch dargestellt. Entscheidend ist die richtige Auswahl der Lautsprechertypen und deren Positionierung und Ausrichtung. Sekundär ist die Auswahl der elektronischen Komponenten. Hier beschränkt man sich mit Vorteil auf die unbedingt notwendigen Komponenten und legt dafür um so mehr Wert auf Qualität und Bedienungsfreundlichkeit.

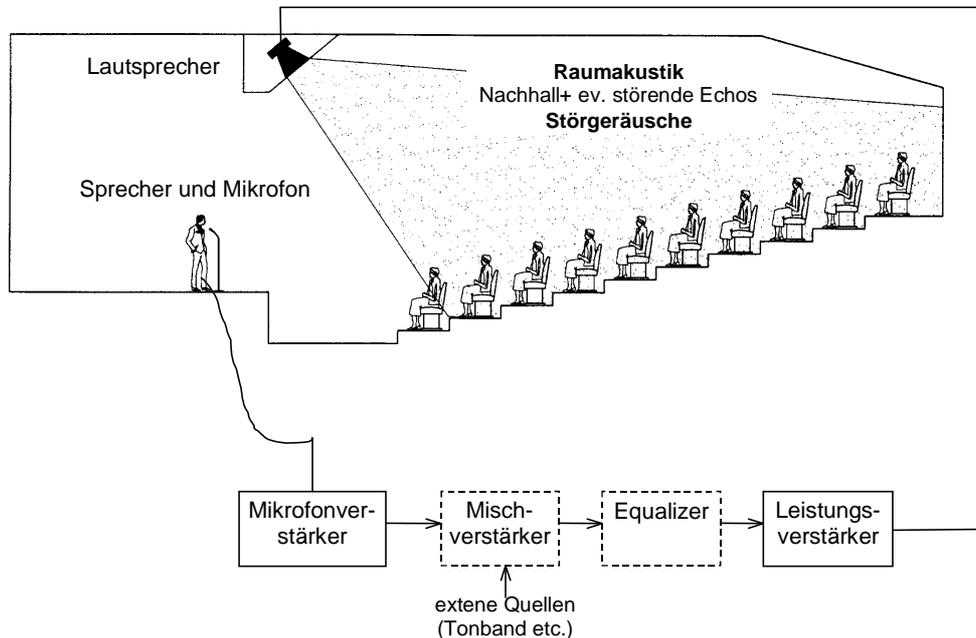


Abbildung 8.1: Komponenten einer Beschallungsanlage in einem Raum

Besonders Beschallungsanlagen in kleineren und mittleren Räumen ohne ständiges Bedienungspersonal müssen so einfach wie möglich konzipiert werden.

8.2 Lautsprecher

8.2.1 Einleitung

Die Lautsprecher sind das letzte und wichtigste Glied der Sprachbeschallungsanlage. Auf diesen Baustein wird deshalb hier besonders ausführlich eingegangen. Die Auswahl der Lautsprecher darf sich nicht primär auf den Klang oder das Aussehen ausrichten. In erster Priorität sind die Eigenschaften gefragt, welche eine gute Sprachverständlichkeit auf allen Hörerplätzen gewährleisten:

Die Lautsprecher haben in erster Linie Schall im Sprachfrequenzbereich stark gerichtet auf die Publikumsfläche zu strahlen.

Eine der hauptsächlichen Eigenschaften eines Lautsprechers für die Sprachbeschallung ist deshalb seine kontrollierte Schallbündelung.

Die geeigneten Lautsprechertypen ergeben sich unter Berücksichtigung von Raumgeometrie und akustischen Bedingungen aus Berechnungen. Dazu werden mit Vorteil Computersimulationen eingesetzt.

Gute Musikkautsprecher können auch für die Sprachbeschallung geeignet sein. In der Regel erfüllen diese Art von Lautsprechern aber die Aufgabe nicht optimal.

Die Anforderungen in bezug auf eine natürliche Klangqualität und eine kontrollierte Bündelung des Schalls über einen grossen Frequenzbereich bedingen eine gewisse Mindestgrösse des Lautsprechers.

Die Auswahl der Lautsprecher erfolgt durch den Beschallungsingenieur auf der Basis von technischen Spezifikationen. Deshalb muss zu einem Lautsprechertyp ein ausführliches Datenblatt vorliegen, mit den entsprechenden Zahlen und Diagrammen u.a. für

- Richtdiagramme - *polar response*
- Bündelungsgrad γ (Q) oder Bündelungsmass C (DI)¹ - *directivity factor, directivity index*
- Öffnungswinkel (-6 dB auf Richtdiagramm) - *beamwidth*
- Frequenzgang grafisch mit den Angaben der minimalen und maximalen Frequenz, wo der Pegel nicht unter -3 dB fällt - *frequency response*
- Leistung in Watt - *power handling, long-term average power-handling capacity*
- Schalldruckpegel in dB in 1 m bei 1 Watt - *sensitivity; SPL at 1m, 1W*
- Geometrische Dimensionen (BxHxT)

Fehlen diese Daten, kann ohne aufwändige Versuche mit messtechnischer Begleitung keine Aussage über die Eignung in einem speziellen Fall gemacht werden!

Die für die Sprachbeschallung verwendeten Lautsprecher haben spezielle Anforderungen zu erfüllen. Sie sollen den Schall im Sprachfrequenzbereich gebündelt auf das Publikum abstrahlen, ohne gleichzeitig in Räumen die Raumreflexionen (Nachhall) unnötig stark anzuregen. Die Auswahl der Lautsprecher basiert primär auf deren technischen Daten. Die Anforderungen ergeben sich durch die Raumakustik und die Raumgeometrie. Lautsprecher ohne genügende technische Spezifikationen können nur durch aufwändige Messungen und/oder Versuche beurteilt werden.

¹ $C = 10 \cdot \log \gamma$ resp. $DI = 10 \cdot \log Q$

8.2.2 Kompaktlautsprecher

Der Kompaktlautsprecher (Fullrange- oder Breitbandlautsprecher) entspricht am ehesten der allgemeinen Vorstellung eines Lautsprechers (Abbildungen 8.2 - 8.4). Der für die Sprachbeschallung geeignete Typ enthält meistens einen Hornlautsprecher für die mittleren und hohen Frequenzen (siehe auch 8.2.3) und einen oder mehrere Konuslautsprecher für die tiefen Frequenzen. Das Gehäuse hat allenfalls eine Bassreflexöffnung.

Grundsätzlich müssen Lautsprecher eine gewisse Grösse haben, um den Schall auch in mittleren und tiefen Frequenzen gut zu bündeln. Der entsprechende Platz für die Lautsprecher muss also rechtzeitig eingeplant werden. Oft wird dies in Neubauten nicht beachtet. Man glaubt, dass dann später noch diskret kleine Lautsprecher irgendwo versteckt werden könnten. Für bestimmte Aufgaben, wie die Beschallung eines beschränkten Bereiches, sind auch kleinere Bauformen geeignet.

Der Einsatzbereich liegt vor allem in Räumen, in denen der Nachhall relativ kurz ist. Weniger geeignet sind solche Lautsprecher in der Regel bei langen Nachhallzeiten in Kirchen etc.



Abbildung 8.2: Relativ kleiner Kompaktlautsprecher guter Qualität. In der Mitte befindet sich ein Hornlautsprecher für die mittlere und hohe Frequenzen. Die Konuslautsprecher oben und unten strahlen Schallenergie bei tiefen und mittleren Frequenzen ab. BxHxT: 24x53x20cm.

8.2.3 Hornlautsprecher

Hornlautsprecher findet man in Kompaktlautsprechern (8.2.2) oder in guten Zeilenlautsprechern (8.2.5). Grössere Hornlautsprecher werden aber oft als Einzelkomponenten in Kombination mit Tieftonlautsprecherboxen verwendet. In grösseren Räumen kann damit aus einer Anzahl von Hörnern ein massgeschneiderter Cluster zusammengestellt werden (siehe Abb. 8.5 und 8.6). Jedes der Hörner ist zur Versorgung eines klar definierten Bereichs zuständig. Die Hörner sind mit oder ohne Gehäuse erhältlich.



Abbildung 8.3: Anderer typischer Kompaktlautsprecher mit im Hochtonbereich kontrollierter Richtcharakteristik. Oben befindet sich ein Hornlautsprecher, unten ein Konuslautsprecher. Die hohen Frequenzen werden oben, die tiefen unten abgestrahlt. BxHxT: 43x59x31cm.

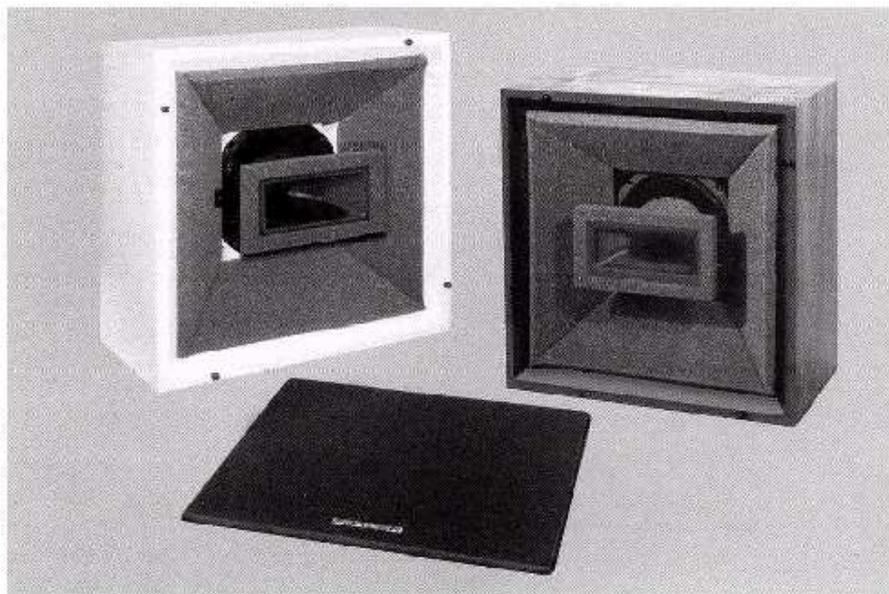


Abbildung 8.4: Weiteres Beispiel eines Kompaktlautsprechers mit kontrollierter Richtcharakteristik. Hier befindet sich der Hornlautsprecher in der Mitte. Die tiefen und mittleren Frequenzen werden vom Lautsprecher hinter dem Hochtonhorn abgestrahlt. BxHxT: 45x45x22cm.

Mit Hornlautsprechern können im Prinzip die besten akustischen Resultate für die Sprachbeschallung in heiklen Bereichen erreicht werden. Sie haben ausgezeichnete Bündelungseigenschaften, eine hohe Leistungsfähigkeit und zusammen mit Basslautsprechern (8.2.4) einen natürlichen Klang. Der Schall kann gezielt in einzel-

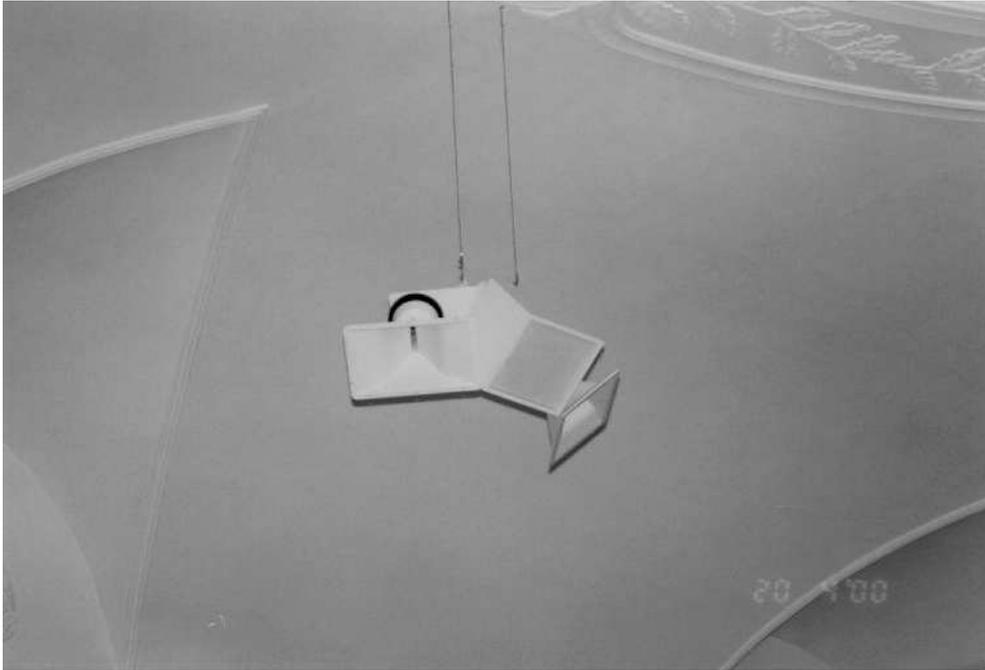


Abbildung 8.5: Zwei Hornlautsprecher und ein Tieftonlautsprecher einer Zentralbeschallung in einer Kirche



Abbildung 8.6: Typische Anordnung von Hornlautsprechern guter Qualität zusammen mit einem Tieftonlautsprecher im Mythenforum Schwyz. Die einzelnen Hornlautsprecher versorgen bestimmte Bereiche im Saal.

ne Publikumsbereiche abgestrahlt werden, und zwar bis zu viel tieferen Frequenzen als mit anderen Lautsprechern.

8.2.4 Basslautsprecher

Mit Basslautsprechern alleine kann keine Beschallung realisiert werden. Wie der Name sagt, sind sie nur zur Abstrahlung von tiefen Frequenzen gebaut.

Basslautsprecher werden als Ergänzung zu Hornlautsprechern eingesetzt, um den Klang natürlicher zu gestalten. Auf diese Weise kann eine entsprechende Beschallungsanlage auch kombiniert für Sprache und Musik verwendet werden. Als Subwoofer wird dieser Lautsprechertyp ebenfalls als Ergänzung der Sprachbeschallung für Musik verwendet.

8.2.5 Zeilenlautsprecher

Zeilenlautsprecher sind aus verschiedenen Einzellautsprechern zusammengesetzt die übereinander angeordnet werden. Auf diese Weise wird eine starke vertikale Bündelung des Schalls erreicht. Dieser Vorteil ist leider mit einer verminderten Klangqualität verbunden, besonders wenn die Qualität der verwendeten Komponenten schlecht ist. Gute Schallzeilen sind relativ gross und mit speziellen Komponenten für den Hochtonbereich ausgerüstet.

Die Lautsprecher werden oft in Kirchen oder anderen halligen Räumen eingesetzt. Ein Nachteil ist die Notwendigkeit, die Zeilenlautsprecher (wie auch alle anderen Lautsprecher) leicht zu neigen. Weil sie meistens seitlich auf einer Höhe von rund 2 - 3 Meter montiert werden, ergibt sich oft eine empfindliche Störung des architektonische Bildes. Zudem ist die Schallbündelung nicht gleichmässig, weil der Schall auch in Nebenzipfeln abgestrahlt wird.

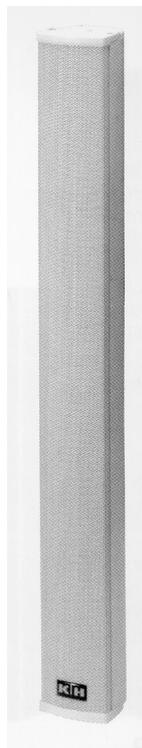


Abbildung 8.7: Schmale Schallzeile. BxHxT: 7x60x7cm.

In Abb. 8.7 ist ein relativ schmaler Zeilenlautsprecher abgebildet. Wie weiter oben erwähnt, müssen aber in halligen Räumen Lautsprecher eingesetzt werden, die grösser sind (siehe Abb. 6.9).

Als Synonym für die Bezeichnung Schallzeile werden verwendet: Tonsäule, Zeilenlautsprecher, Gruppenstrahler.

Eine wesentliche Verbesserung der Eigenschaften wird erreicht, wenn die Einzellautsprecher digital angesteuert werden (siehe Abschnitt 8.2.6).

8.2.6 Elektronisch gesteuerte Zeilenlautsprecher

Seit kurzem sind Schallzeilen auf dem Markt, welche senkrecht montiert werden können. Der oben erwähnte Nachteil für die Ästhetik fällt deshalb weg. Die erforderliche Neigung der Abstrahlung wird durch eine raffinierte elektronische Steuerung der einzelnen Lautsprecher (mit DSP = Digital Signal Processing) realisiert und kann individuell programmiert werden.

Akustisch wesentlich ist, dass eine ausserordentlich starke und trotzdem gut kontrollierte vertikale Bündelung des Schalls erreicht wird, was mit konventionellen Lautsprechern nicht möglich ist. Auf diese Weise ist es möglich, einen grossen Bereich von 4m bis 35 oder gar 50 m Abstand vom Lautsprecher gleichmässig zu beschallen.

Der Einsatzbereich ist z.B. in halligen Räumen wie Kirchen, Bahnhöfen und Flughäfen. Die Lautsprecher sind zwar relativ teuer, doch genügt selbst in halligen Kirchen oft ein einziger zur wirkungsvollen Beschallung.

In Abb. 8.8 ist ein entsprechender Lautsprecher abgebildet. Die starke Bündelung entsteht durch die Anordnung vieler Lautsprecher übereinander. Ein Beispiel für den Einsatz solcher Lautsprecher in Kirchen findet sich in Abb. 6.10.

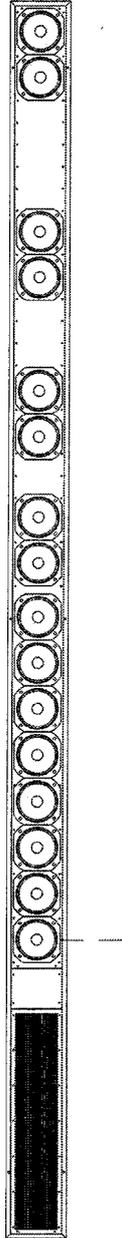


Abbildung 8.8: Spezieller, elektronisch gesteuerter Zeilenlautsprecher, dargestellt ohne Abdeckung. BXHXT: 11x280x12cm.

8.3 Mikrofone

8.3.1 Einleitung

Die Qualität des Mikrofons ist für die Sprachbeschallung selbstverständlich wichtig, jedoch analog zum Lautsprecher nicht in gleicher Art wie bei der Tonaufnahmetechnik für Musik.

In halligen Räumen sind Mikrofone mit Nieren- oder Supernierencharakteristik einzusetzen. Auf diese Weise wird vor allem der Direktschall von der sprechenden Person und weniger die Raumreflexionen verstärkt.

Besonders bei halligen Räumen wird der Abstand vom Mund der sprechenden Person zum Mikrofon entscheidend. Je grösser der Abstand ist, umso schlechter wird die erreichbare Verstärkung, um so mehr neigt die Anlage zur Rückkoppelung mit Klangverfärbungen und zu dem berüchtigten Rückkoppelungspfeifen. Bei der Livebeschallung in halligen und lauten Räumen muss deshalb der Besprechungsabstand möglichst klein sein. Hinweise zur Anordnung von Mikrofonen sind in Abschnitt 8.3.4 gegeben. Anweisungen zum Sprechen mit dem Mikrofon finden sich in Abschnitt 10.1.

Wichtig ist eine Begrenzung des Frequenzbereichs (siehe auch Abschnitt 5.2.4). Die Mikrofone sollten bei tiefen Frequenzen unempfindlich sein oder durch nachgeschaltete Filter im Tieftonbereich abgeschwächt werden. Aus Sicht der Anwender lassen sich die Kategorien der kabelgebundenen und kabelfreien Mikrofone unterscheiden.

Analog zu den Lautsprechern sind Mikrofone speziell für den Zweck der Sprachbeschallung auszuwählen. Musikmikrofone sind in der Regel nicht geeignet. Die Mikrofone müssen eine gute Richtwirkung aufweisen (Nierencharakteristik). Sie sind so anzuordnen, dass der Abstand von Mund zu Mikrofon möglichst klein ist. Drahtlose Mikrofone ermöglichen eine grössere Bewegungsfreiheit. Die Hochfrequenzübertragung erfolgt mit Vorteil im UHF-Frequenzbereich.

8.3.2 Kabelgebundene Mikrofone

Kabelgebundene Mikrofone gehören zur Grundausrüstung jeder Beschallungsanlage. Wie oben erwähnt ist die Richtcharakteristik der Mikrofone entscheidend.

Mikrofone mit Kugelrichtcharakteristik: Diese Mikrofone sind für jede Richtung aus der sie besprochen werden etwa gleich empfindlich. Sie würden zwar für die sprechende Person eine relativ grosse Bewegungsfreiheit ermöglichen, sind jedoch in der Sprachbeschallung ungeeignet, weil sie - besonders in halligen Räumen - den Raumschall zu stark verstärken.

Mikrofone mit Nieren- oder Supernierenrichtcharakteristik: Um die störenden Raumreflexionen möglichst zu unterdrücken, werden in der Livebeschallung Mikrofone mit Nierencharakteristik eingesetzt. In besonders heiklen Räumen sind Mikrofone mit Supernierencharakteristik erforderlich. Allerdings wird damit in diesem Fall die Bewegungsfreiheit der Redner stärker eingeschränkt.

Zu beachten gilt es, dass bei Durchgradientenempfängern, wozu die Nieren- und Supernierenmikrofone gehören, ein Nahbesprechungseffekt mit einer unerwünschten Anhebung der tiefen Frequenzen auftritt. Er kann durch entsprechende Filter vermindert werden, wozu oft ein Schalter am Mikrofon vorhanden ist.

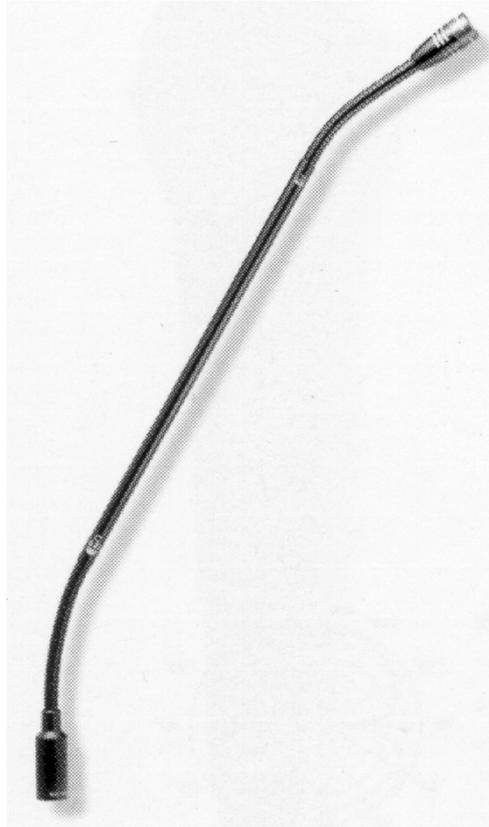


Abbildung 8.9: Schlankes Mikrofon mit Nierencharakteristik. Länge ca. 40 cm. Vorteil des Schwanenhalses: Der Abstand vom Mund zum Mikrofon ist kurz.

Druckzonenmikrofone: Druckzonen- resp. Grenzflächenmikrofone werden direkt auf einer schallreflektierenden Fläche, also z.B. auf dem Rednerpult befestigt. Sie stören damit das Blickfeld nicht. Zwar sind auch Mikrofone mit guten Bündelungseigenschaften (Halbnierencharakteristik) erhältlich, wegen der meist grossen Besprechungsdistanzen sind sie aber in halligen Räumen nicht geeignet. Der Vorteil liegt darin, dass keine Klangverfärbung durch Reflexionen auftreten.



Abbildung 8.10: Druckzonenmikrofon mit guter Richtcharakteristik für Sprachübertragung. BxTxH: 6.4x8.9x2.5cm.

Arraymikrofon (Zeilenmikrofon): In halligen Räumen und für Fälle, wo eine grosse Bewegungsfreiheit gefordert ist, sind die sogenannten Arraymikrofone zweckmässig. Sie arbeiten nach dem selben Prinzip wie die Zeilenlautsprecher. Die Empfindlichkeit des Mikrofons ist derart, dass eine grosse Bewegungsfreiheit in der horizontalen Ebene möglich ist. Die Mikrofone sind relativ teuer. Sie kommen eigentlich nur in Spezialfällen in Frage.

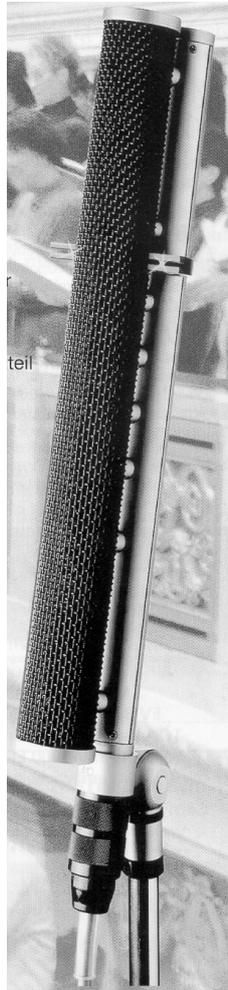


Abbildung 8.11: Modernes Arraymikrofon. Höhe ca. 40 cm

8.3.3 Kabelfreie Mikrofone - Funkmikrofone

Kabelfreie Funkmikrofone, besonders Nackenbügelmikrofone (siehe Abb. 8.14) ermöglichen eine gute Bewegungsfreiheit. Der Sender beim Mikrofon oder in der Tasche übermittelt das Signal über Funk an einen Empfänger in der Beschallungsanlage. Ein Set entsprechender Geräte ist in Abb. 8.12 abgebildet. Oft wird das Mikrofon samt Sender umgehängt. Die Mikrofone können aber auch an der Kleidung angesteckt werden (mit Vorteil in der Mitte des Körpers, z.B. an der Krawatte wie in Abb. 8.13). Sie werden dann Lavalier-Mikrofone genannt. Der Sender wird z.B. am Gürtel befestigt oder in die Tasche gesteckt.

Als Funkfrequenz sollte heute mit Vorteil UHF gewählt werden. Das Frequenzband VHF arbeitet oft nicht mehr zuverlässig (Störung durch andere Funkdienste).

Eine weitere Verbesserung der Übertragungssicherheit gewährleistet der sogenannte Diversity Betrieb. Dazu sind Empfänger einzusetzen, welche die Signale von zwei Antennen auswerten. Die richtige Festlegung der Antennenpositionen ist sehr wichtig. Allenfalls müssen Spezialisten beigezogen werden.

Die grösste Bewegungsfreiheit bei gleichmässiger Übertragung der Sprache ermöglicht ein Nackenbügelmikrofon, auch Head Set genannt (siehe Abb. 8.14). Solche Mikrofone werden heute weit verbreitet für Aerobic und ähnliches verwendet. Immer mehr werden sie aber mit Gewinn auch in Situationen eingesetzt, wo freies Sprechen wichtig ist, besonders in heiklen Räume und lauten Umgebungen.

Eine weitere Variante ist das grössere Handmikrofon (siehe Abb. 8.12). Das Mikrofon kann z.B. an Versammlungen im Publikum verwendet werden, allerdings wegen der Gefahr der Rückkoppelung mit möglichst geringem Besprechungsabstand.



Abbildung 8.12: Set von Geräten für die Funkübertragung: Funkempfänger, zwei kabellose Mikrofone, Taschensender mit kleinem Lavaliermikrofon.



Abbildung 8.13: Ansteck- oder Lavalier-Mikrofon für Funkübertragung. Der Funk-sender wird z.B. am Gürtel angehängt.



Abbildung 8.14: Nackenbügelmikrofon (Headset).

8.3.4 Richtige Anordnung von Mikrofonen

Die Anordnung der Mikrofone ergibt sich aus den einleitenden Bemerkungen in 8.3.1 zum Abstand von Mund zu Mikrofon. Im Prinzip gilt: Je näher das Mikrofon besprochen wird, um so grösser ist die maximal erreichbare Verstärkung. Für die sprechenden Personen sind einige Regeln in Abschnitt 10.1 aufgeführt.

Eine falsche Stellung des Mikrofons zu nahen, schallreflektierenden Flächen kann zu unerwünschten Klangverfärbungen führen. Dies wird durch Interferenz der Reflexion mit dem direkt auf das Mikrofon fallenden Schall erzeugt, was zu der so genannten Kammfilterwirkung führt. Eine entsprechende Anordnung von Mikrofon und Pult- oder Tischfläche verhindert solche störenden Reflexionen (siehe Abb. 8.15).

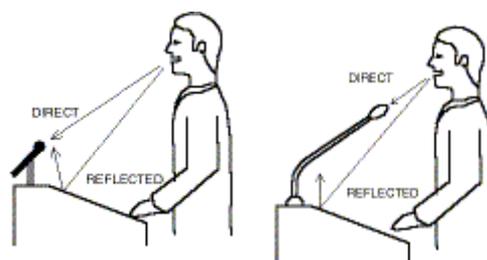


Abbildung 8.15: Mikrofon auf Rednerpult: Situation links: Klangverfärbungen durch den an der Pultflächen reflektierten Schall. Rechts: korrekte Anordnung des Mikrofons. DIRECT=Direktschall, REFLECTED=reflektierter Schall.

Für die Anordnung des Mikrofons auf einem Tisch gilt die Regel aus Abb. 8.16.

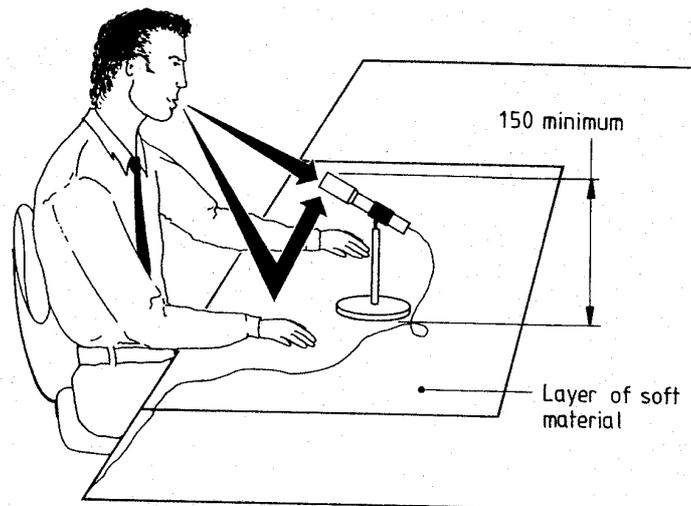


Abbildung 8.16: Richtige Anordnung eines Mikrofons auf horizontaler Fläche. Hilfreich ist eine absorbierende Fläche (Layer of soft Material) unter dem Mikrofon (Dicke mindestens 25mm).

Bei Rednerpulten mit Festmikrofon gibt es oft Probleme mit der Bewegung der sprechenden Personen. Bei stark richtenden Mikrofonen, die in halligen Räumen und grossen Besprechungsabständen notwendig sind, führen die Bewegungen natürlich zu starken Schwankungen der Lautstärke. Es sei dabei in erster Linie nochmals auf die Regeln in Abschnitt 10.1 hingewiesen. Besonders in halligen oder lärmigen Räumen führt nur das Einhalten dieser Regeln zu guten Resultaten.

Die technischen Möglichkeiten zur Verbesserung der Bewegungsfreiheit sind beschränkt. Wenn möglich sollte auf den Einsatz eines zweiten Mikrofons verzichtet werden, da jedes weitere Mikrofon die maximal erreichbare Verstärkung erniedrigt und damit die Grenze zum Auftreten von Rückkoppelungspfeifen erhöht. Zudem werden mit jedem weiteren Mikrofon die Nebengeräusche mehr verstärkt, und je nach Anordnung werden Klangverfärbungen hörbar (siehe Abb. 8.17).

Wenn die Bewegungsfreiheit stark im Vordergrund steht, bietet sich ein Arraymikrofon an (siehe 8.11). Im allgemeinen wird aber der Einsatz eines einzigen Nierenmikrofons (statt eines Supernierenmikrofons) für einigermaßen disziplinierte Sprecher genügen.

Sollen unbedingt zwei Mikrofone eingesetzt werden, ist die Anordnung nach Abb. 8.17 rechts zu vermeiden. Die auf der linken Seite abgebildete Anordnung vermeidet eine Klangverfärbung. Muss mit der Anordnung in Abb. 8.17 links gearbeitet werden, sollten die Mikrofone wenigstens einen Abstand zueinander haben der dem dreifachen Abstand zum Mund der Sprecher entspricht (8.18).

Wenn über längere Zeit die gleiche Person spricht, ist der Einsatz kabelfreier Mikrofone angezeigt (siehe Abschnitt 8.3.3).

8.4 Weitere elektroakustische Komponenten

8.4.1 Einleitung

Bei der Fülle von elektroakustischen Komponenten, die auf dem Markt angeboten werden, geht rasch die Übersicht verloren. Die Erfahrung zeigt klar, dass eine



Abbildung 8.17: Richtige (links) und falsche (rechts) Anordnung von zwei Mikrofonen auf einem Rednerpult.

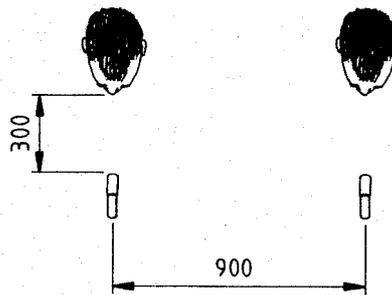


Abbildung 8.18: Bei Verwendung von zwei Mikrofonen gilt die 1 : 3 Regel.

Beschränkung auf die notwendigsten Geräte von Vorteil ist. Es ist dafür mehr Wert auf deren Qualität zu legen.

Viele Effektgeräte machen die Signalverarbeitung kompliziert und sind schwierig optimal einzustellen. Sie verursachen damit oft eher eine Verschlechterung der Signalqualität.

8.4.2 Mikrofonvorverstärker

Die Mikrofonvorverstärker müssen so ausgelegt sein, dass sie auch bei kleinem Besprechungsabstand und lauter Sprache das Signal nicht verzerren. Bei Mikrofoneingängen für Sprache sind unbedingt Klangregler vorzusehen. Die Regler müssen vor unbefugtem Betätigen auf geeignete Weise geschützt werden. Wenn am Mikrofon keine Möglichkeit zur Tieftonabsenkung vorhanden ist, muss sie beim Mikrofonverstärker oder beim Mischverstärker vorhanden sein. Für Kondensatormikrofone ist eine sogenannte Phantomspeisung notwendig.

8.4.3 Mischverstärker

Bei mehreren Mikrofonleitungen und externen Eingangssignalen von CD-Spieler, Tonbandgerät etc. muss ein Mischverstärker eingesetzt werden.

Ein automatischer Mischverstärker für verschiedene Mikrofoneingänge ist notwendig, wenn an Anlässen kein geeignetes Bedienungspersonal für die Anlage zur Verfügung steht, welches dafür sorgt, dass nur ein Mikrofon gleichzeitig eingeschaltet ist und der Pegel richtig eingestellt ist. Das Gerät kann die maximal mögliche Verstärkung erhöhen, wenn es von Fachpersonen bei der Inbetriebnahme der Beschallungsanlage sorgfältig eingestellt worden ist. Es darf aber auch dann nicht

erwartet werden, dass sich alle Probleme durch den Einsatz dieser Komponente automatisch erledigen.

8.4.4 Mischpulte

Mischpulte sind vor allem bei Anlagen mit höheren Ansprüchen notwendig. Die mit dem Gerät vertraute Person hat die Möglichkeit, verschiedene Schallquellen zu mischen, klanglich zu verändern etc. Wenn für den Normalbetrieb der Anlage kein geschultes Bedienungspersonal vorgesehen ist, dürfen solche Geräte nicht eingesetzt werden oder müssen entsprechend abgedeckt werden. Klare Bedienungshinweise für den Standard-Betrieb sind auf jeden Fall notwendig. Für den Fall, dass die Anlage von anderen Personen in Betrieb genommen werden muss, ist es aber vorteilhafter, die Möglichkeit eines einfachen Betriebs, ev. ohne Mischpult vorzusehen.

8.4.5 Equalizer

Mit Equalizern wird der Klang der Anlage so eingestellt, dass allfällige Unregelmäßigkeiten der Lautsprecher und des Raumes ausgeglichen werden. Zudem kann der Frequenzgang der Anlage den spezifischen Bedürfnissen der Sprache angepasst, also vor allem mit einer notwendigen Absenkung im Tieftonbereich versehen werden.

8.4.6 Frequenzweichen

Für massgeschneidert aufgebaute Lautsprechercluster mit Horn- und Tieftonlautsprechern sind sogenannte Frequenzweichen notwendig. Sie versorgen die Lautsprecher mit einem spezifisch gefilterten Signal. Die Geräte werden individuell für die entsprechenden Lautsprecher ausgewählt resp. eingestellt.

8.4.7 Zeitverzögerung (Time Delay)

In einem Beschallungskonzept mit mehreren Lautsprechern besteht immer die Gefahr, dass der Schall von den verschiedenen Lautsprechern mit zeitlich unterschiedlicher Verzögerung beim Hörerplatz eintrifft. Der Grund liegt darin, dass durch die rasche elektrische Übertragung über Kabel der Schall bei jedem Lautsprecher praktisch gleichzeitig abgestrahlt wird. Von dort breitet er sich aber mit Schallgeschwindigkeit relativ langsam aus. Je nach Grösse der verschiedenen Pegel und zeitlichen Verzögerungen kann die Sprachverständlichkeit negativ beeinflusst und die Ortung verloren gehen.

Um den Effekt weitgehend zu vermeiden oder wenigstens stark zu reduzieren, muss das Schallsignal für einzelne Lautsprecher oder Lautsprechergruppen zeitlich verzögert aufbereitet werden. Dazu sind spezielle Geräte einzusetzen, ausser die Funktion ist bereits in einer Digitalmatrix enthalten (siehe Abschnitt 8.4.9). Für jedes zeitverzögerte Signal ist ein weiterer Leistungsverstärker notwendig.

8.4.8 Klangverbesserer, Sprachverbesserer, Harmonizer

Geräte welche versprechen, das Sprachsignal in irgend einer Weise so zu verändern, dass die Sprachverständlichkeit erhöht werde, sind gefährlich und in der Regel völlig überflüssig. Meistens schaden sie mehr als sie nützen, weil sie zu kompliziert einzustellen sind.

8.4.9 Digitalmatrix

Die moderne Signalprozessortechnik (DSP) erlaubt es, viele der oben für einzelne Geräte beschriebene Funktionen in einem einzigen Gerät zu realisieren. Die Geräte können nur durch spezifisch geschulte Spezialisten eingestellt werden. Damit entsteht eine grössere Abhängigkeit zu einem einzelnen Unternehmer als mit einer Lösung aus diskret aufgebauten Geräten. Besonders bei grösseren Beschallungsanlagen fallen aber die Vorteile der grossen Flexibilität und Leistungsfähigkeit dieser Geräte ins Gewicht.

8.4.10 Feedback-Eliminator

In halligen und ev. lauten Räumen ist aus physikalischen Gründen die maximale Verstärkung stark beschränkt. Dies kann dazu führen, dass trotz optimal konzipierter Anlage die Verstärkung zu gering ist. Es kann in solchen Fällen mit einem Feedback-Eliminator eine bedeutende Verbesserung erreicht werden. Einwandfrei funktionieren allerdings nur sehr ausgeklügelte Systeme, die entsprechend teuer sind.

8.4.11 Leistungsverstärker

Die Leistungsverstärker treiben den Lautsprecher. Sie sind beim heutigen Stand der Technik in der Regel kein Problem. Trotzdem sollte natürlich auch bei dieser Komponente auf eine gute Qualität geachtet werden.

8.4.12 100V Systeme / niederohmige Systeme

Bei Diskussionen um Beschallungsanlagen fallen oft die Begriffe *100V-System* und *niederohmiges System*. Vorerst ist festzuhalten, dass weder das eine noch das andere System prinzipielle Vorteile in bezug auf die zu erreichende Sprachverständlichkeit hat. Es geht in dieser Frage lediglich darum, auf welche Weise die Lautsprecher über die z.T. langen Leitungen angesteuert werden sollen.

Niederohmige Systeme eignen sich für einfachere Anlagen mit eher kurzen Verbindungslängen zwischen Verstärkern und Lautsprechern. In den Leitungen fliessen relativ grosse Ströme. Um Verluste zu vermeiden, müssen sie deshalb ausreichend dimensioniert werden.

100V-Systeme sind vor allem bei grösseren Anlagen mit langen Leitungen und vielen Lautsprechern einzusetzen. Beim Leistungsverstärker wird das Signal mit einem Transformator auf eine höhere Spannung transformiert, beim Lautsprecher passiert das umgekehrte. Die Spannung auf der Leitung erreicht bei voller Ausgangsleistung 100 V. Die Verluste auf der Leitung werden durch diese Technik reduziert. Zusätzlich ist eine parallele Verdrahtung der Lautsprecher und die Lautstärkeregelung der einzelnen Lautsprecher möglich. Die Qualität der verwendeten Komponenten muss gut sein, um Verzerrungen und eine Verschlechterung des Frequenzganges zu vermeiden.

Eine Beschallungsanlage sollte nur die unbedingt notwendigen Geräte enthalten. Je komplizierter die Geräte, um so unübersichtlicher ist die Bedienung - und um so delikater ist die richtige Einstellung bei der Inbetriebnahme. Für den Fall des Betriebes der Anlage ohne Fachperson ist ein stark vereinfachter Betriebsmodus vorzusehen. Das Bedienungs- resp. Betreuungspersonal muss gut instruiert werden. Alle Geräteeinstellungen, die für den Betrieb nicht notwendig sind, müssen abgedeckt sein.

Kapitel 9

Beschallungsvarianten

9.1 Einleitung

Selten stimmen Räume in Geometrie, Raumakustik und Nutzungsspektrum miteinander überein. Auch Situationen im Freien unterscheiden sich stark. Beschallungsanlagen müssen deshalb massgeschneidert werden. Es gibt keine Ideallösung die überall funktioniert. Die grundsätzlich verschiedenen Varianten, wie eine Beschallung realisiert werden kann, sind in den folgenden Abschnitten dargestellt. Trotzdem gibt es eine Lösung, welche gegenüber den anderen wichtige Vorteile hat: die Zentralbeschallung. Es ist deshalb grundsätzlich immer zuerst zu untersuchen, ob diese Beschallungsvariante realisiert werden kann. Dazu sind die geometrischen und (in Räumen) die akustischen Verhältnisse zu überprüfen. Erst bei negativem Resultat ist eine andere Variante zu untersuchen. Grundsätzlich gilt die Regel, dass so wenig Lautsprecher wie möglich eingesetzt werden sollen, die aber sehr stark gerichtet Schall auf das Publikum abstrahlen.

Das richtige Beschallungskonzept ist entscheidend für das einwandfreie Funktionieren einer Beschallungsanlage. Das Konzept ergibt sich aus den geometrischen, akustischen, betrieblichen und visuellen Randbedingungen und muss sorgfältig abgeklärt werden.

9.2 Zentralbeschallung mit einer einzigen Lautsprecherposition

Bei geeignetem Raum und auch im Freien werden mit der Anordnung der Lautsprecher an einem einzigen Ort im Vergleich zu allen anderen Varianten die besten Resultate in bezug auf Sprachverständlichkeit, gleichmässiger Lautstärkeverteilung, Klangtreue und Vorneortung erreicht (Abb. 9.1).

Ob sich ein Situation für eine Zentralbeschallung eignet ist von vielen Faktoren abhängig. Die Abklärung passiert mit Vorteil mit Hilfe einer Simulation auf dem Computer. Eine Faustregel sagt, dass das Verhältnis der kürzesten Distanz von der Lautsprecherpostion ins Publikum zu längsten 1 : 3 nicht übersteigen sollte. Die Regel gilt für konventionelle Lautsprecher, nicht aber für elektronisch angesteuerte Schallzeilen (siehe 8.2.6).

Es sei noch einmal betont, dass für Zentralbeschallungen wie für alle anderen Beschallungen gilt, dass die Sprachverständlichkeit abhängig ist von den akustischen Eigenschaften des Lautsprechers (Richtdiagramm, Bündelungsgrad, ...) der Nachhallzeit, des Volumens und der Geometrie des Raumes. Sorgfältige Abklärungen sind auf jeden Fall notwendig.

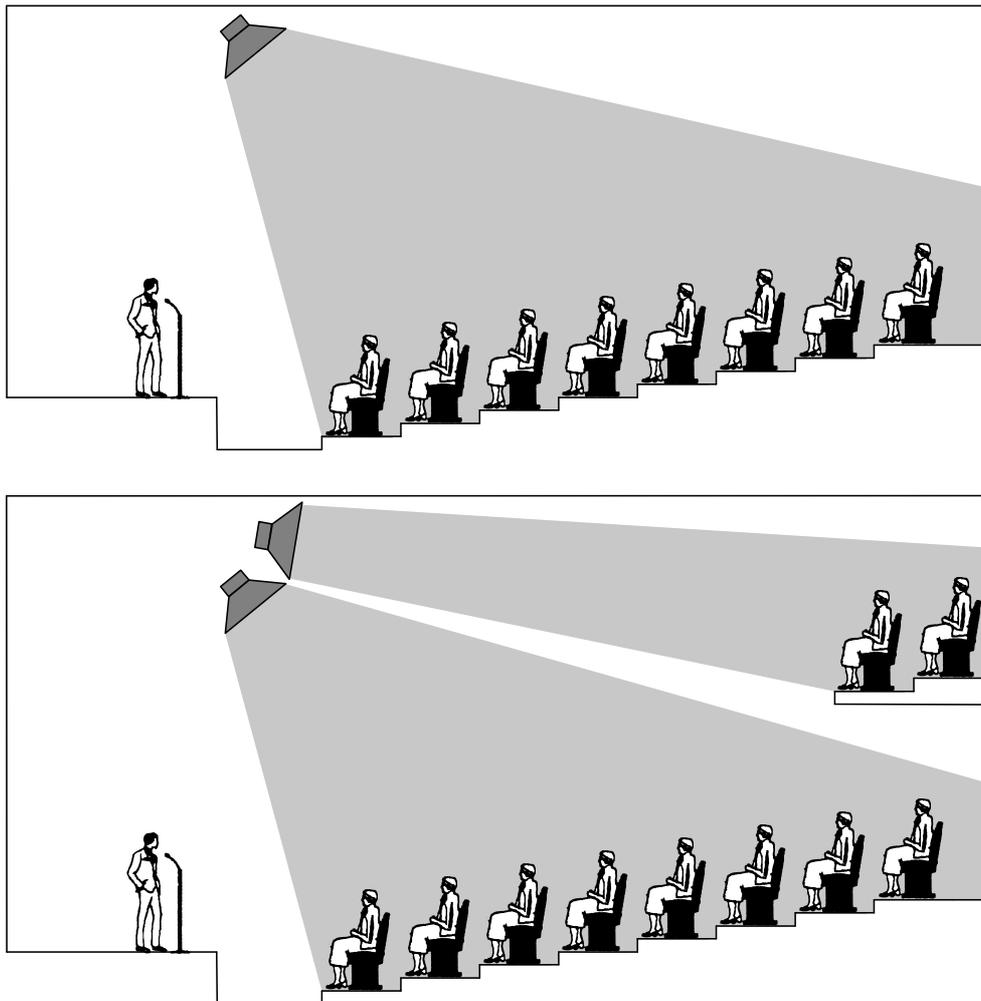


Abbildung 9.1: Zentralbeschallungen, schematisch dargestellt im Schnitt. Im unteren Raum mussten zwei Lautsprecher eingesetzt werden.

9.3 Zentralbeschallung mit Unterstützungslautsprecher

Je nach Situation wird es notwendig, die zentralen Lautsprecher mit abgesetzten Hilfslautsprechern zu ergänzen (Abb. 9.2). Beispiel: zu langer Raum, oder Bereiche im Raum ohne Sichtkontakt zum zentralen Lautsprecher. Dem abgesetzten Lautsprecher muss das Sprachsignal zeitlich verzögert zugespielt werden (siehe Abschnitt 8.4.7). So wird verhindert, dass der Schall aus dem (den) Hilfslautsprecher(-n) das Publikum früher erreicht, als das Originalsignal. Andernfalls würde die Sprachverständlichkeit vermindert und die Ortung der Originalschallquelle verfälscht.

9.4 Direkt- oder Nahbeschallung

In sehr halligen, grossen und/oder lauten Räumen ist es oft am besten, für jeden Hörer einen nahen Lautsprecher zur Verfügung zu stellen (Beispiel: Abb. 9.3). Die Anordnung kennt man bei Konferenzen als Pultlautsprecher kombiniert mit einem Mikrofon mit Einschalttaste. In Kirchen kann der Lautsprecher an der Rückenleh-

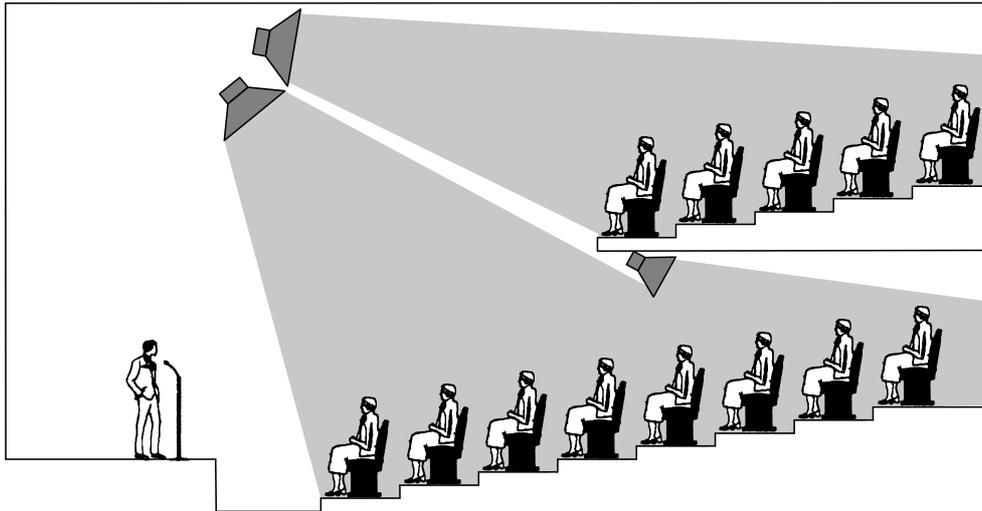


Abbildung 9.2: Zentralbeschallung mit einem Unterstüztungs-lautsprecher für den Bereich unter dem Balkon. Der abgesetzte Unterstüztungs-lautsprecher muss unbedingt zeitverzögert angesteuert werden.

nen der Kirchenbänke befestigt werden. Bei richtiger Ausführung kann eine gute Sprachverständlichkeit erreicht werden. Die Klangqualität ist schlecht, wenn aus Kostengründen billige Lautsprecher verwendet werden. Die Ortung geht in der Regel verloren.

Einer der Vorteile dieses Konzepts, welches die Distanz Lautsprecher/Zuhörer auf ein Minimum reduziert, besteht darin, dass die Lautsprecher mit geringer Leistung betrieben werden können und eine persönliche Einstellung der Lautstärke möglich ist.

In schwierigen Umgebungen ist die Nahbeschallung die einzige funktionierende Möglichkeit.

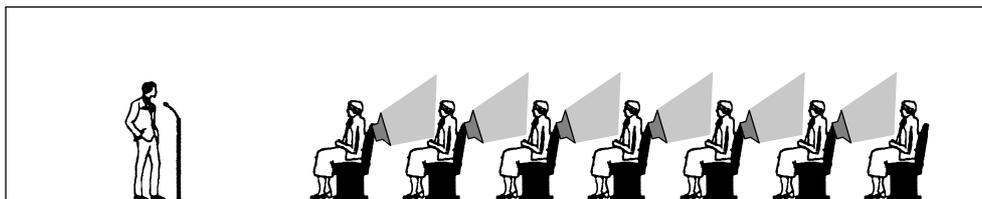


Abbildung 9.3: Nahbeschallung

9.5 Folgebeschallung

Klassische Folgebeschallungen werden häufig in halligen Räumen, besonders in Kirchen realisiert (Abb. 9.4). Es müssen Lautsprecher eingesetzt werden, die den Schall stark bündeln. Dies kann mit Zeilenlautsprechern (Schallzeilen, Tonsäulen) erreicht werden (siehe 8.2.5). Leider sind viele qualitativ ungenügende, dafür preiswerte Lautsprecher auf dem Markt. Um eine gute Richtcharakteristik und Klangqualität zu realisieren, müssen die Lautsprecher eine gewisse Mindestgröße aufweisen. Dies steht oft im Konflikt mit dem Erscheinungsbild.

Folgebeschallungen können auch mit Lautsprechern in der Decke oder abge-

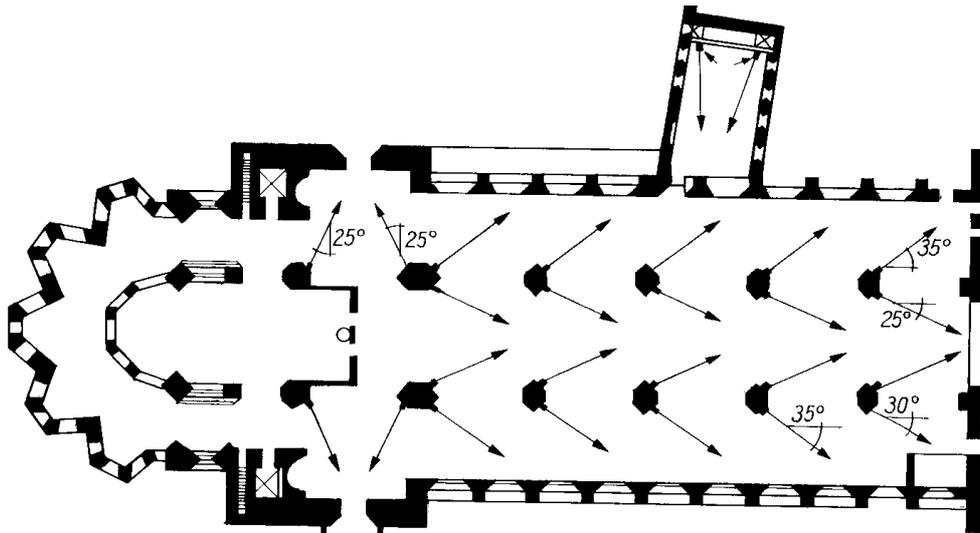


Abbildung 9.4: Folgebeschallung in einer grossen Kirche

hängten Lautsprechern erreicht werden. Diese Lösung eignet sich z.B. für Räume die gleichzeitig relativ breit und lang sind. Auch in Turnhallen ist die Lösung gut möglich.

Ein Vorteil der Folgebeschallung ist die Möglichkeit, Lautsprecher für einzelne Bereiche nur dann zu betreiben, wenn wirklich Publikum anwesend ist. Diese Möglichkeit sollte unbedingt genutzt werden.

Die besten Resultate werden erreicht, wenn möglichst wenige Lautsprecher eingesetzt werden können. Sind die Lautsprecher dann relativ weit voneinander entfernt (mehr als 16m), müssen die Signale für die Lautsprecher zeitlich verzögert werden. Dies verbessert sowohl die Sprachverständlichkeit als auch die Ortung der Originalschallquelle.

9.6 Frontal- oder Portalbeschallung

In breiten Räumen kann es sinnvoll sein, z.B. links und rechts der Bühne Lautsprecher zu positionieren. Auf diese Weise können die vorderen seitlichen Publikumsbereiche besser eingedeckt werden. Die Anordnung darf aber nicht mit einer Stereobeschallung verwechselt werden - sie würde für Sprache keinen Sinn machen. Im übrigen funktioniert der Stereoeffekt auch für Musik nur auf einem kleinen Streifen in der Saalmittelachse.

9.7 Deckenbeschallung

Wenn in grösseren Räumen die Deckenhöhe niedrig ist (< 3 - 4 Meter), wird meistens die Deckenbeschallung mit einer grösseren Anzahl von Lautsprechern die beste Lösung sein (Abb. 9.5). Bei dieser Beschallungsvariante ergeben sich zwangsläufig Überlappungsbereichen mit mehr oder weniger verminderter Qualität. Um die ganze Publikumsfläche genügend mit Schall zu versorgen, ist eine grössere Anzahl Lautsprecher notwendig. Wegen der damit verbundenen Kosten können meistens nur Lautsprecher geringer Qualität eingesetzt werden, was sich negativ auf die Klangqualität auswirkt. Die Ortung kann meistens nicht befriedigend gelöst werden. Das zeitverzögerte Ansteuern der Lautsprecher ist eine gewisse Hilfe.

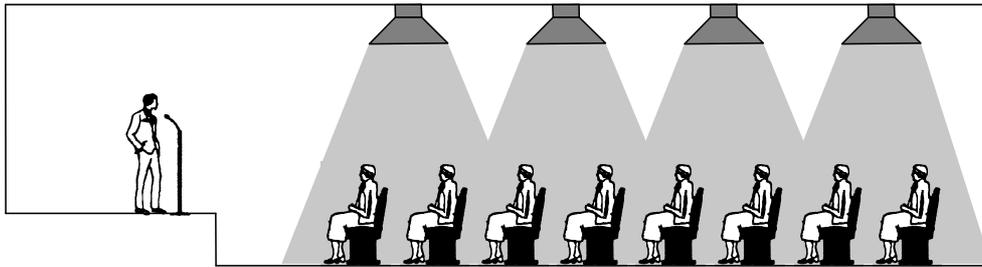


Abbildung 9.5: Deckenbeschallung in einem Raum mit niedriger Deckenhöhe.

Unter Umständen können auch Räumen mit grösseren Deckenhöhen wie Turnhallen oder Mehrzweckräume auf eine Weise beschallt werden, die dem Prinzip der Deckenbeschallung nahe steht. In diesem Fall werden weniger Lautsprecher eingesetzt. Sie müssen aber über eine ausgezeichnete und kontrollierte Richtwirkung verfügen. Sie sind entsprechend den Bedürfnissen gegen das Publikum geneigt (Beispiel: siehe Abb. 6.11)

9.8 Beschallung im Freien

Für die Beschallung können die gleichen Prinzipien verwendet werden wie oben beschrieben. Als Problem ergibt sich, dass es meistens noch weniger einfach ist als in Räumen, für die Lautsprecher einen geeigneten Ort zu finden, weil ja Wände und Decken zur Befestigung fehlen. Die idealen Positionen liegen oft in einer grösseren Höhe, was bei Festanlagen grosse Masten erfordert und bei mobilen Anlagen praktisch unmöglich ist. Oft sind sehr grosse Publikumsflächen zu versorgen. Dies macht es notwendig, abgesetzte und entsprechend zeitverzögerte Lautsprecher zu installieren (Zeitverzögerung siehe Abschnitt 8.4.7). Wegen der oft grossen Abstände treten Echos von verschiedenen Lautsprechern auf.

Kapitel 10

Betrieb der Beschallungsanlage

10.1 Sprechen mit dem Mikrofon

Das Sprechen mit einem Mikrofon bereitet vielen Menschen Mühe. Selbst Personen, die sehr oft vor einem Mikrofon sprechen, wie in der Politik oder in der Kirche, machen noch schwer wiegende Fehler. Eine gute Beschallungsanlage kann mithelfen, eine gewisse Freiheit beim Sprechen zu ermöglichen. Die Physik setzt aber klare Grenzen.

Folgende Hinweise können beim Sprechen mit dem Mikrofon helfen:

- Wenn sich der Abstand zum Mikrofon ändert, ändert die Verstärkung, also die Lautstärke der Sprache im Publikum.
- Eine Änderung des Abstands vom Mund zum Mikrofon während des Sprechens bewirkt damit starke Schwankungen des Lautstärkepegels.¹ Die Sprachverständlichkeit kann auf diese Weise sehr unangenehm eingeschränkt werden.
- Der Abstand zum Mikrofon sollte sich während des Sprechens möglichst nicht ändern. Auf keinen Fall sollte sich der Abstand um mehr als um den Faktor drei ändern.
- Je kleiner der Abstand zum Mikrofon, um so grösser ist die maximal erreichbare Verstärkung.
- Bei fixen Mikrofonen sollte der Abstand rund 20 bis 30 cm betragen. Ein Schwanenhals bietet die Möglichkeit, den Abstand bei verschieden grossen Sprecherinnen und Sprecher auf einfache Weise anzupassen.
- Wenn die Entfernung vom Mikrofon zu gross ist, kann keine genügende Verstärkung mehr erreicht werden.
- Je halliger ein Raum ist, umso kürzer muss der Abstand vom Mund zum Mikrofon sein, um eine angemessene Verstärkung erreichen zu können. Es ist ganz selten möglich, das Mikrofon so weit weg vom Sprecher entfernt zu platzieren, dass es visuell nicht mehr auffällt.

¹In gewissen Grenzen sind die in Abschnitt 8.3.2 (Abb. 8.11) erwähnten modernen Arraymikrofone unempfindlicher

- Besonders in halligen Räumen müssen Mikrofone mit guter Richtwirkung eingesetzt werden. In diesem Fall muss besonders auf eine diszipliniertes Sprechen bei konstantem Abstand zum Mikrofon geachtet werden: Die Sprechrichtung sollte möglichst auf der Mikrofonachse liegen.
- Drahtlose Mikrofone die umgehängt werden oder Lavaliermikrofone die an der Krawatte oder an den Kleidern in Körpermitte befestigt werden bieten mehr Bewegungsfreiheit. Jedoch muss auch hier stets in die Richtung des Mikrofons gesprochen werden.
- Die grösste Bewegungsfreiheit bieten Mikrofone die über Bügel direkt am Kopf befestigt werden (Nackenbügelmikrofone). Sie machen alle Bewegungen des Kopfes mit.
- Auch mit einer Beschallungsanlage ist eine akzentuierte, sowie dem Raum und dem Publikum angepasste Sprechweise notwendig. Für Personen die häufiger vor Publikum sprechen, kann ein spezieller Kurs helfen.
- Wenn mehrere Personen kurz nacheinander in das gleiche Mikrofon sprechen müssen, ist eine Installation mit beweglichem Schwanenhals von Vorteil.
- Bei Veranstaltungen mit mehr als einem Mikrofon muss darauf geachtet werden, dass gleichzeitig nur ein einziges eingeschaltet ist. Je mehr Mikrofone eingeschaltet werden, um so geringer wird die maximal erreichbare Verstärkung und um so grösser die Gefahr des Rückkoppelungspfeifens. Das Ausschalten der nicht benötigten Mikrofone geschieht manuell oder automatisch mit einem entsprechend konfigurierten Gerät (Automatik-Mischer).

10.2 Bedienung der Beschallungsanlage

Die Beschallungsanlage sollte auf jeden Fall im einfachsten Modus durch nicht instruierte Personen in Betrieb genommen werden können, z.B. für den Betrieb eines einzigen Mikrofons auf der Bühne oder Betrieb der Mikrofone auf Kanzel und bei Taufstein in der Kirche.

Zwei bis drei Personen sollen über die weiteren Betriebsmöglichkeiten der Anlage instruiert sein.

Teil IV

Kapitel 11

Berechnung von Beschallungsanlagen

11.1 Raumakustik

Wie bereits früher ausgeführt, sind in Räumen gute raumakustische Verhältnisse die Voraussetzung für das richtige Funktionieren einer Beschallungsanlagen. Zur Gestaltung der Raumakustik stehen verschiedene Methoden zur Verfügung¹. Bei einfachen Räumen genügt die Anwendung von Faustregeln und die Berechnung mit der so genannten Sabine-Formel. Bei Räumen mit höheren Ansprüchen an die Raumakustik werden heute raumakustische Computersimulationen benutzt.

Die raumakustische Gestaltung setzt Spezialwissen und Erfahrung voraus. Es sind deshalb für diese Arbeiten entsprechende Fachleute beizuziehen.²

11.2 Beschallungsanlage

Zur Berechnung von Beschallungsanlagen sind Kenntnisse der dreidimensionalen Richtcharakteristik der Lautsprecher notwendig. In der Regel wird deshalb eine solche Berechnung mit dem Computer erfolgen. Es sind aber auch überschlagsmässige Berechnungen mit Handformeln möglich, wie sie in der Literatur zu finden sind.³

Für Anlagen im Freien ist die Berechnung im Prinzip etwas einfacher als in Räumen. Dort muss nur der Direktschall von den verschiedenen Lautsprechern zu den Empfängern berechnet werden. Wegen der grossen Ausdehnung von Beschallungen im Freien und der oft damit verbundenen grossen Anzahl von Lautsprechern ist die Auslegung solcher Anlagen trotzdem recht aufwändig. In Räumen müssen zusätzlich zum Direktschall die vielen Raumreflexionen berechnet werden. Dies ist eine recht komplexe Aufgabe. In Abb. 11.1 und 11.2 sind Darstellungen von Computersimulationen einer einfachen Beschallungsanlage dargestellt. Die Dimensionierung einer Beschallungsanlage mit Hilfe des Computers bedeutet einen gewissen Aufwand. Der Erkenntnisgewinn ist allerdings so gross, dass sich die damit verbundenen Kosten auf jeden Fall lohnen.

¹Eggenschwiler, K., Heutschi, K. - Raumakustische Planungs- und Messverfahren. Schweizer Ingenieur und Architekt 116 (1998) 38, S. 708-712

²Akustiker mit dem Diplom *dipl. Akustiker SGA* haben eine Prüfung der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik SGA bestanden. Dipl. Akustiker SGA mit dem geprüften Schwerpunktsthema Raumakustik verfügen über das notwendige Rüstzeug für die hier verlangte Aufgabe.

³siehe z.B. Ahnert W., Steffen F. Beschallungstechnik. Grundlagen und Praxis. S. Hirzel, Stuttgart 1993. Davis D., Davis C. Sound System Engineering. Second Edition. Howard W. Sams & Co., USA 1992

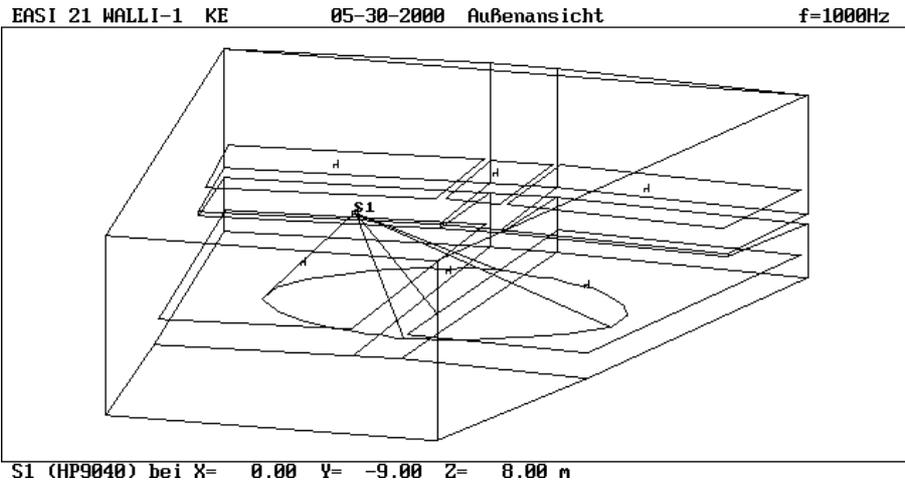


Abbildung 11.1: Berechnung einer Beschallungsanlage mit einer Computersimulation: Dargestellt ist das Fadenmodell eines fächerförmigen Raumes mit Balkon sowie die auf die Publikumsflächen projizierten 3 dB - Isolinien eines Lautsprechers S1. Solche Darstellungen werden für die Optimierung der Ausrichtung von Lautsprechern benötigt.

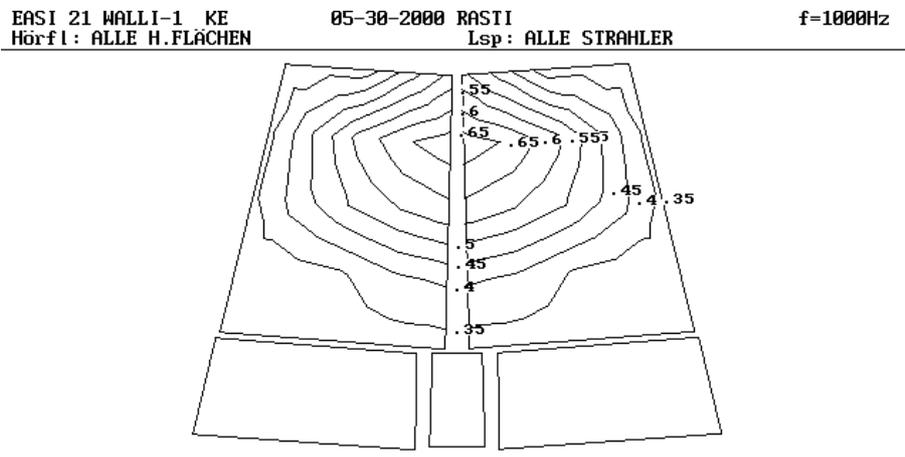


Abbildung 11.2: Berechnung einer Beschallungsanlage mit einer Computersimulation. Im Grundriss der Publikumsfläche des Raumes von Abb. 11.1 sind die berechneten Linien gleicher Sprachverständlichkeitswerte RASTI eingezeichnet. Es wird deutlich, dass mit dem gewählten Lautsprecher unter den gegebenen geometrischen und raumakustischen Bedingungen nur auf einem Teil der Publikumsplätzen eine genügende Sprachverständlichkeit erreicht wird.

Kapitel 12

Definition der akustischen Messgrößen / Akustische Messtechnik für Beschallungsanlagen

12.1 Sprachverständlichkeit

12.1.1 Einleitung

Zum Begriff der Sprachverständlichkeit wurde bereits in Abschnitt 3.2 einleitende Ausführungen gemacht.

12.1.2 Messung der Verständlichkeit durch Befragungen

Das beste Verfahren für die Messung der Sprachverständlichkeit ist im Prinzip die systematische Befragung einer genügenden Anzahl von Versuchspersonen mit einer genormten Liste von Silben oder Sätzen. Gemessen wird z.B. der Prozentsatz verstandener Silben oder Wörter.

Eigentlich wäre dieses Verfahren auch sinnvoll zur Beurteilung von Beschallungsanlagen. Allerdings muss betont werden, dass die seriöse Durchführung von Befragung ausserordentlich aufwändig ist. Die Fragebogen müssen professionell gestaltet sein, die Hörversuche sind nach den Regeln der Psychoakustik mit entsprechendem Tonmaterial durchzuführen¹.

Ad-hoc-Umfragen mit schlecht gestalteten Fragebogen und überforderten oder mit Vorurteilen behafteten Versuchspersonen können zu einem verzerrten Bild führen. Insgesamt ist die Unsicherheit solcher Methoden bei unsorgfältiger Anwendung viel zu hoch, so dass die Aussagekraft verschwindet und das Resultat täuscht.

Wegen der hohen Kosten werden solche Versuche deshalb in der Raumakustik und Beschallungstechnik praktisch nur noch zu Forschungszwecken durchgeführt.

¹Von der ISO existiert ein Technical Report ISO/TR 4870:1991, Acoustics - The construction and calibration of speech intelligibility tests. Darin ist beschrieben, wie Sprachverständlichkeitstest konstruiert und kalibriert werden sollten, damit sie mit guter Messsicherheit eingesetzt werden können.

12.1.3 Physikalische Masse für die Sprachverständlichkeit

Im allgemeinen ist es möglich, die Sprachverständlichkeit mit physikalischen Massen zu beurteilen. Zwei der am meisten verwendeten Masse sind

- **STI** (Sprachübertragungsindex, Speech Transmission Index)
- **%Alcons** (Artikulationsverlust, Articulation loss of consonants).

Eine allgemeine Skala für die Sprachverständlichkeit ist

- die **CIS** (Common Intelligibility Scale).

CIS kann nicht direkt gemessen werden, sondern ist eine Möglichkeit, die Verbindung zwischen verschiedenen Massen herzustellen.

Speech Transmission Index STI

Beim Speech Transmission Index STI wird sowohl der Einfluss von Nachhall und Echos als auch jener von Störgeräuschen berücksichtigt. Eigentlich wird beim STI die Hüllkurve des Sprachsignals untersucht. Bei gestörter Übertragung wird die Modulation der Hüllkurve verändert. Die Veränderung wird mathematisch durch die Modulationstransferfunktion (modulation transfer function MTF) erfasst. Sie wird in den Oktaven von 125 Hz bis 8 kHz gemessen. Dabei wird die MTF des empfangenen Signals mit der MTF des gesendeten Signals verglichen, und daraus ein Index für die Sprachverständlichkeit hergeleitet (Speech Transmission Index STI). Der STI kann heute relativ einfach aus der Raumimpulsantwort berechnet werden. Die Raumimpulsantwort kann z.B. mit einer Korrelationsanalyse (Maximal-Längen-Sequenz als Messsignal) gemessen werden.

Die Zuordnung des STI zur empfundenen Sprachverständlichkeit ist die folgende:

0.75 ...1.00	sehr gute Verständlichkeit
0.60 ...0.75	gute Verständlichkeit
0.45 ...0.60	befriedigende Verständlichkeit
0.30 ...0.45	schlechte Verständlichkeit
0.00 ...0.30	sehr schlechte Verständlichkeit

Änderungen des STI von **0.03** sind gerade wahrnehmbar.

Ursprünglich konnte der STI nur mit grossem Aufwand gemessen werden. Es wurde deshalb ein abgekürztes, rasches Verfahren definiert, für welches auch ein Messgerät im Handel war. Der entsprechende Index heisst RASTI (Rapid Speech Transmission Index). Das Verfahren wird heute immer noch verwendet, es müssen aber von Fall zu Fall die Einschränkungen überprüft werden, denen das Verfahren unterliegt.

Die Messverfahren und die entsprechenden Einschränkungen der Anwendung von STI und RASTI sind in der Norm IEC 60268-16:1998 definiert.

Articulation loss of consonants ALcons

Die Verständlichkeit von Worten hängt stark mit der Verständlichkeit von Konsonanten zusammen. Verständlichkeitsverluste treten dann auf, wenn der Nachhall lauter Vokale die nachfolgenden Konsonanten verdeckt. Der Alcons ist ein Mass

für den Verlust. Das Mass wird seit langer Zeit in der Beschallungstechnik benutzt, u.a. weil für die Prognose eine einfach Formel bekannt ist.

Die Messung erfolgte früher oft mittels Time Delay Spectrometry TDS. Heute kommen auch Maximal-Längen-Sequenz-Korrelationsanalysen zum Einsatz. In der Impulsantwort werden die Nachhallzeit und das Verhältnis von direkt zu indirekt einfallender Energie gemessen.

Die Werte für Alcons gelten für sehr gute Artikulation des Sprechers und sehr gute Aufmerksamkeit des Hörers.

Alcons \leq 5 %	sehr gute Verständlichkeit
Alcons 5 ... 10 %	gute Verständlichkeit
Alcons 10...15 %	befriedigende Verständlichkeit
Alcons \geq 15 %	schlechte Verständlichkeit

Das Verfahren ist in keiner Norm definiert. Der Alcons korreliert weniger gut mit der subjektiven Sprachverständlichkeit als der STI und ist deshalb weniger gut geeignet als der STI.

Common Intelligibility Scale CIS

Die Beziehungen verschiedener Mass zur Common Intelligibility Scale CIS sind in Abb. 12.1 dargestellt. Für den STI und den Alcons gelten die folgenden Beziehungen:

- $CIS = 1 + \log(STI)$ ²
- $STI = 0.9482 - 0.1845 \cdot \ln(Alcons)$ ³

12.1.4 Messung der Sprachverständlichkeit zur Überprüfung der Anforderungen

Bemerkungen

In Abschnitt 5.1 wurde darauf aufmerksam gemacht, dass die Anforderungen für einen oder mehrere Zustände mit einer bestimmten Besetzung des Publikumsbereiches und den dort zu erwartenden Störgeräuschpegel zu definieren sind.

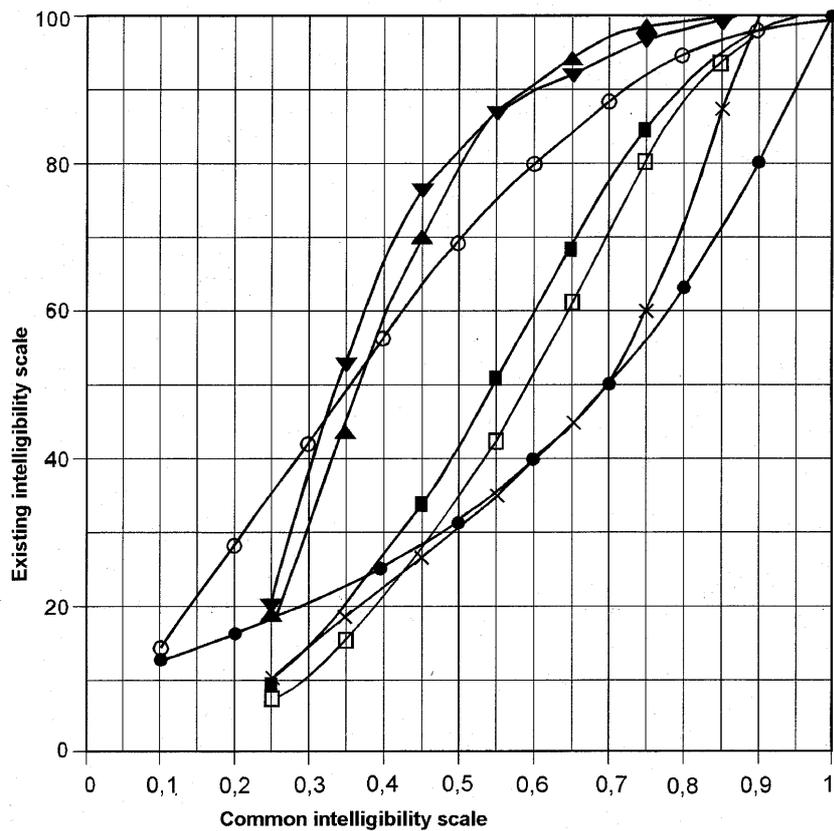
Für den Grad der Besetzung wurde der schwach besetzte Raum vorgeschlagen. Da der schwach besetzte und der unbesetzte Raum akustisch praktisch gleich gesetzt werden können, ist es möglich, das Einhalten der Anforderungen im unbesetzten Raum zu kontrollieren.⁴

In bezug auf den Störgeräuschpegel wird es auch selten möglich sein, die Anforderungen unter den geforderten Umgebungsbedingungen zu prüfen. Man wird sich damit behelfen müssen, die Messung der Sprachverständlichkeit z.B. bei weniger hohen Störgeräuschpegel durchzuführen. Wenn die Anforderungen an die Sprachverständlichkeit in diesem Fall erfüllt sind, muss noch geprüft werden, ob es möglich ist, mit der Anlage verzerrungsfrei die auf Grund der definierten Störgeräuschpegel

²Barnett P.W., A Review of Speech Intelligibility indicators - their relationship an applications, noise-con 97, p. 324-348

³Davis, C., J. Audio Eng. Soc., vol 34, No. 11 1986 November

⁴Je nach Besetzung stellt sich in einem Raum eine andere Nachhallzeit ein. Eine Umrechnung der Masse für die Sprachverständlichkeit von einer Nachhallzeit in eine andere ist schwierig, z.T. unmöglich.



IEC 403/98

- ▼ Phonetically balanced word scores (256 words)
- ▲ Short sentences
- Percentage articulation of consonants (100-(% Alcons))
- Phonetically balanced word scores (1 000 words)
- 1 000 syllables
- × Articulation index (AI)
- Speech transmission index (STI x 100)

NOTE – The marked points on the curves indicate the correlation values which were derived from published sources. See annex D, reference [5].

Figure B.1 – Conversion of existing intelligibility scales to the common intelligibility scale

Abbildung 12.1: Konversion von bestehenden Skalen der Sprachverständlichkeit in die Common Intelligibility Scale CIS. Abbildung aus SN EN 60849:1998.

erforderlichen Pegel des Nutzsignals zu erreichen. Es kann nicht allgemein angegeben werden, wie gross der Pegelunterschied von Nutzsignal und Störsignal sein muss. Je nach verwendetem Mass für die Sprachverständlichkeit ist er verschieden.

Zu der Frage der Umrechnung von gemessenen Werten für die Sprachverständlichkeit für andere Nachhallzeiten und Störgeräuschsituationen ist die Fachliteratur beizuziehen.⁵

Die Arbeitsgruppe Beschallung der SGA wird zudem zu einem späteren Zeitpunkt eine Zusammenstellung von Möglichkeiten zur Umrechnung herausgeben.

⁵siehe z.B. Anhang C.2: Ahnert/Stefen, Davis/Davis. Hinweis: In der britischen Norm BS 7827:1996 ist im Annex F eine einfache Schätzmethode für Sportstadien angegeben.

Allgemeine Beschallungsanlagen

Die Messung muss an einer Anzahl N von repräsentativen Punkten erfolgen, welche in den Spezifikationen der Anlage definiert sind. Es sind dann der arithmetische Mittelwert I_{av} und die Standardabweichung σ der CIS Werte zu berechnen. Die vereinbarte Anforderungen für die Sprachverständlichkeit sei C .⁶ Die Anforderung gilt als erfüllt, wenn

$$I_{av} - \sigma > C$$

Wenn das Resultat innerhalb $\pm\sigma$ von C liegt, darf die Messung wiederholt werden, bevorzugt mit einer grösseren Anzahl von Messpunkten.

Beschallungsanlagen für Notrufzwecke

Es gelten die Anforderungen der Norm SN EN 60849:1998 / IEC 60849:1998. Dort ist in Anhang B das Verfahren wie folgt definiert:

Die Messung muss an einer Anzahl N von repräsentativen Punkten erfolgen, welche in den Spezifikationen der Anlage definiert sind.⁷ Es sind dann der arithmetische Mittelwert I_{av} und die Standardabweichung σ der CIS Werte zu berechnen.

Die Anforderung für die Sprachverständlichkeit⁸ gilt als erfüllt, wenn

$$I_{av} - \sigma > 0.70$$

Wenn das Resultat innerhalb $\pm\sigma$ um 0.70 liegt, darf die Messung wiederholt werden, bevorzugt mit einer grösseren Anzahl von Messpunkten.

Anmerkung zu den Grössen I_{av} und σ

$$I_{av} = \frac{\sum_{n=1}^N CIS_n}{N}$$
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N CIS_n^2 - \left(\sum_{n=1}^N CIS_n\right)^2}{N(N-1)}}$$

12.2 Schalldruckpegel / Verstärkung

12.2.1 Schalldruckpegel

Als Mass für die Lautstärke des Nutzsignals und der Störgeräusche kann der A-bewertete Schalldruckpegel benutzt werden.

Der Schalldruckpegel⁹ wird mit einem Schallpegelmesser oder mit einem Geräte mit den entsprechenden Funktionen gemessen. Als Einzahlwert wird der A-bewertete Pegel ermittelt. Die A-Bewertung ist eine grobe Annäherung an das tonhöhenabhängige Empfinden des Gehörs. Der Schallpegel kann auch für einzelne Frequenzbereiche gemessen werden (Spektral- oder Terzbandanalyse, siehe auch 12.3).

⁶ siehe 5.2

⁷ Wenn z.B. in einer grösseren Fabrikanlage oder in einem Museum mehrere getrennte Zonen unterschieden werden, muss dieses Verfahren in jeder Zone getrennt durchgeführt werden.

⁸ siehe 5.3

⁹ Der Schalldruckpegel ist wie folgt definiert: $L = 10 \cdot \log\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right)$ mit $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} Pa = 20 \mu Pa$

Der Schalldruckpegel wird an verschiedenen Hörerplätzen gemessen, wenn am Eingang der Beschallungsanlage ein Rosa Rauschen eingespeist wird. Dieses Rauschen hat in allen Terz- resp. Oktavfrequenzbändern gleich viel Energie.

Im Messprotokoll muss festgehalten werden, unter welchen Bedingungen die Messung stattgefunden hat:

- Wenn das Signal direkt (elektronisch) in die Anlage eingespeist wird:
 - Einstellungen und Signalstärke des Signals.
- Wenn das Signal mit einem Lautsprecher als künstlichem Sprecher vor dem Mikrofon erzeugt wird:
 - Abstand der künstlichen Quelle vom Mikrofon.
 - Schalldruckpegel den die künstliche Quelle in 1 Meter Abstand erzeugt (Mit Vorteil wird ein Pegel von 66 dB(A) gewählt).

12.2.2 Verstärkung und maximal mögliche Verstärkung

Bei einer Anlage für Live-Beschallungen mit Mikrofonen kann die Verstärkung gemessen werden. Als Verstärkung wird der Pegelunterschied bezeichnet, wenn der Schalldruckpegel an einem Hörerplatz mit und ohne eingeschaltete Beschallungsanlage gemessen wird.

Die maximal mögliche Verstärkung ergibt sich, wenn die Beschallungsanlage gerade so laut eingestellt ist, dass weder Pfeifen noch Klangverfärbungen durch Rückkoppelungen auftreten.

Die Verstärkung einer Beschallungsanlage wird ebenfalls mit Rosa Rauschen gemessen. Dabei muss der Abstand der Schallquelle zum Mikrofon so gewählt werden, wie der Besprechungsabstand üblicherweise ist. Er muss protokolliert werden, denn die Verstärkung ist ja mit kleinerem Besprechungsabstand grösser.

Als Signal für die Messung der Verstärkung wird ebenfalls ein Rosa Rauschen verwendet. Die Schallquelle ist ein Lautsprecher, der die sprechende Person ersetzt. Der Lautsprecher wird mit Vorteil so eingestellt, dass er einen Pegel von 66 dB(A) im Abstand von 1m erzeugt. Der Abstand vom Mikrofon soll so gewählt werden, wie er im Normalbetrieb ist.

Wie in Abschnitt 12.2.1 müssen im Messprotokoll die Bedingungen der Messung beschrieben werden.

12.2.3 Pegel des Direktschalls

Die in 5.2.4 für Anlagen mit besonderen Ansprüchen geforderte Beurteilung des Pegels des Direktschalls muss mit speziellen Messgeräten ermittelt werden, welche die Raumimpulsantwort messen können.

12.3 Wiedergabefrequenzgang

Der Frequenzgang ermöglicht eine Aussage über die Klangqualität einer Beschallungsanlage. Die Anforderungen an den Frequenzgang sind in Abschnitt 5.2.4 festgelegt.

Die Messung wird so durchgeführt, dass am Mikrofoneingang oder Linieneingang ein Rosa Rauschen eingespeist wird und an verschiedenen Stellen im Publikumsbereich mit einem Spektralanalysator (mit Terzfiltern) das empfangene Signal gemessen wird. Der so ermittelte Frequenzgang gibt die Übertragungseigenschaften des Systems in Funktion der Frequenz wieder.

Wegen des grossen Einflusses des Raums und der richtungsabhängigen Abstrahlung der Lautsprecher kann der Frequenzgang von Platz zu Platz relativ stark variieren.

Vorsicht, mit anderen Messverfahren, welche z.B. mit den Messgeräten MLSSA, TEF und Smart verwendet werden können, sind die Ergebnisse anders als mit der beschriebenen Terzbandanalyse. Die in Abschnitt 5.2.4 abgebildeten Toleranzkurven haben dann nicht unbedingt Gültigkeit.

12.4 Messung der Nachhallzeit

Mit der **Nachhallzeit** wurde ein objektives Mass zur Beurteilung des Nachhallverhaltens eines Raumes definiert:

Die Nachhallzeit ist die Zeit welche verstreicht, bis der Schalldruck in einem Raum auf einen Tausendstel seines Anfangswertes gesunken ist. Dies entspricht einem Pegelabfall von 60 Dezibel, ungefähr dem Dynamikumfang eines grossen Orchesters. Eine solche Dynamik steht bei Messungen oft nicht zur Verfügung. Zudem ist der Ausgangspunkt des Schallabfalls nicht immer eindeutig zu erkennen. Es wird deshalb meistens nur die Zeit von -5 dB bis -35 dB gemessen, wobei der auf diese Weise erhaltene Wert verdoppelt und T30 genannt wird (siehe Abb. 12.2).

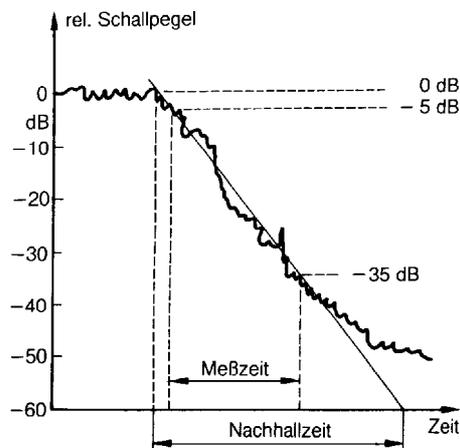


Abbildung 12.2: Messen der Nachhallzeit aus dem Schallpegelverlauf nach dem Abschalten einer Schallquelle.

Die Nachhallzeit wird an mindestens 5 Hörerplätzen gemessen.¹⁰ Das Resultat wird für den ganzen Raum als Mittelwert der Hörerplätze dargestellt. Die Messung der Nachhallzeit erfolgt für verschiedene Frequenzbereiche, in den sogenannten Terz- oder Oktavbändern. Für die subjektive Beurteilung ist besonders der Mittelwert der Oktavbänder 500 Hz und 1 kHz wichtig. Die gemessenen und berechneten Werte werden wie in Abb. 6.5 dargestellt.

¹⁰Die Messung der Nachhallzeit muss nach der folgenden internationalen Norm durchgeführt werden: ISO 3382:1997, Acoustics - Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.

12.5 Hörversuche

12.5.1 Allgemeine Hörversuche

Die akustische Messtechnik ist heute auf einem relativ hohen Stand. Sie kann zur Beurteilung von Beschallungsanlagen einen grundlegenden Beitrag liefern. Wichtig sind die Resultate z.B. beim Vergleich von Varianten oder beim nachträglichen Vergleich der neuen Anlage mit der ersetzten.

Bei der Beurteilung sollte aber auf jeden Fall Hörversuche mit Sprechern und/oder Sprachsignalen ab Tonträger gemacht werden. Hörversuche decken Fehler des Systems oft sehr viel rascher auf als Messungen. Für die Klangbeurteilung und die Ortung der Schallquelle ist das Hören mit den eigenen Ohren sehr nützlich.

Gefährlich kann es werden, wenn ausschliesslich auf Urteile von unsystematischen Hörversuchen abgestützt wird, besonders wenn ungeübte Hörer Aussagen machen. Sinnvoll ist eine Kombination von allgemeinen Hörversuchen und Messungen.

12.5.2 Befragungen

Zu systematischen Hörversuchen (Befragungen) wurden bereits im Zusammenhang mit der Messung der Sprachverständlichkeit Aussagen gemacht (siehe Abschnitt 12.1.2). Sie gelten im Prinzip auch zu den Befragungen zu anderen Parametern, wie Klang, Lautstärke etc.!

Wenn die Befragungen nicht seriös durchgeführt werden können, was aus Kostengründen selten möglich ist, sind deren Aussagen mit grossen Fehlern behaftet. Solche allgemeine Befragungen zur Beurteilung von Beschallungsanlagen sind deshalb zu unterlassen.

Teil V

Induktive Höranlagen für Schwerhörige

Kapitel 13

Induktive Höranlagen für Schwerhörige

13.1 Einleitung

Personen mit Hörgeräten sind nur bei sehr guten raumakustischen Verhältnissen und guter Beschallung in der Lage, die dargebotene Sprache mit ihren Hörgeräten einwandfrei zu verfolgen. Wenn der Nachhall etwas länger und die Nebengeräusche grösser werden, nehmen die Schwierigkeiten mit der Sprachverständlichkeit zu.

Das Ziel einer Schwerhörigenanlage ist es, hörbehinderten Menschen anstelle von verhallter Sprache ein besser verständliches Signal zur Verfügung zu stellen. Es kann an geeigneter Stelle von der Beschallungsanlage abgenommen werden und, wie in vielen öffentlichen Gebäuden üblich, über eine im Raum verlegte Induktionsschleife als magnetisches Wechselfeld angeboten werden. Wird am Hörgerät oder an der Fernbedienung ein Schalter auf T gestellt, verarbeitet das Gerät nicht mehr das vom Hörgerätemikrofon aufgenommene Schallsignal, welches alle Raumreflexionen enthält. Die Sprache wird in diesem Modus von der Induktionsschleife direkt über eine ins Hörgerät eingebaute Induktionsspule eingespeist. Damit entfällt der grösste Teil des Nachhalls, Störschall wie Husten und Räuspern der Nachbarn wird stark reduziert, und die Sprachverständlichkeit wird wesentlich besser - gutes Funktionieren der Anlage vorausgesetzt.

Häufig kann wegen Störfeldern, verursacht durch Stromleitungen, Fahrleitungen, Maschinen, Transformatoren und Beleuchtungseinheiten, eine optimale Qualität der Übertragung leider nicht erreicht werden. Ebenso können Gebäudestrukturen mit Stahlkonstruktionen oder Stahlverstärkungen - besonders bei schlecht konzipierten Anlagen - die Übertragungsqualität verschlechtern. Der Abschnitt 13.3 gibt Hinweise für die Planung, so dass auch bei schwierigen Situationen ein Optimum erreicht werden kann. Trotzdem stellt sich die berechtigte Frage nach Alternativen zu der hier beschriebenen Technologie.

In Frage kommt auch die Übertragung des Signals über Infrarot oder Funk. Der grosse Nachteil dieser rein technisch weniger problematischen Methoden liegt darin, dass das Signal nicht direkt ins Hörgerät eingespeist werden kann! Auf jeden Fall müssen von den Betroffenen spezielle Empfänger bei einer Abgabestelle abgeholt werden. Die Geräte müssen sie während der Veranstaltung auf sich tragen. Der Umgang mit den Geräten muss speziell erklärt werden. Die Kosten der Anlage sind im übrigen recht hoch.

13.2 Anforderungen

Anforderungen an induktive Höranlagen und die hörbehinderten- und gehörlosengerechte bauliche Gestaltung finden sich auch im Anforderungskatalog der IGGH¹.

Induktive Höranlagen für Schwerhörige haben die die Anforderungen der auch von der Schweiz anerkannten Norm SN EN 60118-4:1998² zu erfüllen:

- **Genügende Feldstärke** und gleichmässige Feldstärkeverteilung auf allen Plätzen die versorgt werden sollen. Der empfohlene Wert für den Pegel der magnetischen Feldstärke (re 1 A/m) ist

(-20 ±3) dB, also 100 mA/m ±3 dB

erzeugt durch ein sinusförmiges Eingangssignal von 1000 Hz mit einem Pegel, der gleich dem Langzeitmittelwert des dem System angebotenen Sprachsignals ist.

Anmerkung 1:

Der maximale Wert des Pegels der magnetischen Feldstärke (re 1 A/m) für ein nach diesen Empfehlungen für die Feldstärke erstelltes System ist etwa -8 dB (entspricht 400 mA/m). Dieser Maximalwert basiert auf der Erkenntnis, dass der Unterschied zwischen dem Kurzzeitmittelwert (etwa 0.125s) und dem Langzeitmittelwert eines Sprachsignals etwa 12 dB beträgt).

Anmerkung 2:

Der Langzeitmittelwert von Sprache beträgt bei angehobener Sprechweise rund 66 dB(A) in 1 m Abstand vom Sprechermund entfernt³.

- **Guter Klang:**

Der Frequenzgang des magnetischen Feldes sollte im Frequenzbereich von 100 Hz - 5000 Hz nicht mehr als ±3 dB vom gemessenen Wert bei 1000 Hz abweichen.

Das installierte Induktionsschleifensystem wird möglicherweise nicht zufriedenstellend funktionieren, wenn zu hohe magnetische Störfelder in der Umgebung vorhanden sind.

- **Wenig Störgeräusche:** Der höchste A-bewertete Pegel des magnetischen Umgebungshintergrundrauschens sollte -40 dB, bezogen auf 1 A/m, gemessen mit der Zeitbewertung SLOW nicht überschreiten.

¹Anforderungskatalog an hörbehinderte- und gehörlosengerechte Gestaltung. Bauliche und technische Massnahmen. Interessensgemeinschaft Gehörlose und und Hörbehinderte der Kantone Bern und Freiburg (IGGH), Bern.

²SN EN 60118-4: Hörgeräte Teil 4: Magnetische Feldstärke in Sprachfrequenz-Induktionsschleifen für Hörgeräte. (=IEC 60118-4, frühere Nummerierung IEC 118-4)

³Heckl, M., Müller, H. A. (Hrsg.). Taschenbuch der Technischen Akustik. Springer-Verlag, Berlin 1994 S. 98

13.3 Planung

Die oben zitierten Anforderungen sind berechtigt, aber hoch. Je nachdem wie ein Raum gebaut ist, wird die Abstrahlung durch armierte Betonböden und Wände, Stahlkonstruktionen (für Hubböden etc.), elektrische Heizrohre usw. stark gedämpft. Oft finden Fremdeinstreuungen statt, wie das Brummen von der Elektrizitätsversorgung oder von einer elektrischen Heizung. Bei Neubauten kann in Absprache mit dem Elektroplaner versucht werden gegen solche widrige Bedingungen etwas zu unternehmen.

Leider erfährt die Sprachübertragung zusätzlich zu den ohnehin ungünstigen Voraussetzungen eine unnötige Verschlechterung durch unsorgfältiges Planen der Induktionsschleife oder bei der Wahl der elektronischen Geräte. Aus der Erfahrung können folgende Ratschläge weitergeben werden:

- Ziel bei der Planung der Induktionsschleife ist eine gleichmässige Versorgung eines möglichst grossen Teils der Publikumsfläche.
- Wenn ein Teil der Publikumsfläche aus triftigen Gründen nicht versorgt werden kann, sind solche Gebiete den Trägern von Hörgeräten auf geeignete Weise bekanntzumachen (z.B. Wandskizze beim Eingang).
- Die Induktionsschleife ist grundsätzlich möglichst weit ausserhalb von der zu versorgenden Publikumsfläche auf Bodenniveau einzulegen. Denkbar ist auch das Einbringen der Schleife in grösserer Höhe, z.B. im Dachstock, entlang der Aussenwand.
- In Abb. 13.1 sind zwei prinzipiell mögliche Verlege-Arten dargestellt. Die Acht kommt vor allem bei grösseren Räumen mit Fixbestuhlung und einem Mittelgang in Frage.
- Völlig falsch ist das kammartige Verlegen wie in 13.2. In diesem Fall empfangen Hörgeräte direkt über dem Schleifenleiter kein magnetisches Feld, weil der Feldvektor horizontal zur Empfangsspule steht. Unmittelbar neben dieser Stelle wird die Feldstärke dagegen sehr gross. Zudem wird in den Bereichen, wo die Schlaufe keinen geschlossene Kreis bildet, das Feld viel schwächer.
- Bei grösseren Räumen und bei Räumen mit viel Stahlkonstruktionen oder Verstärkungen mit Stahl ist für die Dimensionierung der Induktionsschleife eine Computersimulation angebracht. Leider sind nur sehr wenig solche Programme erhältlich, Hersteller von Induktionsverstärker offerieren einen Berechnungsdienst.
- Bereits bei der Planung sollte der Einfluss von Störfeldern abgeklärt werden.
- Da auch bei seriöser Planung die Abschätzung der Störfelder schwierig ist, muss so früh wie möglich die Feldstärke auf der ganzen Publikumsfläche kontrolliert werden.
- Der weit verbreitete Schleifentrafo hat heute ausgedient. Ein ausgeglichener Klang, vor allem in den hohen, für die Sprachverständlichkeit wichtigen Frequenzen kann nur erreicht werden, wenn das Sprachsignal mit einem Stromverstärker mit AGC (Automatic Gain Control) mit Bandpassfilter und Kompensationsmöglichkeit der Armierungseisenverluste in die Induktionsschleife eingespeist wird.

- Es ist möglich, nebeneinander liegende Räume mit unterschiedlichen Signalen zu versorgen (Beispiele: Schulzimmer, Multiplexkino). Wichtig ist eine sorgfältige Planung, die eine minimale Trennung von 40 dB gewährleistet. Die Aufgabe ist aber anspruchsvoll und der Aufwand gross.
- In Kinos dürfen normale Schleifen nicht verwendet werden, da sonst der Filmtone in benachbarten Räumen abgehört werden kann (Jugendschutz).
- In einer britischen Norm werden Angaben zur Planung von solchen Anlagen gemacht: British Standards BS 7594:1993. Code of practice for audio-frequency induction-loops systems (AFILS)

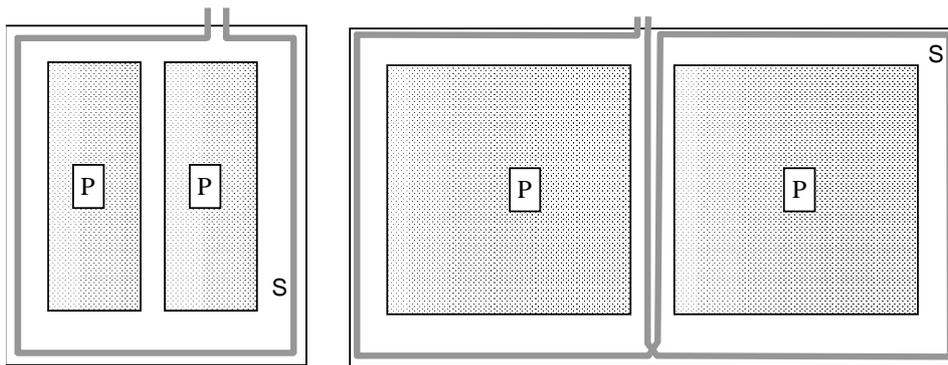


Abbildung 13.1: Schematische Darstellung zum richtigen Verlegen einer Induktionsschleife für eine Schwerhörigenanlage. Links: Einfache Schleife. Rechts: Verlegung als Acht. P=Publikumsbereich, S=Induktionsschleife.

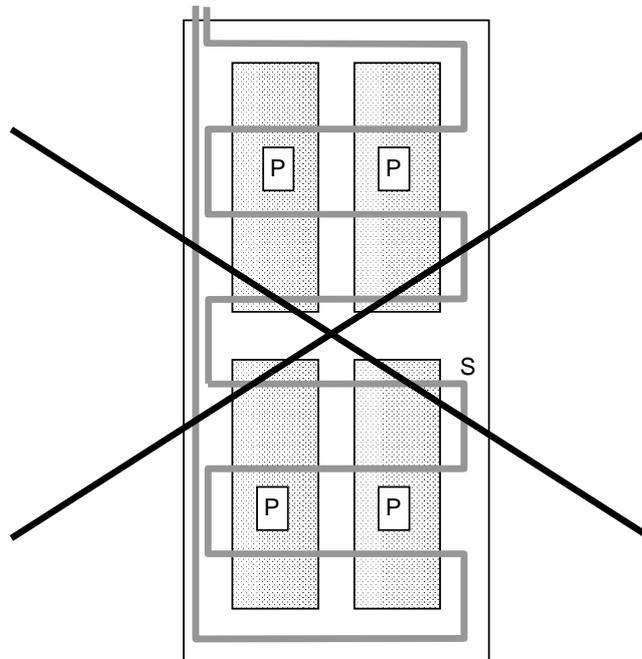


Abbildung 13.2: Falsch verlegte Induktionsschleife für eine Schwerhörigenanlage. P=Publikumsbereich, S=Induktionsschleife .

Teil VI
Anhang

Anhang A

Beispiel eines Pflichtenhefts einer Beschallungsanlage

Pflichtenheft für die Beschallungsanlage im Mehrzwecksaal Erliswil

Nutzung	<p>Nutzung A:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorträge (Wahlweise mit drahtlosem Mikrofon oder drahtgebundenem Mikrofon). - Podiumsdiskussionen (mit 5 Mikrofonen) - Vereinsanlässe. Durchsagen. - Ansage bei Konzert. - Film und Diavorführungen. <p>Nutzung B: Musikberieselung, einfaches Einspielen von Effekten für Theater</p> <p>Nutzung C: Laientheater</p>
Sprachverständlichkeit	Nutzung A gute Sprachverständlichkeit: CIS > 0.70 (auch bei sehr schwach besetztem Saal). Unterstützung der natürlichen Sprache im hinteren Drittel des Saals bei Theater (Nutzung C).
Klangqualität	Verlangt wird eine natürliche Klangqualität der Sprache.
Ortung	Die Originalquelle soll auf 90% der Plätze richtig lokalisiert werden.
Bedienung der Anlage	Möglichkeit zur einfachen Bedienung für normalen Anlässen mit einem Mikrofon (einfaches Bedienpult). Bei grossen Anlässen/Theater etc. wird die Anlage von geschultem Personal betreut.
Geräte	<p>Mikrofone:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 Mikrofone für Podiumsdiskussion. - 2 normale Stative - 1 drahtloses Mikrofon, Bühne - 3 Mikrofone geeignet für Theater <p>Monitorlautsprechersystem auf der Bühne. Lautsprecher zum Mithören in Theaterumkleideraum Gegensprechanlage Bühne-Theaterumkleideraum. Möglichkeit zum Abspielen von CD, MD und Tonbandkassetten. Fernübertragung in den benachbarten Saal.</p>
Bemerkung	<p>Raumakustik</p> <p>Die raumakustischen Verhältnisse sind im beiliegenden Bericht des Akustikers dargestellt.</p> <p>Störgeräusche</p> <p>Achtung: Starke Störgeräusche im hinteren Saalteil (Getränkeausgabe)!</p>
Schwerhörigenanlage	Für die Schwerhörigen ist eine induktive Höranlage vorzusehen.

Anhang B

Beispiel eines Ausschreibungstexts für eine Beschallungsanlage

Bei dem folgenden Beispiel handelt es sich um einen einfachen Ausschreibungstext für eine Beschallungsanlage einer Kirche und einer angegliederten kleinen Kapelle.

Der vorliegende Ausschreibungstext ist nicht so detailliert, dass darin alle Geräte einzeln spezifiziert wären. Er lässt somit den Unternehmern relativ viele Freiheit. Es ist wünschbar, dass die Geräte einzeln spezifiziert werden, weil dann der Vergleich der Angebote einfacher wird.

Der Text soll als Anregung verstanden werden.

A1. Überblick

Kirche

Quellen: Mikrofone bei Altar, Ambo etc. (Sprache).
Musik ab Tonträger (sekundär)

Lautsprecher: Verteilte Lautsprecher in der Kirche inkl.
Empore

Schwerhörigen-Anlage: Induktionsschleife im Kirchenschiff

Option: Tonaufnahme Kirchenchor auf Empore (autonome Anlage)

Ton-Aufnahme Chor Möglichkeit Chor auf Empore mit festen
Chor Mikrofonen aufzunehmen. Autonome Anlage.

Kapelle (autonome Anlage)
Musik ab Tonträger

A2. Beschallung der Kirche

Quellen

Mikrofone	1	drahtloses Mikrofon für Sprache, Diversity-System. Trägerfrequenz im UHF-Bereich.
	1	Mikrofon für Sprache Ambo. Nierencharakteristik.
	1	Mikrofon für Sprache Altar (Druckzonen-Mikrofon). Halb-Nierencharakteristik.
	2	Mikrofone für Sprache, mobil, mit Stativ. Nieren-Charakteristik.
Tonträger	1	CD-Spieler. Einfaches, robustes Gerät. 10er-Tastatur am Gerät (Stückwahl).
	1	Kassettengerät (Wiedergabe + Aufnahme Predigt). Einfaches, robustes Gerät. Einfachspieler ohne Autoreverse.

Lautsprecher

Kirche	siehe Schema 1 Variante 1: Kompakt-Lautsprecher auf ca. 3 - 4m Höhe Variante 2: Zeilenlautsprecher Lautsprecher mit kontrollierter Bündelung und guter Klangqualität (mit ausgewiesener Richtcharakteristik und ausgewiesenem Frequenzgang) Lautsprecher gruppenweise schaltbar.
Sakristei	Mithörlautsprecher mit Regulierung Lautstärke
Orgelspieltisch	Mithörlautsprecher mit Regulierung Lautstärke

Variante 1

- Ls-A: Lautsprecher mit einem Abstrahlverhalten ähnlich DynVox Typ S216: horizontal 120°, vertikal 60°. Mit ausgeglichenem Frequenzgang im Bereich 120°x60°. Masse: 240 x 526 x 200 mm (T x H x B). Montiert auf einer Höhe von rund 3 - 4 Metern und um rund 45° geneigt. Die Neigung der Lautsprecher muss verstellbar sein.
- Ls-C: Schlanke Zeilen-Lautsprecher für den Chor, Elpower Typ EcoLine 17 oder ähnlich.
- Ls-E: Lautsprecher für Empore. Typ wie Ls-A. Auf den Säulen vor der Empore montiert auf einer Höhe von rund 7 Metern montiert, rund 15° geneigt. Lautsprecher muss gedreht und geneigt werden können.
- Ls-SE: Schlanke Zeilen-Lautsprecher für Empore seitlich-hinten.
- Ls-O: Kleiner Lautsprecher für Organist (-in), auf Spieltisch, mit Lautstärkeregelung.
- Ls-S: Kleiner Mithör-Lautsprecher in Sakristei, mit Lautstärkeregelung.

Variante 2

Wie Variante 1 jedoch mit Lautsprecher Anordnung im Prinzip wie bisher: Schallzeilen auf den Säulen. Neue Lautsprecher: starke Bündelung mit guter Klangqualität innerhalb des Bündelungsbereiches. Elpower Typ EcoLine 25 oder ähnlich.

Schaltung der Lautsprecher

Die Beschallungsanlage muss so konzipiert sein, dass auf einfache Art einzelne Lautsprechergruppen zu oder abgeschaltet werden können:

- I Ls-A1, Ls-O, Ls-S (immer eingeschaltet)
- II Ls-A2
- III Ls-A3, Ls-A4
- IV Ls-E, Ls-SE
- V Ls-C

Bei Anlässen mit wenigen Besuchern im vorderen Teil der Kirche dürfen nur die vordersten Lautsprecher in Betrieb sein: Gruppen I und ev. II. Die Emporen-Lautsprecher (Gruppe IV) dürfen nur bei Bedarf eingeschaltet werden (ausser Orgel-Lautsprecher).

Zustand bei Einschalten der Anlage: Gruppe I eingeschaltet.

Option: Ls-A1, Ls-A2, Ls-A3, Ls-A4 mit Ls-E und Ls-SE sind je zeitverzögert angesteuert (fünf Mal Zeitverzögerung).

Elektronik

Der Aufwand an elektronischer Signalaufbereitung muss möglichst gering gehalten werden. Folgende Komponenten sind vorzusehen:

- Separate Vorverstärker mit Klangregler für alle Eingänge. Mikrofoneingänge: symmetrisch, erdfrei, mit Begrenzer.
- Zeitverzögerungseinheiten mit entsprechenden zusätzlichen Leistungsverstärkern.
- Master-Terzband-Equalizer mit Konstant-Q-Filtern, Hochpassfilter ca. 32 Hz, Tiefpassfilter ca. 8 kHz, By-Pass-Schalter. Alle Bedienungselemente gegen Fehlmanipulationen geschützt.

Optionen

- Automatik-Mixer mit Programmier-Möglichkeiten (Vorrang, Sprachsteuerung).

Induktive Höranlage für Schwerhörige

Verlegen der Induktions-Schleife wie Plan NN.NNN in der Kirche eingetragen:

Verstärker: Stromverstärker mit Automatischer Verstärkungskontrolle (AGC), Bandpassfilter und Frequenzgangkorrektur. Indu-loop Typ 412 oder ähnlich.

Schleifendraht: Litze mindestens 4 mm²

Bemerkungen:

- Die Mikrofoneingänge müssen übersteuerfest sein: Bei sehr lauter Sprache und Mikrofon-Lippen-Kontakt dürfen keine Übersteuerungen auftreten.
- Mikrofonkabel mit Doppelreusenabschirmung.
- Stecker: XLR mit Goldkontakt.
- Alle Komponenten der Anlage müssen der Norm DIN 45500 genügen.
- Die ganze Anlage ist so auszuführen, dass sie unempfindlich gegen äussere Einflüsse ist

A3. Tonaufnahme für Kirchenchor (Option)

- Hochwertiges Aufnahmegerät für Tonaufnahme Chor. z.B. Mini-Disc oder DAT.
- Stereomikrofon oder Studiomikrofone in X-Y-Anordnung inkl. Mikrofonvorverstärker mit Mikrofon-Speisung.

A4. Musikanlage für Kapelle Hifi - Stereoanlage bestehend aus

CD-Spieler
Kassettengerät
Verstärker mindestens 2 x 50W
Zwei Lautsprecher, 50 - 12'500 Hz (-3dB) mindestens
oder Subwoofer mit Satelliten

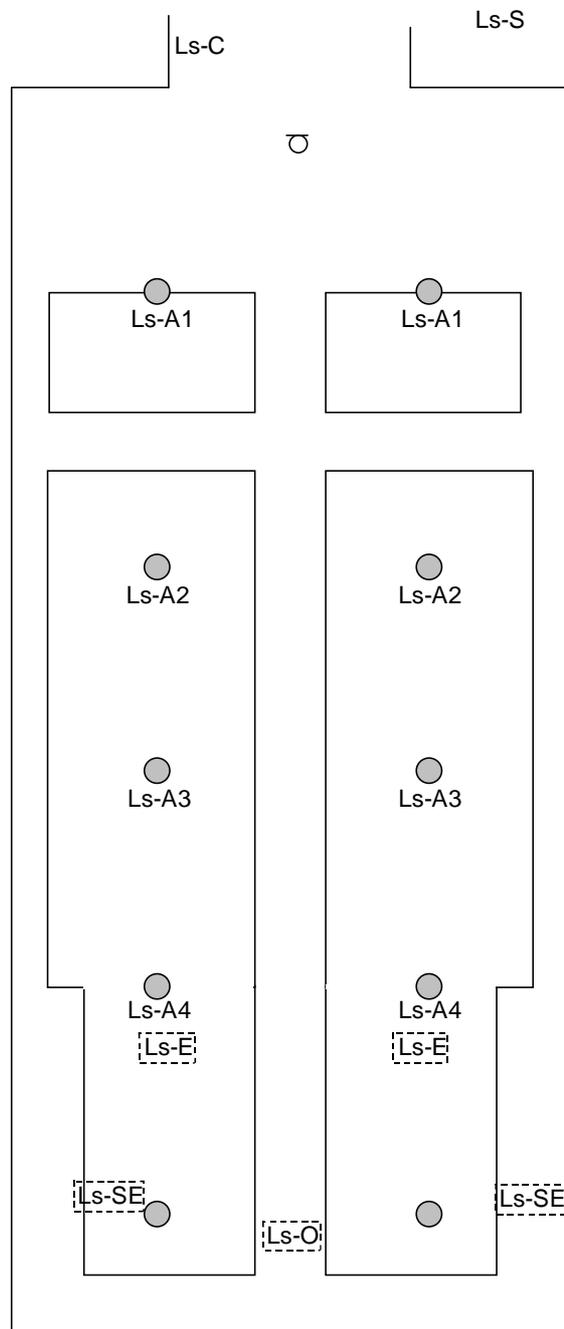


Abbildung B.1: Schema 1: Anordnung der Lautsprecher

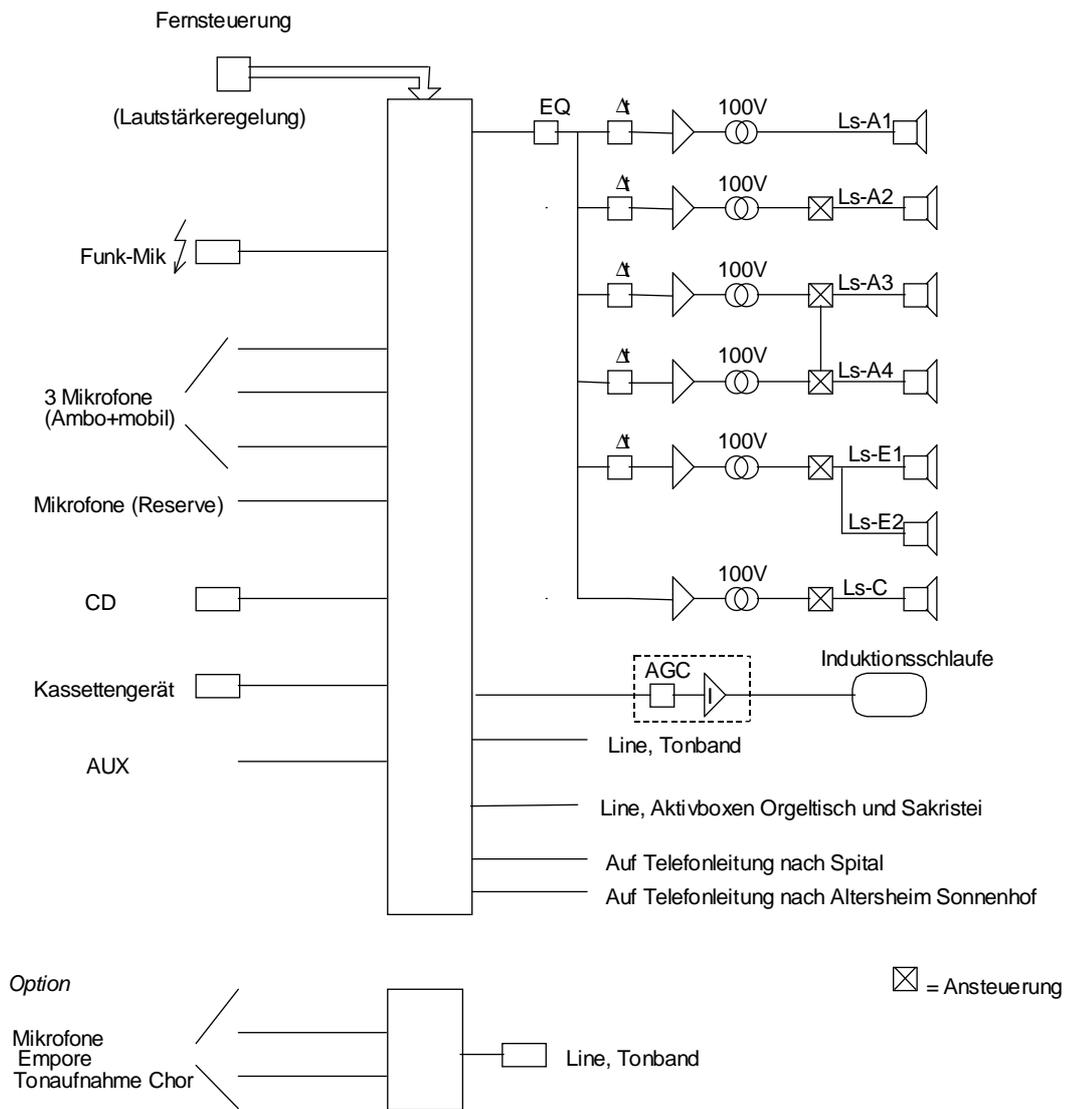


Abbildung B.2: Schema 2: Vereinfachtes Prinzip-Schema mit Zeitverzögerung

Anhang C

Weiterführende Literatur / Quellennachweis

C.1 Normen, Richtlinien, Verordnungen

BS 6259:1997	British Standards Code of practice for the design, planning, installation, testing and maintenance of sound systems.
BS 7594:1993	British Standards: Code of practice for audio-frequency induction-loops systems (AFILS)
BS 7827: 1996	British Standards Code of practice for Designing, specifying, maintaining an operating emergency sound systems at sport venues.
DIN 18041	Hörsamkeit in mittleren und kleinen Räumen. 1968 (in Überarbeitung)
FIFA	Fussball Stadien. Technische Empfehlungen und Anforderungen. www.fifa.com.
IEC 60268-16:1998	Sound system equipment. Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index.
IGGH	Anforderungskatalog an hörbehinderte- und gehörlosengerechte Gestaltung. Bauliche und technische Massnahmen. Interessensgemeinschaft Gehörlose und und Hörbehinderte der Kantone Bern und Freiburg (IGGH), Bern. Erscheint im Februar 2001.
ISO 3382:1997	Acoustics - Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters
Ketteler, G.	Sportanlagenlärmschutzverordnung. Bedeutung der 18.BImSchV im Hinblick auf das Immissionsschutz-, Bau- und Zivilrecht einschliesslich des Rechtsschutzes. 372 S Heidelberg: C.F.Müller Verlag, 1998
LSV	Eidgenössische Lärmschutzverordnung. EDMZ 3003 Bern.
SN EN 60849:1998 IEC 60849:1998	Tonsysteme für Notrufzwecke; Sound systems for emergency purposes
SN EN 60118-4: 1998 IEC 60118-4: 1998	Hörgeräte Teil 4: Magnetische Feldstärke in Sprachfrequenz-Induktionsschleifen für Hörgeräte.
VDI-Richtlinie 3770	Emissionskennwerte von Schallquellen - Sport- und Freizeitanlagen. Entwurf Ausgabe:1999-08.

C.2 Fachliteratur

AES	Anthology Series: Sound Reinforcement, Microphones, Loudspeakers. Audio Engineering Society
Ahnert W., Steffen F.	Beschallungstechnik. Grundlagen und Praxis. S. Hirzel, Stuttgart 1993
Ballou, G. (Editor)	Handbook for Sound Engineers. The New Audio Cyclopedia. SAMS, USA, 1991
Barnett P., Woodgate J., Jones St.	Stadium Public Adress Systems. December 1991. Football Stadie Advisory Design Council, London
Davis D., Davis C.	Sound System Engineering. Second Edition. Howard W. Sams & Co., USA 1992
Fasold W., Veres E.	Schallschutz und Raumakustik in der Praxis. Verlag für Bauwesen. 1998
Haase K., Senf, M.	Materialien zur Hörsaalplanung. Hochschulplanung 111, HIS GmbH Hannover 1995

C.3 Quellennachweis der Abbildungen

Quelle	Abbildung
EMPA, Abt. Akustik/Lärmbekämpfung	6.2, 6.6, 6.8, 6.9, 6.10, 8.2, 8.6, 9.1, 9.2, 9.4, 11.1, 11.2
Imhof Akustik	6.1, 6.7, 8.5
Electro Voice	8.3
Frazier	8.4
Klein + Hummel	8.7
Duran Audio	8.8
AKG	8.9
Crown (http://www.crownaudio.com)	8.10, 8.13, 8.15
Shure	8.12
Sennheiser	8.14
Britisch Standard BS 6259:1997	8.16, 8.18
Everest F. Alton, The Master Handbook of Acoustics.	8.17
Aus: Ahnert W., Steffen F. Beschallungstechnik. Grundlagen und Praxis, S. Hirzel, Stuttgart 1993.	9.4