



Anforderungskatalog an hörbehindertengerechte Gestaltung

Bauliche und technische Massnahmen in den Bereichen
Beschallungsanlagen und Raumakustik

Impressum:

©2001, Interessengemeinschaft Gehörlose und Hörbehinderte der Kantone Bern und Freiburg IGGH, Geschäftsstelle, Sternengässchen 1 3011 Bern. Tel. 031 311 57 81 Fax 031 311 00 62

Homepage: www.iggh.ch E-mail: geschaeftsstelle@iggh.ch

Diese Publikation wurde von einer speziell gebildeten Arbeitsgruppe verfasst und ersetzt die entsprechenden Kapitel Höranlagen und Akustik einer älteren Publikation der IGGH: Anforderungskatalog an hörbehinderten- und gehörlosengerechte Gestaltung, bauliche und technische Massnahmen, vom Januar 1999.

Als Autoren dieses Anforderungskatalogs zeichnen sich verantwortlich:

Kurt Eggenschwiler, Dipl Akustiker SGA, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA, Abt. Akustik/Lärmbekämpfung, Dübendorf E-mail: kurt.eggenschwiler@empa.ch

Siegfried Karg, Alters- und Pflegezentrum Adlergarten, Winterthur
E-mail: siegfried.karg@bluewin.ch

David Norman, David Norman Audio Consulting, Ipsach E-mail:
dnorman@spectraweb.ch

Unter Mitwirkung der Arbeitsgruppe Baunorm der IGGH und der Schweizerischen Fachstelle für behindertengerechtes Bauen, Zürich.

Anforderungskatalog an hörbehindertengerechte Gestaltung

Bauliche und technische Massnahmen in den Bereichen Beschallungsanlagen und Raumakustik

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung	4
2. Beschallungsanlagen	7
2.1 Definition	7
2.2 Anforderungen an Beschallungsanlagen	7
2.3 Besondere Anlagen für Hörbehinderte	9
2.3.1 Anforderungen an induktive Höranlagen	9
2.3.1.1 Wirkungsweise der Induktionsschleife	10
2.3.2 Anforderungen an Infrarotanlagen	11
2.3.3 Anforderungen an FM-Anlagen	11
3 Planung und Einbau von Beschallungsanlagen	13
3.1 Allgemeine Anmerkungen zur Planung und zum Einbau von Beschallungsanlagen	13
3.2 Induktive Höranlagen	16
3.2.1 Planung und Einbau von induktiven Höranlagen	16
3.2.2 Störungen	19
3.2.3 Messverfahren	20
3.3 Induktions-, Infrarot- oder FM-Höranlage Eine Vergleichstabelle	21
3.4 Mikrofone	23
3.4.1 Mikrofone nach Wandlerprinzip	24
3.4.2 Mikrofone nach Aufnahmecharakteristik	25
3.4.3 Mikrofon-Verbindung zum Verstärker	26
3.4.4 Verschiedene Bauformen des Funk-Mikrofons	27
4 Raumakustik	28
4.1 Definition	28
4.2 Anforderungen	29
5. Planung und Massnahmen im Bereich der Raumakustik	30
5.1 Freiheit von Störgeräuschen	30
5.2 Raumakustische Verhältnisse	31
5.3 Hinweise für die Gestaltung	32
5.4 Vorgehen bei der Planung	34

1. Einleitung

Bauen für Behinderte ist auch für hörbehinderte Menschen ein Thema von zentraler Bedeutung. Dies wird häufig unterschätzt und ist in der Öffentlichkeit immer noch zu wenig bekannt. Ein erheblicher Teil der Bevölkerung, (neuste Untersuchungen sprechen von 19%)¹ ist von einer Hörbehinderung betroffen. Rund 150'000 Menschen tragen ein Hörgerät, 10'000 sind ertaubt. Gehörlose Menschen gibt es 8'000 in der Schweiz.

Hörbehinderte Menschen sind kommunikationsbehindert und als solche im Kontakt mit Gesprächspartnern je nach Grad ihrer Hörbehinderung eingeschränkt. Denn was sie akustisch nicht wahrnehmen können, versuchen sie mit den Augen zu kompensieren

Als Grundsatz gilt daher: Alle Informationen sind nach dem 2 Sinne Prinzip der gleichzeitigen und gleichwertigen akustischen und optischen Wiedergabe zu vermitteln. An vorderster Stelle stehen sicher aufmerksame und rücksichtsvolle GesprächspartnerInnen. Mit speziellen bau- und elektrotechnischen Massnahmen sind zudem in öffentlichen Gebäuden Voraussetzungen zu schaffen, die die Wahrnehmung von vielfältigen Kommunikationsformen im täglichen Leben unterstützen.

Je nach Grad ihrer Hörbehinderung sind dazu unterschiedliche Voraussetzungen notwendig:

- Menschen mit einer leichten Schwerhörigkeit, mit oder ohne Hörgeräteversorgung, die den grössten Teil dieser Behindertengruppe ausmachen, sind auf eine optimale akustische Qualität der Informationswiedergabe angewiesen: oder auf eine Raumakustik ohne Verzerrungen oder Halleffekte und auf konzeptionierte, einwandfrei funktionierende Beschallungsanlagen. Denn in lärmiger Umgebung oder bei störenden Nebengeräuschen wird ihnen die akustische Wahrnehmung mehr noch als bei Normalhörenden erschwert oder gar verunmöglicht.
- Mittel- bis hochgradig Schwerhörige mit einem Hörgerät oder einem Cochlea Implantat verstehen bei störenden Nebengeräuschen und Lärm nichts mehr. Um an Veranstaltungen und Diskussionen teilnehmen und die Sprechenden verstehen zu können, sind sie auf spezielle Höranlagen angewiesen. Menschen mit hochgradiger Schwerhörigkeit verstehen teilweise selbst damit noch nicht alles. Sie versuchen ihre Hörlücken damit zu kompensieren, dass sie auf die Sprechbewegungen der Lippen und

¹ „19% der deutschen Bevölkerung > 14 Jahre ist hörbeeinträchtigt.“

Wolfgang Sohn, Aktueller Stand der Schwerhörigkeit in Deutschland, Ergebnisse einer repräsentativen Hörscreening-Studie, in Hörakustik 3/2000, s. 9.

die Mimik und Gestik ihrer GesprächspartnerInnen achten. Die Beleuchtungsverhältnisse in Räumen sind daher so zu gestalten, dass ein Blickkontakt auf die Sprechenden ohne Gegenlicht oder störenden Schlagschatten zu jeder Tageszeit möglich ist. Diese Form der Wahrnehmung ist besonders bei Vorträgen und Referaten sehr anstrengend. Eine zusätzliche Entlastung bringt der Einsatz von optischen Informationsträgern (z.B. Projektoren) mit stichwortartiger Vermittlung der Inhalte.

- Spätertaubte Menschen nehmen alle Informationen optisch wahr. Gute Beleuchtungsverhältnisse sowie der Einsatz von speziellen SchreiboldmetscherInnen sind erforderlich.
- Gehörlose Menschen nehmen alle Informationen optisch wahr. Gute Beleuchtungsverhältnisse sowie der Einsatz von DolmetscherInnen für Gebärdensprache sind erforderlich.
- Es ist zu beachten, dass der Begriff „Hörbehinderte“ sowohl von schwerhörigen, spätertaubten als auch von gehörlosen Menschen oftmals als Oberbegriff verwendet wird. Die konkreten Bedürfnisse sind jedoch verschieden. Schwerhörige / spätertaubte Menschen kennen in der Regel keine Gebärdensprache. Für gehörlose Menschen ist sie hingegen das Hauptkommunikationsmittel.

Diese Publikation hat zum Ziel, das Bewusstsein der Fachleute zu fördern und spezifisches Fachwissen zu vermitteln:

- Sie definiert die Anforderungen an Beschallungsanlagen für Sprache in Zusammenwirkung mit der Raumakustik.
- Es werden wesentliche Aspekte dargestellt, die bei der Planung und Ausführung zu berücksichtigen sind.
- Besondere Aufmerksamkeit wird den speziellen Höranlagen für Hörbehinderte gewidmet. Leider ist immer wieder festzustellen, dass trotz erheblichem technischen und finanziellen Beschaffungsaufwand die Schlussergebnisse unbefriedigend sind. Häufig fehlen entsprechende Konzepte, die bereits während der Planungsphase die eng verflochtenen Komponenten von Nutzung, Raum- und Elektroakustik berücksichtigen. Nachträglich eingeleitete Verbesserungen von Mängeln führen zu Mehrkosten, die vermieden werden könnten, wenn frühzeitig kompetente und unabhängige Fachleute beigezogen würden.

Wir stützen uns bei unseren Ausführungen im Wesentlichen auf die von der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik publizierten Empfehlungen für

Beschallungsanlagen für Sprache², die wir als weiterführende Schrift empfehlen.

Mit der Darstellung der Lichtverhältnisse und der besonderen Beleuchtung in Räumen werden wir uns in einer folgenden Publikation eingehend befassen.

Zum Schluss danken wir den Mitgliedern der Arbeitsgruppe Baunorm der IGGH, der Schweizerischen Fachstelle für behindertengerechtes Bauen und allen weiteren Mitwirkenden für ihre wertvolle Unterstützung.

Besonders bedanken möchten wir uns bei den Autoren dieses Anforderungskataloges, die mit ihren Beiträgen diese Publikation erst ermöglicht haben.

Bern, im März 2001 Daniel Ziegler, Geschäftsführer IGGH

² Beschallungsanlage für Sprache, Empfehlungen für Architekten und Bauherrschaften. Herausgeberin Schweizerische Gesellschaft für Akustik, Ausgabe Januar 2001.

Zu beziehen bei 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

2. Beschallungsanlagen

2.1 Definition

Damit hörbehinderte Menschen in grossen Räumen, Hallen oder im Freien akustische Übertragungen verstehen können, sind sie auf einwandfrei funktionierende und speziell konzipierte Anlagen angewiesen. Dies sind Lautsprecheranlagen, induktive Höranlagen, Infrarotanlagen und FM-Anlagen.

2.2 Anforderungen an Beschallungsanlagen

Für Beschallungsanlagen werden von der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik SGA Empfehlungen herausgegeben.³ Diese Empfehlungen listen die Schritte auf, welche bei der Planung und Realisierung einer Beschallungsanlage eingehalten werden müssen. Sie enthalten auch die Anforderungen, welche von Beschallungsanlagen für Sprache erfüllt werden müssen und zeigen, wie die Anforderungen kontrolliert werden können. Sie weisen auf den Zusammenhang hin, der zwischen den Einflüssen der Raumakustik und der Störgeräusche besteht, und geben eine allgemeine Einführung in die Funktion, das Konzept und die Komponenten einer Beschallungsanlage.

Die Anforderungen welche an eine Beschallungsanlage gestellt werden müssen, können wie folgt umschrieben werden⁴:

- **Sprachverständlichkeit:** Die Sprachverständlichkeit muss im ganzen Publikumsbereich möglichst gut sein.
- **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.

³ Beschallungsanlagen für Sprache. Empfehlungen für Architekten und Bauherrschaften. Herausgegeben von der Schweizerische Gesellschaft für Akustik. c/o Bereich Akustik, SUVA, Postfach 4358, 6002 Luzern. Fax 041 419 62 13. www.sga-ssa.ch

⁴ Die Anforderungen sind in den Empfehlungen der SGA detailliert aufgeführt. (siehe Fussnote ³)

- **Ortung:** Falls im gleichen Raum vorhanden, soll die Originalschallquelle (Sprechende Person) akustisch dort lokalisiert werden, wo sie sich optisch befindet.

Weitere Anforderungen, die eine Beschallungsanlage zu erfüllen hat:

- **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.

2.3 Besondere Anlagen für Hörbehinderte

Besondere Anlagen wie induktive Höranlagen-, Infrarot- oder FM-Anlagen sind für Hörbehinderte von hohem Nutzen, denn sie ermöglichen eine direkte Übertragung ohne störende Nebengeräusche auf einen Kopfhörer oder für Hörbehinderte mit Hörgerät auf eine eingebaute Induktionsspule (falls vorhanden) oder für Hörbehinderte mit Cochlea Implantat auf eine externe Induktionsspule (falls vorhanden). Die Raumakustik ist dabei weitgehend ausgeschaltet, Hallerscheinungen und Reflexionen sind nicht von Bedeutung. Entzerrungsmassnahmen sind über Einstellungen im Hörgerät oder Cochlea Implantat geregelt.

In dieser Publikation werden die induktiven Höranlagen besonders hervorgehoben. Diese sind am gebräuchlichsten, vergleichsweise kostengünstig und der Wartungsaufwand ist gering. Siehe dazu die Vergleichstabelle unter Ziff. 3.3, s. 17.

2.3.1 Anforderungen an induktive Höranlagen

Induktive Höranlagen sind in erster Linie in Versammlungsräumen, Mehrzweckhallen, Aulen, Sälen usw. zu installieren. Sie haben die Anforderungen der Schweizer Norm SN 60118-4:1998 zu erfüllen:⁵

- **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).

⁵ SN EN 60118-4: Hörgeräte Teil 4: Magnetische Feldstärke in Sprachfrequenz-Induktionsschleifen für Hörgeräte. (=IEC 60118-4, frühere Nummerierung IEC 118-4)

Anmerkung 2:

Der Langzeitmittelwert von Sprache beträgt bei angehobener Sprechweise rund 66 dB(A) in 1 m Abstand vom Sprechermund entfernt. ⁶.

- **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.

2.3.1.1 Wirkungsweise einer Induktionsschleife

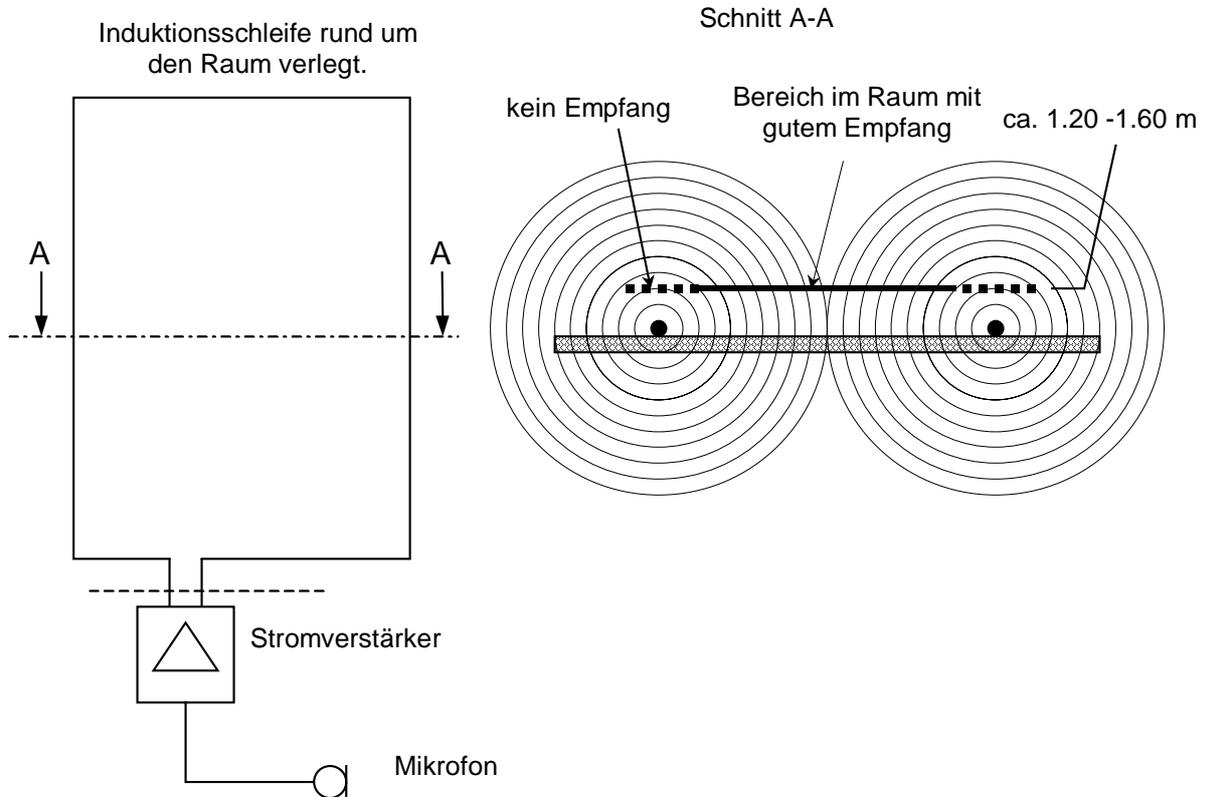
Ein mit Strom durchflossener Draht strahlt ein elektromagnetisches Feld ab. Dieses Feld induziert in einer kleinen Spule, die in Hörgeräten eingebaut ist, eine elektrische Spannung. Bei der induktiven Höranlage wird in den Draht ein Strom eingepreßt, der proportional zur Stärke der Schallwellen ist, welche auf das Mikrofon der Sprechenden Person eintreffen. Die in der Spule des Hörgerätes induzierte Spannung ist wiederum proportional zur Stärke der Schallwellen. Es kann also auf diese Weise das Schallsignal drahtlos in das Hörgerät übertragen werden.

Der Vorteil der induktiven Höranlage liegt darin, dass dieses Signal fast nur Direktschall enthält, vorausgesetzt, der richtige Mikrofontyp wird verwendet und das Mikrofon wird nahe genug besprochen. Die Raumreflexionen (Nachhall) und die Störgeräusche im Raum sind viel weniger stark enthalten. Auf diese Weise ist die Sprachverständlichkeit für den hörbehinderten Menschen viel besser.

Die folgende Zeichnung zeigt, wie die Feldlinien des magnetischen Feldes bei einer rund um einen Raum verlegten Induktionsschleife verlaufen. In der Spule des Hörgerätes wird nur dann eine Spannung erzeugt, wenn die Feldlinien möglichst *senkrecht* durch die Spule verlaufen. Aufrechte Haltung der Hörgeräteträger vorausgesetzt ist zu erkennen, in welchen Bereichen die Induktionsschleife funktioniert. Direkt über der Schleife

⁶Heckl, M., Müller, H. A. (Hrsg.). Taschenbuch der Technischen Akustik. Springer-Verlag, Berlin 1994 S. 98

ist kein Empfang möglich. Zwischen den Schleifendrähten verlaufen die Feldlinien einigermassen senkrecht, es kann ein Signal empfangen werden.



2.3.2 Anforderungen an Infrarotanlagen

Infrarotanlagen kommen hauptsächlich dort zur Anwendung, wo durch elektrische Installationen viele Störquellen erzeugt werden, besonders in Theatern. Allerdings ist zwischen dem Sender und dem Empfänger eine Sichtverbindung erforderlich. Einfallendes Licht stört die Übertragung. Im Gegensatz zur induktiven Höranlage benötigen die BenutzerInnen zusätzlich spezielle Infrarotempfänger. Eine Abgabestelle (z.B. an der Garderobe, am Empfang) und eine regelmässige Wartung der Geräte sind unumgänglich. Der Infrarotempfänger besteht, vergleichbar mit dem Stethoskop, aus zwei Hörmuscheln oder einem Taschengerät. HörgeräteträgerInnen benötigen noch zusätzlich verschiedene Überbrückungsgeräte wie einen Audioanschluss, eine externe Induktionsspule oder eine Induktionsplatte.

2.3.3 Anforderungen an FM-Anlagen

FM-Anlagen sind in den USA weit verbreitet, in der Schweiz jedoch wesentlich seltener anzutreffen. Sie finden vorwiegend Verwendung in Schulen und Ausbildungsstätten.

Es gibt grundsätzlich zwei Systeme:

- Beim einen System, welches vor allem in den USA bevorzugt wird, hat der Benutzer einen speziellen FM-Taschenempfänger. Dieser wird, genau gleich wie bei der Infrarotanlage, mit Kopfhörer, Induktionsplatte oder Ähnlichem benutzt. Es gibt nur sehr wenige Systeme, welche den Anforderungen des BAKOM⁷ entsprechen.
- Beim zweiten System wird für den Empfang der FM Signale ein kleiner in einen Audioschuh integrierter Funk-Empfänger auf das Hörgerät gesteckt (oder dieser ist bereits ins Hörgerät integriert). Der Sprecher benötigt ein mit dem Funk-Empfänger kompatibles Mikrofon mit integriertem Sender derselben Marke für das Senden der Signale. Der Funkempfänger am Hörgerät und das Mikrofon müssen auf dieselbe Frequenz programmiert sein. Für den mobilen Gebrauch in Schulen usw. ist dies ein sehr flexibles und praktisches System. Für öffentliche Räume mit festen Mikrofoninstallationen ist es eher ungeeignet.

⁷ Bundesamt für Kommunikation

3. Planung und Einbau von Beschallungsanlagen

3.1 Allgemeine Anmerkungen zur Planung und zum Einbau von Beschallungsanlagen

- Eine gute Raumakustik ist Voraussetzung für das richtige Funktionieren einer Beschallungsanlage. Die Planung einer Beschallungsanlage muss deshalb in Korrespondenz mit der raumakustischen Planung erfolgen.
- Die Kenntnis der Störgeräuschpegel beim Betrieb der Beschallungsanlage ist grundlegend für die richtige Dimensionierung der Beschallungsanlage.
- In den Empfehlungen der SGA sind Anforderungen an Beschallungsanlagen für Sprache in Bezug auf Sprachverständlichkeit, Lautstärke, Lautstärkeverteilung, Klangqualität, Ortung, Bedienung und Betriebssicherheit festgelegt.
- Die Anforderungen an die Beschallungsanlage sollen möglichst so gestellt sein, dass sie klar überprüfbar sind.
- 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.
- Auch andere Beschallungsanlagen, die nicht ausdrücklich als Notrufsystem geplant sind, sollten die oben erwähnte Norm wenigstens in den wichtigsten Teilen erfüllen, wenn sie für grössere Menschenansammlungen eingerichtet werden.
- Allgemein müssen an Beschallungsanlagen für Sprache klare Anforderungen an Sprachverständlichkeit, Lautstärke, Lautstärkeverteilung im Raum, Klangqualität und Ortung gestellt werden. In der Empfehlung der SGA werden quantitative Vorschläge gemacht, die nach Inbetriebnahme einer Anlage überprüft werden können.
- Räume ergeben in Bezug auf die Beschallung ganz unterschiedliche Randbedingungen: Nutzung, Geometrie, Nachhall, etc. In der Empfehlung der SGA werden einige Hinweise zu Problemen in spezifischen Räumen gemacht.
- Je nach den gegebenen Randbedingungen erzeugt ein anderes Beschallungskonzept die besseren Resultate.
- 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.

- Eine Direkt- oder Nahbeschallung (z.B. Lautsprecher auf dem Pult) kann unter sehr schwierigen Bedingungen eine gute Lösung sein.
- Eine Folgebesehallung wird in sehr halligen Räumen oder bei besonderen geometrischen Verhältnissen eingesetzt.
- Eine Frontal- oder Portalbeschallung ist eine weitere Variante, welche bei bestimmten geometrischen Randbedingungen realisiert wird.
- Eine Deckenbeschallung (z.B. Einbau der Lautsprecher in eine abgehängte Decke) sollte nur bei niedrigen Räumen verwendet werden.
- Eine Beschallungsanlage muss möglichst einfach aufgebaut werden. Sie enthält also nur die unbedingt notwendigen Geräte.
- Lautsprecher müssen speziell für ihre Aufgabe der Sprachbeschallung ausgewählt werden. Je nach Raumgeometrie und raumakustischen Verhältnissen ist ein anderer Lautsprechertyp optimal. Musikklautsprecher eignen sich in der Regel nicht.
- Auch die Mikrofone sind für die jeweilige Situation auszuwählen.
- Effektgeräte wie Klangverbesserer, Sprachverbesserer, Harmonizer etc. sind unnötig. Sie führen sogar oft zu einer Verschlechterung der Ergebnisse.
- Bei sehr schwierigen Situationen können spezielle Feedback-Eliminatoren zur Verbesserung der maximal erreichbaren Verstärkung eingesetzt werden.
- 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.

Je nach Grösse der Anlage müssen zwei, drei oder mehr Personen über die richtige Einstellung der Anlage instruiert werden. Eine leichtverständliche schriftliche Bedienungsanleitung sowie ein Protokoll mit den Grundeinstellungen der Anlage sollte jederzeit greifbar sein.

Folgendes Vorgehen bei der Realisierung einer Beschallungsanlage wird empfohlen:

- **Pflichtenheft** erstellen mit Hilfe aller Nutzer (inkl. Schwerhörigenverein).
- **Raumakustik** abklären und ev. Ergreifen von raumakustischen Massnahmen.

- **Konzept** der Anlage auf Grund von Pflichtenheft, Raumgeometrie und Raumakustik. (Beschallung und induktive Höranlage)
- 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 besonderen Anlage für Hörbehinderte, mit Messungen (Einhaltung der Norm SN EN 60118-4)

3.2 Induktive Höranlagen

3.2.1 Planung und Einbau von induktiven Höranlagen

Der Einbau einer induktiven Höranlage setzt besondere Kenntnisse voraus. Wir empfehlen daher folgendes Vorgehen:

- Den Beizug einer/von einem HöranlageberaterIn bereits im Planungsstadium
- Aufgrund der Planungsunterlagen oder nach Besichtigung an Ort und Stelle kann die entsprechende Lösung vorgeschlagen werden.
- Nach der Installation und Inbetriebnahme erfolgt die Schlussabnahme durch die Fachperson.
- Erst nach Zustimmung dieser Fachperson gilt die Anlage als abgenommen.

Die in Norm SN EN 60118-4:1998 gestellten 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 weg von der Publikumsfläche auf Bodenniveau einzulegen. Denkbar ist aber auch das Einbringen der Schleife z.B. im Dachstock oder entlang der Aussenwand.
- In Abb. 2.3.1.1 sind zwei prinzipiell mögliche Verlege-Arten dargestellt. Die Acht kommt vor allem bei grösseren Räumen (mit Mittelgang) in Frage.
- Völlig falsch ist das kammartige Verlegen wie in Abb. 2.3.1.2 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.

- Bei grösseren Räumen ist für die Dimensionierung der Induktionsschleife eine Computersimulation angebracht.
- 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).

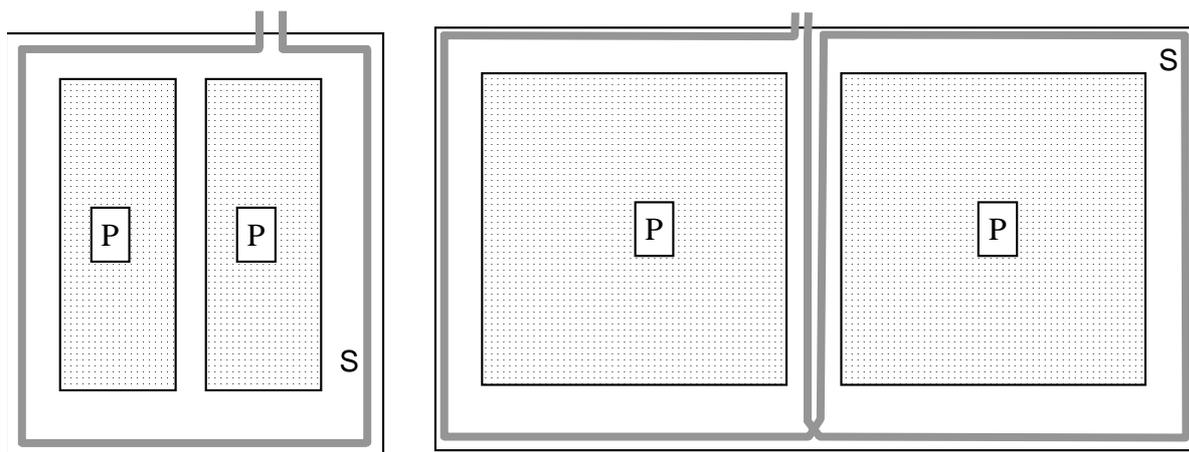
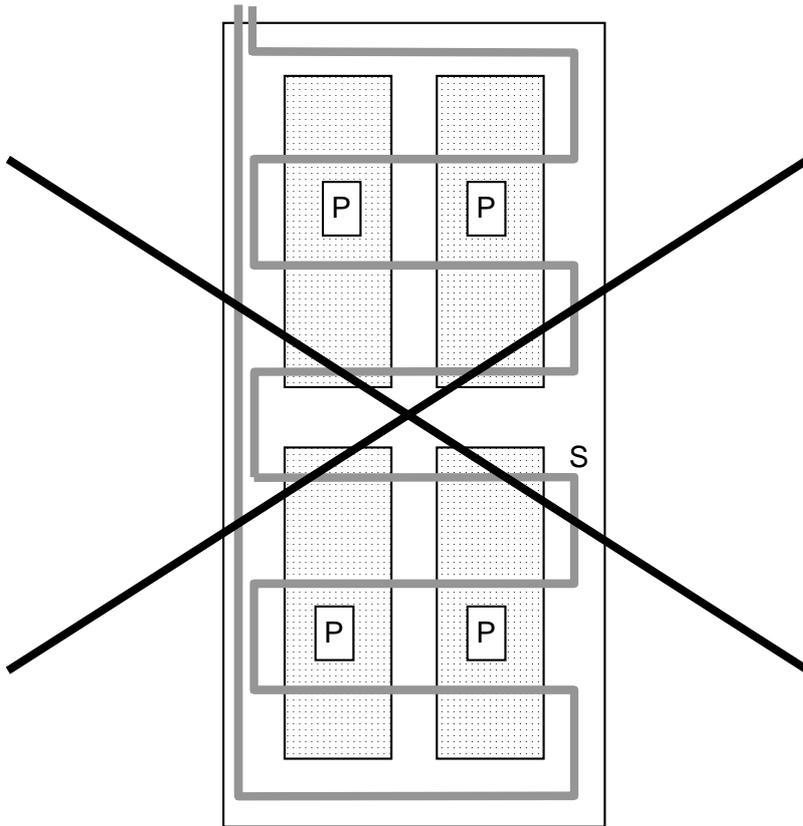


Abb. 2.3.1.1. Schematische Darstellung zum richtigen Verlegen einer Induktionsschleife für eine induktive Höranlage. Links: Einfache Schleife. Rechts: Verlegung als Acht. P=Publikumsbereich, S=Induktionsschleife.}



Abn. 2.3.1.2. Falsch verlegte Induktionsschleife für eine induktive Höranlage. P=Publikumsbereich, S=Induktionsschleife .

- Bei der Verlegung in Neubauten soll das Induktionskabel in einem Elektrorohr (empfohlen 11 mm) mit genügend grossen Radien verlegt werden. Eingebaut wird es im Boden, in der Decke (wobei bei Deckenhöhe von mehr als ca. 3 m der Strombedarf steigt) oder unter Umständen im Boden ausserhalb des Raumes. Im Betonboden muss das Rohr über den Armierungseisen verlegt werden. Hinter Armierungseisen und Metallkörpern (z.B. grösseren Heizkörpern) verlegt, werden die Induktionssignale abgeschirmt und verunmöglichen eine Signalübertragung.
- Vor dem Einbau in Neubauten ist es notwendig, vor dem Verlegen der Rohre, eine Versuchsanlage mit der vorgesehenen Schleifenform aufzubauen um, und Frequenzgang zu messen. Falls die Norm nicht erfüllt wird, muss eine andere Schleifenform gewählt werden. Wenn der Hersteller der Induktions-Stromverstärker einen Design-Service für Induktionsschleifen offeriert, kann mit einer genormten Schleife der sogenannte Metallverlust gemessen werden, den der Hersteller für seine Berechnungen benötigt.
- Bei der Verlegung in Altbauten hat sich das Einlegen des Induktionskabels in Fusssockelkanäle, Fussleisten oder eine

heruntergehängte Decke bewährt, vorausgesetzt, diese ist nicht aus zusammenhängenden Metallteilen konstruiert.

- Falls der Induktions-Stromverstärker zusammen mit einer Lautsprecheranlage eingebaut wird, muss das Audiosignal vor dem Einstellgerät (Equalizer) abgenommen werden. Eine Korrektur der Tonhöhe (Equalization) ist normalerweise überflüssig. Ebenso sind die Lautstärken von induktiven Höranlagen und Lautsprechern getrennt zu regeln.
- In einer britischen Norm werden Angaben zur Planung von solchen Anlagen gemacht: British Standards BS 7594:1993. Code of practice for audio-frequency induction-loop systems (AFILS)

3.2.2 Störungen

Folgende Faktoren beeinflussen die Qualität der induktiven Höranlagen negativ, resp. erzeugen Störungen:

- **Störgeräusche**

werden z.B. verursacht durch Einstreuung von unerwünschten elektromagnetischen Feldern z.B. von Stromleitungen, der Fahrleitung von Zügen, Trams und Trolleybussen, von Lichtinstallationen insbesondere von Neonröhren, Maschinen aller Art, Transformatoren usw.

Leider können solche Felder nur mit enormem Aufwand abgeschirmt werden. Es ist wichtig, diese Faktoren im Vorfeld zu ermitteln, und ev. notwendige Massnahmen zu ergreifen (z.B. Verschiebung von Stromleitungen) oder im Extremfall auf eine induktive Höranlage zu verzichten.

Ein anderer Fall liegt vor, wenn das Brummen von der Höranlage selber kommt. Dies wird durch unsauber ausgeführte Tonanlagen verursacht. Eine Lösung in diesem Fall ist, abgeschirmte Leitungen zu verwenden, auf die Erdung zu achten usw. Eine kompetente Installationsfirma kann hier Abhilfe schaffen.

- **Pfeifen oder hochfrequentes Schwingen**

wird ausgelöst durch induktive Rückkoppelungen. Die Eingänge der Verstärker sind sehr empfindlich. Es sind daher unbedingt abgeschirmte Kabel zu verwenden.

- **Gegenseitige Beeinflussung**

entsteht durch zwei benachbarte induktive Höranlagen. Das Magnetfeld baut sich kreisförmig nach allen Seiten um die Induktionsschleife auf und durchdringt in einem begrenzten Bereich Wände (z.B. gemauerte Wände, Holzwand) in die angrenzenden Räume (jedoch nicht im gleichen Ausmass wie FM-Anlagen).

Dies kann durch spezielle Schleifen- und Verstärkertechnik (Low Spillover Systems) verhindert werden. Das Design solcher Anlagen ist dem Spezialisten zu überlassen.

3.2.3 Messverfahren von induktiven Höranlagen

Mit einem kalibrierten Messgerät sind die in Kapitel 3.2.1 definierten Anforderungen zu überprüfen:

Feldstärke: 100 mA/m \pm 3dB
maximale Feldstärke: 400 mA/m
Frequenzgang: 100 Hz - 5,000 Hz bei 100mA/m
Störgeräusche: -40 dB bezogen auf 1 A/m, A-bewertet.

Sofern eine Anlage die Anforderungen in einem gewissen Bereich des Zuschauerraumes nicht erfüllt, sollten die Plätze mit gutem Empfang auf geeignete Weise gekennzeichnet werden.

3.3 Induktive-, Infrarot- oder FM-Höranlage Eine Vergleichstabelle

Induktion	Infrarot	FM
Kosten der Anlage:		
Relativ günstig	Sehr teuer	Teuer, aber günstiger als Infrarot
Zusätzliche Installationskosten für Hörbehinderte, wenn eine Infrarothöranlage bereits montiert ist (z.B. wegen Simultanübersetzung):		
Induktive Höranlage (Kosten < Fr. 3,000.-, ohne Schleife).	Spezialempfänger notwendig, da die normalen Kinnbügelempfänger für Hörbehinderte nicht geeignet sind. Empfänger (Sennheiser Typ EKI1029 plus Induktionsplättchen oder Schlinge) > Fr. 600.-/Stück.	Wie Infrarot. Gewisse Systeme funktionieren nur mit einer Marke Hörgeräte.
Wartungskosten:		
Keine	Regelmässige Wartung der Empfänger notwendig. Die Akkus und speziellen Übergangskabel müssen gewartet und ev. ersetzt werden.	Wie Infrarot. Ausnahme: Spezielles System für eine Marke von Hörgeräten, wo keine regelmässige Wartung notwendig ist.
Administrative Kosten:		
Mit dem internationalen Piktogramm ist auf Räume aufmerksam zu machen, in denen induktive Höranlagen installiert sind. Wenn die Induktionsschleife nicht im ganzen Raum installiert ist, muss zudem der Bereich für Hörbehinderte gekennzeichnet sein.	Für jeden Anlass (mit oder ohne Simultanübersetzung) muss eine Ausgabe-Rücknahmestelle für die Empfänger eingerichtet werden. Die Empfänger sind zu reinigen (auf Hygiene achten) und zu laden.	Wie Infrarot. Ausnahme: spezielles System für eine Marke von Hörgeräten. Der Hörgeräteträger hat sein eigenes Gerät.
Vor und Nachteil für Hörbehinderte:		
Der Schalter am eigenen Hörgerät muss nur auf Position T gestellt werden. Die Hörbehinderung wird für andere nicht unmittelbar sichtbar.	Die hörbehinderte Person muss sich als behindert bei der Abgabestelle melden und ein Zusatzgerät tragen, welches sie als behinderte Person ausweist. Der Umgang mit dem speziellen Empfänger (Anlegen der Teleschlinge oder der Induktions-Plättchen, Übergangskabel richtig einstecken, Kanalwahl, Volumenregler usw.) muss erklärt werden.	Wie Infrarot. Ausnahme: spezielles System für eine Marke von Hörgeräten. Der Hörgeräteträger hat sein eigenes Gerät. Spezielle Mikrofone mit eingebautem Sender müssen bei einem System benützt werden. Empfänger am Hörgerät muss auf gleiche Frequenz programmiert sein.
Technisches Merkmal:		
Feldstärke korrekt eingestellt.	Feldstärke variabel je nach genauer Position des Hörgerätes und Schlinge oder Plättchen.	Wie Infrarot. Ausnahme: spezielles System für eine Marke von Hörgeräten, da das Hörgerät schon angepasst ist.
Tageslicht kein Problem.	Tageslicht kann Störungen verursachen.	Tageslicht kein Problem.
Mit normalen Induktionsschleifen stören sich nebeneinander liegende Räume gegenseitig. Mittels speziellem Schleifendesign ist es möglich, nebeneinander	Nebeneinander liegende Räume kein Problem. (Diskretion)	Nebeneinander liegende Räume benötigen unterschiedliche Trägerfrequenzen, da Signale auf grosse Distanz empfangen werden können (keine Diskretion).

<p>liegende Räume mit unterschiedlichen Signalen zu versorgen ohne Störungen. Dies funktioniert normalerweise nur in der Horizontal-ebene, in der Vertikalebene ist diese Aufgabe schwieriger zu lösen.</p>		
<p>Automatischer Verstärkungsregler (AGC) in Grundsystem eingebaut.</p>	<p>Automatischer Verstärkungsregler (AGC) nicht in Grundsystem eingebaut. Ev. muss ein Kanal ausschliesslich für Hörbehinderte reserviert werden und mit einem zusätzlichem AGC versehen werden (Zusatzkosten).</p>	<p>Wie Infrarot. Ausnahme: spezielles System für eine Marke von Hörgeräten, da das Hörgerät schon angepasst ist.</p>

3.4 Mikrofone

Mikrofone wandeln Schall in elektrische Energie um, welche vom Induktions-Stromverstärker verstärkt und auf die Induktionsschleife gegeben wird.⁸

Das ideale Mikrofon für alle Situationen gibt es nicht. Deshalb gilt es je nach Anwendungs-Situation und Raumakustik das am besten geeignete Mikrofon auszuwählen.

Je nach raumakustischer Situation kann es bei Mikrofonen zu Rückkoppelung kommen, wenn Lautsprecher im selben Raum vorhanden sind. Man muss deshalb zwischen nachhallarmen Räumen (z.B. Tonstudios) und extrem halligen Räumen (z.B. gotische und einige moderne Kirchen) unterscheiden. In Räumen, in denen keine Wiedergabelautsprecher vorhanden sind (z.B. Rundfunk- oder Fernsehstudios) besteht keine Gefahr der Rückkoppelung.

Auch teure Studiomikrofone können die Gesetze der Physik nicht ausser Kraft setzen und müssen deshalb bei Sprachwiedergabe nicht automatisch bessere Ergebnisse erzielen. Oftmals kommen auch die besten Mikrofone an ihre Grenzen, wenn nicht raumakustisch verbessernde Massnahmen in extrem halligen Räumen (z.B. Sitzkissen in Kirchen) subsidiär dazu kommen.

Bei den Mikrofonen unterscheidet man zwischen a) verschiedenen Wandlerprinzipien (dynamisch, Kondensatormikrofon) b) der Aufnahmecharakteristik (Kugelcharakteristik, Richtcharakteristik, Grenzflächen-Mikrofon) c) der Verbindung zum Verstärker (kabelgebunden, drahtlos).

⁸ Ausführliche Angaben in: Beschallungsanlagen für Sprache. Empfehlungen für Architekten und Bauherrschaften, hrsg. von der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik (Abschnitt 8.3 Mikrofone und 10.1 Sprechen mit dem Mikrofon)

Die folgenden Vergleichstabellen zeigen die Vor- und Nachteile auf.

3.4.1 Mikrofone nach Wandlerprinzipien

Dynamisches Mikrofon		Kondensator-Mikrofon	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
<p>Günstiger Preis, robust, halten hohen Schalldruck aus, gute Übertragungseigenschaften, ausgezeichnete Sprachwiedergabe bei guter Sprechdisziplin.</p>	<p>Benötigen hohen Schalldruck, man muss nahe ans Mikrofon herangehen. Bewegungsfreiheit eingeschränkt. Durch die Nahbesprechung verändert sich der natürliche Klang der Stimme. Bei Explosivlauten Gefahr von „Popp-Geräuschen“. Körperschall-empfindlich, müssen „weich“ gelagert werden.</p> <p>In halligen Räumen (z.B. Kirchen) keine dynamischen Mikrofone mit Kugelcharakteristik (siehe unten) verwenden, da sonst zuviel Raumhall übertragen wird.</p>	<p>Abstand vom Mund zum Mikrofon kann grösser sein (als beim dynamischen). Grössere Bewegungsfreiheit.</p> <p>Kondensator-Mikrofon mit Stromversorgung durch Phantomspeisung (keine Wartung!)</p> <p>Für induktive Höranlagen sehr zu empfehlen.</p>	<p>Teurer (als dynamisches)</p> <p>Mikrofon mit Stromversorgung durch Batterie (Wartung!)</p>

3.4.2 Mikrofone nach Aufnahmecharakteristik

Kugelcharakteristik (omnidirectional)		Richtcharakteristik (unidirectional)		Grenzflächen-Mikrofon (Druckzonen-Mikrofon)	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
<p>Grosser Aufnahmebereich. Man muss nicht sehr nahe ans Mikrofon (mehr Bewegungsfreiheit), geeignet für Musikaufnahmen eines Orchesters.</p> <p>Sonderform: Lavalier- (Umhänge-) Mikrofon: Kugelcharakteristik wird durch den Körper näherungsweise zur Halbkugel, weniger Nachhall wird übertragen</p>	<p>Raumhall wird ebenfalls übertragen, schlechte Sprachverständlichkeit. Für induktive Höranlagen nicht geeignet!</p> <p>Sprecher kann beim Reden versehentlich auf Mikrofonkabel treten.</p>	<p>Nur der direkt von vorne und schräg von vorne aufs Mikrofon treffende Schall wird aufgenommen („Nieren“-Charakteristik des Richtdiagramms)</p> <p>Sehr gute Sprachverständlichkeit, da nur Sprache der redenden Person und wenig Raumhall übertragen wird.</p> <p>Sonderformen: Superniere (noch engere Richtcharakteristik); Hyperniere (noch schmaler)</p> <p>Grosser Besprechungsabstand in der Bezugsachse.</p>	<p>Bedingt Sprechdisziplin.</p>	<p>Nehmen Schall auf grosse Distanz und aus allen Richtungen auf. Müssen auf schallreflektierender Unterlage (Grenzfläche) platziert werden.</p> <p>Auch für Gruppengespräch (am Tisch) geeignet.</p>	<p>Nur in akustisch trockenen Räumen (Spanntepich, dicke Vorhänge) mit geringem Nachhall. Als Sprachmikrofon für einen einzelnen Redner nicht geeignet. Für induktive Höranlage nicht geeignet (höchstens als Zusatzmikrofon zum Rednermikrofon, um den Raumklang [z.B. des Orgelspiels] ebenfalls zu übertragen).</p>

3.4.3 Mikrofon-Verbindung zum Verstärker

kabelgebunden		Funkmikrofon	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
<p>Vom Preis her am günstigsten. Benötigt keinerlei Bedienung und Wartung. Mikrofonbuchsen an verschiedenen Orten im Raum. Nur kurzes Kabel bis zum Mikrofonstativ.</p> <p>Bei Festinstallationen (symmetrischer Anschluss) keinerlei Störungen durch Funkfrequenzen (wie beim Funkmikrofon).</p> <p>Bei fest installierten Rednerpulten (Kanzel) sehr gut geeignet.</p>	<p>Redner kann sich nicht frei bewegen. Ist ans fest installierte Mikrofon oder an das aufs Stativ montierte Mikrofon gebunden. Frei liegende Mikrofonkabel (Stolpergefahr).</p>	<p>Redende Person kann sich frei im Raum bewegen. Keine Stolpergefahr (Mikrofonkabel).</p> <p>UHF-Mikrofone weniger störungsanfällig als VHF-Mikrofone.</p>	<p>Sehr teuer (Preise sind zwar beträchtlich gesunken!). Zusätzlich zum Mikrofon Sender und Empfänger notwendig. Zwischen Sendeantenne und Empfangsantenne keine Wände mit sehr viel Eisen. Gefahr der Rückkoppelung (Pfeifen), wenn man zu nahe an einen Lautsprecher kommt.</p> <p>Das Gesprochene kann mit einem auf die gleiche Frequenz eingestellten Empfänger auf grosse Distanz mitgehört werden (Diskretion). Störungen durch elektrische Geräte und andere Funkfrequenzen möglich. Benötigt ständige Wartung (Akku/ Batterie) und Bedienung (Sender muss vor der Veranstaltung angestellt werden, sonst unnötiger Stromverbrauch).</p>

3.4.4 Verschiedene Bauformen des Funk-Mikrofons

Handmikrofon		Ansteckmikrofon		Nackenbügel-Mikrofon	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
<p>Solistenmikrofon bei Musikgruppen. Sender und Antenne (Stummelantenne) in Mikrofon eingebaut. Bei Diskussionen mit verschiedenen Rednern geeignet.</p>	<p>Relativ gross. Muss in der Hand gehalten werden. Meist dynamisches Mikrofon mit Richtcharakteristik (siehe oben). Es muss sehr präzise ins Mikrofon gesprochen werden (ungeübte Redner!). Anfällig für Popp-Geräusche.</p>	<p>Klein und unauffällig. Redner hat Hände frei. Meist Kugelcharakteristik: Es muss nicht so präzise ins Mikrofon gesprochen werden.</p>	<p>Muss mit einer Nadel oder Klemme befestigt werden (heikle Kleidung!). Kabel vom Mikrofon zum Sender mit Antenne muss unter der Kleidung getragen werden (Talar). Antennenkabel sollte möglichst senkrecht nach unten hängen (Hosenbein). Trotz der grösseren Bewegungsfreiheit darf der Redner den Kopf nicht zu sehr hin und her bewegen (beeinflusst Mikrofon-signal entscheidend).</p>	<p>Trotz völliger Bewegungsfreiheit ist die Distanz zwischen Mund und Mikrofon immer gleich. Immer gleichmässiger Sprachschallpegel.</p> <p>Idealstes Mikrofon überhaupt!</p>	<p>Kabel, das vom Mikrofon zum Sender führt, muss unter der Kleidung getragen werden (siehe Ansteckmikrofon). „Eitle“ Redner werden (noch!) Mühe haben, ein solches Mikrofon (Head Set) öffentlich zu tragen.</p>

4. Akustik

4.1 Definition

Hörbehinderte sind je nach Grad ihrer Hörschädigung nicht mehr in der Lage, ihr Gehör gezielt auf eine bestimmte Tonquelle zu richten und gleichzeitig störende Nebengeräusche einzudämmen oder diese gar auszublenden. Gute akustische Verhältnisse sind deshalb von wesentlicher Bedeutung.

- **Raumakustik**

Die Raumakustik befasst sich mit den Vorgängen der Schallausbreitung in Räumen. Im Rahmen dieses Anforderungskatalogs hat sie die Aufgabe, den Schall in einem Raum von der Quelle zu den Hörbehinderten so zu lenken, dass die Sprachverständlichkeit nicht beeinträchtigt, oder im Idealfall sogar verbessert wird. Weiter geht es darum, die Ausbreitung und Verstärkung von Fremdgeräuschen im Raum zu vermindern.

- **Bauakustik**

Die Bauakustik hat zum Ziel, die Schallübertragung von ausserhalb des Gebäudes nach innen und zwischen Räumen innerhalb des Gebäudes auf ein tolerierbares Mass zu vermindern. Es wird unterschieden zwischen der Übertragung von Luftschall und Körperschall.

Beispiel Luftschall: Sprachgeräusche, Radio, Fernsehen, Hifi.

Beispiele Körperschall: Haustechnische Geräusche, Trittschall.

- **Lärminderung an Maschinen und Geräten**

Haustechnische Anlagen, die sich im Raum oder irgendwo im Gebäude befinden, sollen so lärmarm wie möglich konstruiert und/oder installiert werden.

Beispiele: Liftanlagen, Sanitäreanlagen, Heizungen, Lüftungen, Diaprojektoren, etc.

4.2 Anforderungen

Gute akustische Verhältnisse für Hörbehinderte bedeutet:

- Geringe Lautstärke von Fremdgeräuschen (Bauakustik, Raumakustik, Lärminderung an Maschinen und Geräten)
- Starke frühe Schallreflexionen, wenig späte Raumreflexionen, kurzer Nachhall (Raumakustik).

Wenn in einem Gebäude und in einem Raum einige Faustregeln beachtet werden, sind schon recht gute Verhältnisse zu erwarten. Schliesslich sind aber in Bezug auf den Fremdgeräuschpegel und die Schallübertragung von Sprechenden zu Hörenden klare und eindeutige Anforderungen zu definieren und zu realisieren.

5. Planung und Massnahmen im Bereich der Raumakustik

5.1 Freiheit von Störgeräuschen

Normalhörende sind in der Lage, Sprache auch dann noch zu verstehen, wenn der Störgeräuschpegel 5 dB höher ist als das Sprachsignal. Für Hörbehinderte muss aber gefordert werden, dass das Störgeräusch mindestens 15 dB geringer ist als das Sprachsignal. Da wir nicht beliebig laut sprechen können, resp. als Hörende auch nicht beliebige Lautstärken ertragen, darf das Störgeräusch eine gewisse Schwelle nicht überschreiten. Carsten Ruhe⁹ fordert, dass in Klassenräumen von Schwerhörigenschulen ein **maximaler Fremdgeräuschpegel von 30 dB(A)**

nicht überschritten werden darf.

Diese Anforderungen beziehen sich auf die Geräusche von ausserhalb von Gebäuden (z.B. Strassenlärm), von anderen Räumen des Gebäudes (z.B. Sanitäranlagen, andere Klassenräume, Treppenhaus) und von innerhalb des Raumes (z.B. Lüftungsanlagen, Projektoren).

Die Anforderungen, die an ein Gebäude gestellt werden, sind in der SIA-Norm 181, "Schallschutz im Hochbau" geregelt. Daraus kann abgeleitet werden, welche baulichen Massnahmen für verschiedene Nutzungen erforderlich sind. Die in der SIA-Norm 181 aufgeführten Mindestanforderungen sind auf jeden Fall einzuhalten.

Für die spezifische Situation von Räumen/Gebäuden, in denen sich Hörbehinderte aufhalten, sind die um 5 dB erhöhten Anforderungen oder allenfalls speziell zu vereinbarende Anforderungen zu erfüllen.¹⁰ Die Anforderungen sind zusammen mit einem Akustiker zwischen Bauherrschaft und Architekten zu treffen. Die Nutzer müssen ihren Einfluss auf die Bauherrschaft geltend machen, wenn sie nicht die Bauherrschaft selber sind.

Die Anforderungen können in Restaurants, Essräumen, Wartesälen etc. kaum eingehalten werden. Um so wichtiger ist in diesen Räumen, dass der zwangsläufig vorhandene Störschall möglichst gering gehalten werden kann. Dazu sind am Schluss von Abschnitt 5.3. raumakustische Massnahmen aufgeführt.

⁹ DSB-Report 6/99

¹⁰In Anbetracht des anvisierten sehr niedrigen Störgeräusches sollten die erhöhten Anforderungen in jedem Fall eingehalten werden. Dies ergibt sich auch aus dem Umstand, dass die Lärmempfindlichkeit solcher Räume höher als im Normalfall ist.

5.2 Raumakustische Verhältnisse

Für die raumakustischen Verhältnisse gibt es im Gegensatz zur Bauakustik (siehe 5.1) keine bindenden Anforderungen. Für Räume, die vor allem für Sprache genutzt werden, kann aber folgendes aufgeführt werden:

- **Sprachverständlichkeit**

Die Schallausbreitung im Raum soll die Sprachverständlichkeit unterstützen.

- **Frühe Schallreflexionen fördern**

Frühe Schallreflexionen¹¹ an der Decke oder an den Wänden sind zu fördern, weil sie die Sprachverständlichkeit verbessern.

- **Späte Schallreflexionen dämpfen**

Späte Schallreflexionen¹² beeinträchtigen die Sprachverständlichkeit. Sie werden als Nachhall, als Echo oder sogar als Flatterechos wahrgenommen. Die späten Schallreflexionen sollen deshalb möglichst gedämpft oder ganz vermieden werden.

- **Echos und Flatterechos vermeiden**

Echos und Flatterechos können mit geometrischen Mitteln im Planungsstadium eruiert und damit vermieden werden. Massnahmen: Geometrisch richtige Lenkung des Schalls, Schallabsorption.

- **Optimale Nachhallzeit einhalten**

Für die Beurteilung des Nachhalls wird die sogenannte Nachhallzeit beigezogen. Sie kann im Planungsstadium annäherungsweise, aber in der Regel mit genügender Genauigkeit berechnet werden. In bestehenden Räumen kann sie einfach gemessen werden.

Die Frage der idealen Nachhallzeit steht - erstaunlicherweise - aktuell wieder stark zur Diskussion. Definitive Anforderungen werden vermutlich in den nächsten 2-3 Jahren in Deutschland und USA herausgegeben.

Die folgenden Angaben gelten alle für den mit Publikum besetzten Raum.

Für kleinere Räume werden heute geringere Nachhallzeiten gefordert als früher. C. Ruhe¹³: *Im Gegensatz zu der veralteten Norm über*

¹¹ Frühe Schallreflexionen sind Reflexionen die bei den Hörenden früher als 50ms=0.050 Sekunden eintreffen. Dies entspricht einem maximalen Umweg des Schalls von 17m.

¹² Späte Schallreflexionen treffen später als 50ms nach dem Direktschall ein.

¹³ (DSB-Report 6/99)

Sprachverständlichkeit in Räumen DIN 18041 aus dem Jahre 1968 liegt das Optimum nach heutiger Kenntnis nicht bei 0.6 bis 0.9 s sondern bei nur 0.3 bis 0.4 s. S.R. Bistafa und J.S. Bradley¹⁴, ein anerkannter Raumakustiker, kommen in einer neueren Studie zum Schluss, dass in sehr ruhigen Klassenräumen mit einer Nachhallzeit von 0.4 - 0.5 s eine maximale Sprachverständlichkeit erreichbar ist. Weiter finden sich andere Vorschläge für Klassenzimmer zwischen 0.4-0.6 Sekunden.

Für Klassenzimmer normaler Grösse, die - wie in der Schweiz in der Regel üblich - wenig Fremdgeräusche aufweisen, werden bei raumakustisch richtiger Gestaltung (siehe oben) wohl auch mit

Nachhallzeiten von 0.4 - 0.5 Sekunden

für Hörbehinderte gute Verhältnisse resultieren.

Für besondere Ansprüche und kleinere Räume können C. Ruhes Anforderungen

Nachhallzeiten von 0.3 - 0.4 Sekunden

benutzt werden.

Wichtig ist, dass die optimale Nachhallzeit möglichst über den ganzen Frequenzbereich eingehalten wird, also von rund 63 Hz bis 4 kHz. Im Tieftonbereich bei 63 - 250 Hz sind diese Anforderungen allerdings oft schwierig zu erfüllen, so dass ein leichtes Ansteigen der Nachhallzeit bei 63 Hz und 125 Hz, ev. 250 Hz kaum zu vermeiden sein wird. Es sollten aber alle Anstrengungen unternommen werden, auch in diesem Frequenzbereich die Nachhallzeit so tief wie möglich zu halten. So kann auch das gefürchtete Dröhnen vermieden werden, womit das Maskieren von Konsonanten durch Vokale ebenfalls vermieden wird. Es stehen dazu heute verschiedene Mittel zur Verfügung. Im Hochtonbereich (4 kHz) kann toleriert werden, dass die Nachhallzeit etwas kürzer ist als im Mitteltonbereich (500 Hz, 1000 Hz).

5.3 Hinweise für die Gestaltung

• Versorgung mit Direktschall - freie Sichtlinie

Um die wichtige Versorgung mit Direktschall sicherzustellen, müssen die Kriterien für freie Sichtlinien auch für die Akustik angewendet werden. Das bedeutet vor allem für grössere Räume ansteigende Publikumsflächen oder hochgelegte Bühne. Der Grundriss und die Anordnung des Publikums muss je nach Nutzung so optimiert werden, dass die Direktverbindung zwischen Sprechenden und Hörenden möglichst kurz ist. Diese Forderung

¹⁴ S.R. Bistafa and J.S. Bradley: Speech Intelligibility metrics. JASA, Vol 107, No.2 February 2000

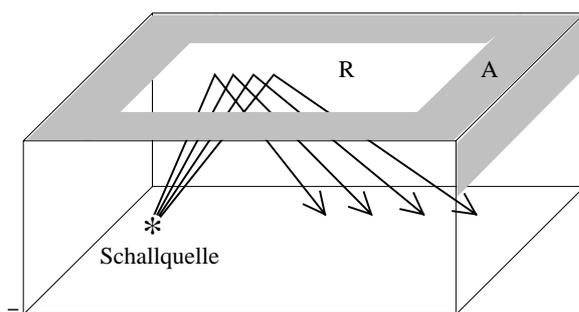
ist allerdings für Hörbehinderte mit der Auflage zu verbinden, dass die Sicht für das Lippenlesen möglichst gut ist. (*Nicht zuletzt auch mit einer geeigneten Beleuchtung*)

- **Frühe Schallreflexionen ermöglichen**

Trotz der Forderung nach einer kurzen Nachhallzeit soll in einem Raum nicht nur Direktschall übertragen werden. Durch geeignete Reflexionen soll Schall auch in Bereiche gelenkt werden, die weiter weg sind von der Schallquelle. Als Reflexionsflächen eignen sich in kleinen Räumen die Decke und z.T. die Wände. In grösseren Räumen können die Decke und Wände speziell geformt werden und sogar eigens Reflektoren eingesetzt werden. Je grösser der Raum, um so wichtiger ist eine akustische Fachberatung.

- **Richtige Materialwahl - Absorber am richtigen Ort**

Die wegen der Forderung nach einer kurzen Nachhallzeit notwendigen Flächen mit Schallabsorption sind demnach so im Raum zu verteilen, dass nützliche Reflexionen nicht verhindert werden: Schematisch ist die Anordnung in folgendem Bild gezeigt.



Einige Schallstrahlen und Anordnung reflektierender (R) und absorbierender (A) Flächen in einem Schulzimmer.

- Die Wahl und Platzierung der für die akustischen Verhältnisse massgeblicher Materialien hat in Zusammenarbeit mit akustischer Beratung zu erfolgen. Massgeblich sind Nachhallzeitberechnungen und - bei grösseren Räumen - Computersimulationen.

- Weitere Angaben zur geometrischen Gestaltung und Wahl des Material sind der einschlägigen Literatur zu entnehmen.¹⁵

- **Restaurant, Essräume, Aufenthaltsräume, Wartesäle, etc.**

Räume, die nicht primär dazu dienen, dass eine einzige Person spricht und eine oder mehrere Personen zuhören, sind meistens relativ lärmig. In

¹⁵ z.B. Fasold, Veres. Schallschutz und Raumakustik in der Praxis. Verlag für Bauwesen. Berlin 1998. Die DIN Norm 18041 enthält nach wie vor richtige Hinweise zur geometrischen Gestaltung für Räume zur Sprachnutzung.

diesen Räumen ist es sinnvoll, die ganze Decke schallabsorbierend zu verkleiden und die Nachhallzeit kurz zu halten. Auf diese Weise wird der Störgeräuschpegel möglichst tief gehalten.

5.4 Vorgehen bei der Planung

Für die Planung ist in der Regel eine akustische Beratung erforderlich¹⁶. Für kleine Räume ist die akustische Planung weniger aufwendig, aber trotzdem für die Belange der Hörbehinderten sehr ernst zu nehmen. Je grösser der Raum und je verschiedenartiger das Spektrum der Nutzung von Räumen, um so umfangreicher wird die Beratung. Bei einem grossen Saal werden heute mit Vorteil Computersimulationen beigezogen.

Die Genauigkeit der akustischen Prognosen ist beschränkt. Bei grösseren Räumen und kleineren Räumen mit höheren Ansprüchen sind deshalb vor Abschluss der Bauarbeiten raumakustische Messungen empfehlenswert.

¹⁶ Akustiker mit dem Diplom "dipl. Akustiker SGA" haben eine Prüfung der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik SGA bestanden. Die SGA hat jetzt eine Liste auf ihrer Homepage: <http://www.sga-ssa.ch/Download/exp-adr.pdf>