

**DIN 18041****DIN**

ICS 17.140.01

Ersatz für  
DIN 18041:1968-10**Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen**

Acoustical quality in small to medium-sized rooms

Acoustique des petits et moyens espaces

Gesamtumfang 39 Seiten

Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI  
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

# Inhalt

	Seite
<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Normative Verweisungen</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Begriffe</b> .....	<b>5</b>
<b>4 Anforderungen für Hörsamkeit in Räumen über mittlere und größere Entfernungen (Räume der Gruppe A)</b> .....	<b>9</b>
4.1 Allgemeines .....	9
4.2 Bauakustische Anforderungen .....	10
4.2.1 Störgeräusche .....	10
4.2.2 Baulicher Schallschutz .....	11
4.3 Raumakustische Kenngrößen .....	12
4.3.1 Volumenkenzahl .....	12
4.3.2 Nachhallzeit .....	12
4.4 Geometrische Gestaltung der Räume .....	16
4.5 Elektroakustische Beschallungsanlagen für Sprachdarbietungen .....	17
4.5.1 Auswahlkriterien für den Einsatz .....	17
4.5.2 Direktschallverstärkung durch elektroakustische Beschallungsanlagen .....	18
4.5.3 Durchsage- und Alarmierungs-Anlagen .....	18
4.5.4 Beschallungssysteme für Schwerhörige .....	19
<b>5 Maßnahmen für Hörsamkeit in Räumen über mittlere und größere Entfernungen (Räume der Gruppe A)</b> .....	<b>19</b>
5.1 Bauakustische Maßnahmen .....	19
5.1.1 Räumliche Anordnung .....	19
5.1.2 Geräusche im genutzten Raum .....	19
5.2 Raumakustische Maßnahmen .....	19
5.2.1 Kleine Räume mit Volumina bis etwa 250 m <sup>3</sup> .....	19
5.2.2 Mitteltgroße Räume und kleine Hallen mit Volumina von etwa 250 m <sup>3</sup> bis 5 000 m <sup>3</sup> .....	21
5.2.3 Sonderfälle .....	23
<b>6 Empfehlungen und Maßnahmen für Hörsamkeit in Räumen über geringere Entfernungen (Räume der Gruppe B)</b> .....	<b>23</b>
6.1 Allgemeines .....	23
6.2 Maßnahmen .....	24
<b>Anhang A (informativ) Begriffe der Sprachverständlichkeit</b> .....	<b>28</b>
A.1 Deutlichkeitsmaß $C_{50}$ für Sprache (DIN EN ISO 3382) .....	28
A.2 Speech Transmission Index $STI$ .....	28
A.3 Artikulationsverlust $AI_{\text{cons}}$ bei Sprache .....	29
A.4 Common Intelligibility Scale $CIS$ .....	29
A.5 Silbenverständlichkeit .....	29
<b>Anhang B (informativ) Beispiele zur Kennzeichnung der Schallabsorption von Materialien, Konstruktionen, Gegenständen und Personen</b> .....	<b>31</b>
<b>Anhang C (informativ) Hilfsmittel für Maßnahmen zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit bei Schwerhörigkeit</b> .....	<b>33</b>
C.1 Sprache und Sprachverstehen .....	33
C.2 Beschallungssysteme für Schwerhörige .....	34
<b>Anhang D (informativ) Sprachkommunikation</b> .....	<b>37</b>
<b>Literaturhinweise</b> .....	<b>39</b>

## Vorwort

Die akustische Qualität eines Raumes im Sinne der Aufgabenstellung dieser Norm wird wesentlich von der Raumanordnung im Gebäude, der Schalldämmung seiner Umfassungsbauteile, der Geräuschentwicklung haustechnischer Anlagen sowie der Raumform- und Raumgröße (Primärstruktur) und der Oberflächenbeschaffenheit der Raumbegrenzungsflächen und Einrichtungsgegenstände (Sekundärstruktur) bestimmt. Die Dimensionierung und die räumliche Verteilung schallabsorbierender und schallreflektierender Flächen im betrachteten Raum sind dabei wesentliche Einflussgrößen.

**ANMERKUNG** Bei der Planung von Räumen für sprachliche Kommunikation sind die Belange von Personen mit eingeschränktem Hörvermögen (Schwerhörige, Ertaubte und Gehörlose) besonders zu berücksichtigen [1]. Hier gelten das Benachteiligungsverbot aus Art. 3, Abs. 3 GG und die Vorgaben des Bundesgleichstellungsgesetzes vom 1. Mai 2002, § 4. In der Normfassung von 1968 waren diese Belange nicht berücksichtigt. Dies ist neben der Notwendigkeit zur Aktualisierung einer der wesentlichen Gründe für die Überarbeitung. Ferner haben sich die elektroakustischen Anlagen seit der Herausgabe der Normfassung von 1968 erheblich weiterentwickelt und gehören heute besonders durch den vielfältigen Einsatz der Medientechnik in vielen Räumen zur Standardausstattung. Wegen der gegenseitigen Abhängigkeit zwischen Raum- und Elektroakustik wurden grundlegende Hinweise und Empfehlungen zum Einsatz bei Sprachdarbietungen in diese Norm mit aufgenommen.

## Änderungen

Gegenüber DIN 18041:1968-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Begriffe wurden überarbeitet und erweitert;
- b) besondere Berücksichtigung eingeschränkten Hörvermögens;
- c) Hinweise und Empfehlungen für den Einsatz elektroakustischer Beschallungsanlagen;
- d) Richtwerte für die Frequenzabhängigkeit nutzungsrelevanter Nachhallzeiten.
- e) Anhänge A bis D wurden aufgenommen zur Behandlung von
  - Begriffen der Sprachverständlichkeit;
  - Beispielen zur Kennzeichnung der Schallabsorption von Materialien, Konstruktionen, Gegenständen und Personen;
  - Hilfsmitteln für Maßnahmen zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit bei Schwerhörigkeit;
  - Sprachkommunikation.

## Frühere Ausgaben

DIN 18041: 1968-10

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für kleine bis mittelgroße Räume mit einem Raumvolumen bis etwa 5 000 m<sup>3</sup>, für Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum bis 8 500 m<sup>3</sup>. Sie legt die akustischen Anforderungen und Planungsrichtlinien zur Sicherung der Hörsamkeit vorrangig für die Sprachkommunikation einschließlich der dazu erforderlichen Maßnahmen fest.

In der Norm werden zwei Anwendungen unterschieden, die der Hörsamkeit über

- mittlere und größere Entfernungen (Räume der Gruppe A) wie z. B. Konferenzräume, Gerichts-, Rats- und Festsäle, Unterrichtsräume, Seminarräume, Hörsäle, Tagungsräume und Interaktionsräume, Gruppenräume in Kindergärten und Kindertagesstätten, Seniorentagesstätten, Gemeindesäle, Sport- und Schwimmhallen und
- geringe Entfernungen (Räume der Gruppe B) wie z. B. Verkaufsräume, Gaststätten, Publikumsbereiche für den öffentlichen Nah- und Fernverkehr, Fahrkarten- und Bankschalter, Sprechzimmer in Anwalts- und Arztpraxen, Büroräume, Bürgerbüros, Operationssäle, Behandlungsräume, Krankenzimmer, Rehabilitationsräume, Werkräume (z. B. Lehrwerkstatt), Öffentlichkeitsbereiche, Publikumsverkehrsflächen, Bibliotheken und Lesesäle.

ANMERKUNG 1 In Räumen der Gruppe A ist die Hörsamkeit über geringerer Entfernungen mit eingeschlossen. In Räumen der Gruppe B ist die Hörsamkeit über größere Entfernungen stark eingeschränkt.

Die Norm behandelt nicht die Hörsamkeit in Räumen mit speziellen Anforderungen, wie Theater, Konzertsäle, Kinos, Sakralräume, sowie in Räumen zur hochwertigen Aufnahme von Musik und Sprache (z. B. Studios, Regieräume für Funk, Film, Fernsehen und Tonträgerproduktionen). Die Empfehlungen können aber für Räume für allgemeine Musikdarbietungen, Mehrzweckräume (z. B. Stadthallen) sowie für Räume mit größerem Volumen bis ca. 30 000 m<sup>3</sup> sinngemäß angewandt werden.

ANMERKUNG 2 Grundsätzlich sind von Beginn der Planung an die Probleme von Personen mit eingeschränktem Hörvermögen zu berücksichtigen. Es sollte bedacht werden, dass nicht nur die typischen „Veranstaltungsräume“ der Kommunikation dienen, sondern dass Kommunikation überall dort stattfindet, wo sich Menschen begegnen.

Die Norm wendet sich an Architekten, Bauplaner, Bauherren und Fachingenieure, die sich mit der Planung und Ausführung von Räumen der genannten Qualifikation zu befassen haben.

## 2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN 4109:1989-11, *Schallschutz im Hochbau — Anforderungen und Nachweise*.

DIN 45641, *Mittelung von Schallpegeln*.

DIN 45635-60, *Geräuschmessung an Maschinen — Luftschallemission, Hüllflächen-Verfahren; Steh- und Laufbildprojektoren*.

DIN 52219, *Bauakustische Prüfungen — Messung von Geräuschen der Wasserinstallation in Gebäuden*.

DIN EN 457, *Sicherheit von Maschinen — Akustische Gefahrensignale — Allgemeine Anforderungen, Gestaltung und Prüfung (ISO 7731:1986, modifiziert); Deutsche Fassung EN 457:1992*.

E DIN EN 12354-6:2002-03, *Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus Bauteileigenschaften — Teil 6: Schallabsorption in Räumen*; Deutsche Fassung prEN 12354-6:2002.

DIN EN 20354, *Akustik — Messung der Schallabsorption im Hallraum (ISO 354)*; Deutsche Fassung EN 20354:1993.

DIN EN 60118-4:1999-08, *Hörgeräte — Teil 4: Magnetische Feldstärke in Sprechfrequenz-Induktionsschleifen für Hörgeräte (IEC 60118-4:1981 + A1:1998)*; Deutsche Fassung EN 60118-4:1998 + A1:1998.

DIN EN 60849 (VDE 0828 Teil 1), *Elektroakustische Notfallwarnsysteme*; Deutsche Fassung prEN 60849:2002.

DIN EN ISO 3382, *Akustik — Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis auf andere akustische Parameter (ISO 3382:1997)*; Deutsche Fassung EN ISO 3382:2000.

DIN EN ISO 3746, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene (ISO 3746:1995)*; Deutsche Fassung EN ISO 3746:1995.

DIN EN ISO 11654, *Akustik — Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden — Bewertung der Schallabsorption (ISO 11654:1997)*; Deutsche Fassung EN ISO 11654:1997.

ISO 10996:1999-03, *Photographie — Stehbildprojektoren — Festlegung der Geräusche-Emission*.

VDI 3760:1996-02, *Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Arbeitsräumen*.

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

#### 3.1

##### Hörsamkeit

Eignung eines Raumes für bestimmte Schalldarbietungen, insbesondere für angemessene sprachliche Kommunikation und musikalische Darbietung an den für die Nutzung des Raumes vorgesehenen Orten. Die Hörsamkeit eines Raumes wird vorwiegend durch die geometrische Gestaltung des Raumes, die Auswahl und Verteilung schallabsorbierender und schallreflektierender Flächen, die Nachhallzeit und den Gesamtstör Schalldruckpegel beeinflusst

#### 3.2

##### Sprachschalldruckpegel

$L_{SA}$

äquivalenter A-bewerteter Schalldruckpegel der Sprache gemessen am Ohr des Hörers. Die entsprechende Größe des Sprachschalldruckpegels, gemessen in 1 m Abstand vom Sprecher, wird mit  $L_{pA,1m}$  bezeichnet und kennzeichnet die Sprechweise des Sprechers

ANMERKUNG 1 Der A-bewertete Sprachschalldruckpegel,  $L_{SA}$  sowie  $L_{pA,1m}$ , wird während der Sprechzeit gemessen und über diese gemittelt in Dezibel angegeben.

ANMERKUNG 2 Grundsätzlich werden Schallpegel in Dezibel (dB) angegeben. Umgangssprachlich wird jedoch die A-Bewertung mit der Dimension in Form von dB(A)-Werten zusammengefasst.

#### 3.3

##### sprachliche Kommunikation

Übertragung oder Austausch von Informationen zur Verständigung zwischen Menschen über Mitteilungen mittels gesprochener Sprache auch unter Mithilfe von Mimik und Gestik

**ANMERKUNG** Komponenten der sprachlichen Kommunikation sind der Sprecher (natürliche Schallquelle) oder der Schallwandler, der sprachliche Mitteilungen produziert, und der Hörer (Empfänger), der diese hört und versteht. Kriterien für sprachliche Kommunikation sind Eigenschaften der Schallquelle (Schalleistungspegel des Sprechers oder Schallwandlers), Übertragungseigenschaften des Raumes und die Sprachverständlichkeit für den Hörer.

### **3.4 Sprachverständlichkeit**

grundlegendes Kriterium für die Hörsamkeit in Sprachdarbietungsräumen. Zur Erfassung der subjektiven Sprachverständlichkeit kann der Prozentsatz richtig erkannter Silben, Wörter oder Sätze ermittelt werden. Objektive Messverfahren lassen aus physikalischen Parametern der Sprachkommunikation im Raum (u. a. Sprachpegel, Schallausbreitung, Störgeräusch) die Sprachverständlichkeit bestimmen

### **3.5 Störgeräusche**

alle Störgeräusche werden, wenn nicht anders angegeben, nach DIN 45641 als A-bewerteter, zeitlich gemittelter äquivalenter Dauerschalldruckpegel über die für die Störung maßgebliche Zeit ermittelt

#### **3.5.1 Gesamtstörschalldruckpegel**

$L_{NA}$

Schalldruckpegel, der alle während der Nutzung auf den Zuhörer einwirkenden Geräuschkomponenten enthält, wie bauseitige Geräusche, Betriebsgeräusche und Publikumsgeräusche, und der für den üblichen Aufenthaltsbereich der Personen in Ohrhöhe bestimmt wird

**ANMERKUNG** Der A-bewertete Gesamtstörschalldruckpegel  $L_{NA}$  wird in Dezibel angegeben.

#### **3.5.2 Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche**

$L_{NA,Bau}$

Schalldruckpegel im betrachteten Raum, der von Außengeräuschen, Geräuschen aus Nachbarräumen, von haustechnischen Anlagen, Sanitärinstallationen und den fest installierten medientechnischen Geräten erzeugt wird

**ANMERKUNG 1** Der A-bewertete Störschalldruckpegel  $L_{NA,Bau}$  wird in Dezibel angegeben.

**ANMERKUNG 2** Für die einzelnen Geräuschkomponenten, wie z. B. haustechnische Anlagen, gelten andere Kenngrößen wie der maximale A-bewertete Schalldruckpegel  $L_{AF,max}$ , angegeben in Dezibel.

#### **3.5.3 Störschalldruckpegel der Betriebsgeräusche**

$L_{NA,Betrieb}$

Schalldruckpegel von zusätzlich im betrachteten Raum betriebenen Geräten, wie mobilen Wiedergabegeräten von Bild und Ton usw.

**ANMERKUNG 1** Er kann in der Regel aus den A-bewerteten Schalleistungspegeln  $L_{WA}$  der im Raum betriebenen Geräte entsprechend VDI 3760 berechnet werden.

**ANMERKUNG 2** Der A-bewertete Störschalldruckpegel der Betriebsgeräusche  $L_{NA,Betrieb}$  wird in Dezibel angegeben.

**ANMERKUNG 3** Um Vergleichbarkeit zu gewährleisten, sollte bei der Angabe von Schalleistungspegeln von Geräten jeweils die entsprechende Messnorm mit genannt werden; z. B. A-Schalleistungspegel  $L_{WA} = 67$  dB, gemessen nach DIN EN ISO 3746, oder von Projektoren, gemessen nach DIN 45635-60 bzw. ISO 10996.

**3.5.4****Störschalldruckpegel der Publikumsgeräusche** $L_{NA, Publ}$ 

vom Publikum (hier: Darbietende, Lernende, Zuhörer, Nutzer des Raumes) erzeugte Geräusche, wie Stühle rücken, Murmeln, Flüstern, Husten, Gehgeräusche usw.

ANMERKUNG Der A-bewertete Störschalldruckpegel der Publikumsgeräusche wird in Dezibel angegeben.

**3.6****Schallabsorption**

Entzug von Schallenergie aus einem Raum oder Raumbereich durch Umwandlung in eine andere Energieform (z. B. Wärme: „Dissipation“) oder Austritt des Schalls aus dem betrachteten Bereich („Transmission“)

**3.7****Schallabsorptionsgrad** $\alpha$ 

Verhältnis der von einer Fläche nicht reflektierten Schallenergie zur einfallenden Schallenergie

ANMERKUNG 1 Bei vollständiger Schallreflexion ergibt sich ein Schallabsorptionsgrad  $\alpha = 0$ , bei vollständiger Schallabsorption ein Schallabsorptionsgrad  $\alpha = 1$ .

ANMERKUNG 2 Durch akustische Prüfung in einem Hallraum (DIN EN 20354) wird der Schallabsorptionsgrad  $\alpha_s$  eines Materials für diffusen Schalleinfall ermittelt.

**3.8****praktischer Schallabsorptionsgrad** $\alpha_p$ 

Schallabsorptionsgrad für Oktavbandbreite, berechnet nach DIN EN ISO 11654 aus Messungen nach DIN EN 20354

**3.9****bewerteter Schallabsorptionsgrad** $\alpha_w$ 

Einzahlangabe für das Schallabsorptionsvermögen eines Materials, die sich aus dem Vergleich der praktischen Schallabsorptionsgrade (siehe 3.8) mit den Werten einer Bezugskurve nach DIN EN ISO 11654 ergibt

**3.10****räumlich gemittelter Schallabsorptionsgrad** $\bar{\alpha}$ 

Schallabsorptionsgrad gemittelt über die gesamte Raumboberfläche und berechnet wie folgt:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \times S_i}{S} \quad (1)$$

Dabei ist

$\alpha_i$  der Schallabsorptionsgrad der Teilfläche  $S_i$  und

$S$  die Summe aller Teilflächen  $S_i$ .

### 3.11

#### äquivalente Schallabsorptionsfläche

$A$

gedachte Fläche mit vollständiger Schallabsorption ( $\alpha = 1$ ), die den gleichen Teil der Schallenergie absorbieren würde wie die gesamte Oberfläche eines Materials, eines Raumes oder wie Gegenstände und Personen

Die äquivalente Schallabsorptionsfläche  $A$  eines Raumes kann man aus den einzelnen Teilflächen  $S_i$  bei bekannten Schallabsorptionsgraden  $\alpha_i$  und der Schallabsorption der Gegenstände bzw. Personen innerhalb des Raumes nach folgender Gleichung (2) berechnen:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times S_i + \sum_{j=1}^k A_j + 4 \times mV \quad (2)$$

Dabei ist

$\alpha_i$  der Schallabsorptionsgrad der Teilfläche  $S_i$ ;

$A_j$  die äquivalente Schallabsorptionsfläche nicht flächenhafter Materialien, Gegenstände (z. B. Stühle) und Personen innerhalb des Raumes in  $\text{m}^2$ ;

$m$  die Dämpfungskonstante der Luft nach DIN EN 12354-6:2002-03, Tab. 1 in  $\text{m}^{-1}$ ;

$V$  das gesamte Raumvolumen in  $\text{m}^3$ .

Die äquivalente Schallabsorptionsfläche  $A$  eines Raumes kann auch messtechnisch durch die Ermittlung der Nachhallzeit  $T$  bestimmt werden. Sie ergibt sich dann näherungsweise aus der Zahlenwertgleichung (3):

$$A = 0,163 \times \frac{V}{T} \quad (3)$$

Dabei ist

$V$  das gesamte Raumvolumen in  $\text{m}^3$ ;

$T$  die Nachhallzeit in s;

$A$  die äquivalente Schallabsorptionsfläche in  $\text{m}^2$ .

### 3.12

#### Nachhall

Gesamtheit des reflektierten Schalls, der in einem geschlossenen Raum nach beendeter Schallfeldanregung noch vorhanden ist

ANMERKUNG Das zeitliche Abklingen des Schalldruckpegels lässt sich objektiv durch die Nachhallzeit  $T$  beschreiben.

### 3.13

#### Nachhallzeit

$T$

Zeitspanne, während der der Schalldruckpegel in einem Raum nach Beenden der Schallfeldanregung um 60 dB abfällt



**ANMERKUNG** Die Zeitspanne beginnt mit dem Ende des eingeschwungenen Zustandes. Die Nachhallzeit kann in bestehenden Räumen nach DIN EN ISO 3382 messtechnisch bestimmt werden. Die Berechnung der Nachhallzeit nach der statistischen Nachhalltheorie (Formel nach Sabine) bezieht sich vorrangig auf Räume mit annähernd diffusem Schallfeld, deren Länge und Breite zwischen dem 0,3- bis 3fachen der Raumhöhe und die Länge höchstens das 2fache der Raumbreite betragen. Für Flachräume (Länge > 5fache Höhe, Breite > 3-fache Höhe) oder Langräume (Länge > 5-fache Höhe, Breite = 0,3- bis 3fache Höhe), Räume mit komplizierten Primärformen (kreisförmiger oder elliptischer Grundriss, konkav gewölbte Schnittführungen, gekoppelte Räume usw.) und ungleichmäßige Verteilung der Schallabsorptionsflächen können die tatsächlichen Nachhallzeiten von den Berechnungen nach der Zahlenwertgleichung (4) abweichen.

$$T = 0,163 \times \frac{V}{A} \quad (4)$$

Dabei ist

$V$  das gesamte Raumvolumen in  $\text{m}^3$ ;

$T$  die Nachhallzeit in s;

$A$  die äquivalente Schallabsorptionsfläche in  $\text{m}^2$ .

### 3.14

#### Hörverlust/Schwerhörigkeit

tonaudiometrisch nachweisbarer Hörverlust, der sich vorzugsweise bei Frequenzen oberhalb 1 kHz ausbildet. Schwerhörigkeit ist jeder Hörverlust, der zu einer Minderung des Hörvermögens im Vergleich zu einem Guthörenden führt

**ANMERKUNG** Hörverlust/Schwerhörigkeit ist mit einem wesentlich schlechteren Sprachverstehen unter Störgeräuscheinfluss und häufig mit einer Einengung des nutzbaren Dynamikbereiches (Recruitment) verbunden. Insbesondere die für das Sprachverständnis wichtigen hochfrequenten Anteile der Zisch- und Explosivlaute werden nur stark geschwächt oder nicht mehr wahrgenommen (siehe auch VDI 2058 Blatt 2).

## 4 Anforderungen für Hörsamkeit in Räumen über mittlere und größere Entfernungen (Räume der Gruppe A)

### 4.1 Allgemeines

Die Grundlage für eine gute Hörsamkeit der Räume in Gruppe A je nach Nutzung bilden außer architektonisch-gestalterischen Aspekten und dem Umgebungskomfort das akustisch aufeinander abgestimmte Zusammenwirken von Raumgeometrie, -größe und -ausstattung und Gesamtstörschalldruckpegel.

Räume der Gruppe A sind beispielsweise:

- Konferenzräume, Gerichts-, Rats- und Festsäle;
- Unterrichtsräume, Seminarräume, Hörsäle;
- Tagungsräume und Interaktionsräume;
- Gruppenräume in Kindergärten und Kindertagesstätten, Seniorentagesstätten;
- Gemeindesäle;
- Sport- und Schwimmhallen.

Wenn der Nutzungsschwerpunkt im Bereich der Sprachkommunikation liegt, dann sind drei Komponenten zu beachten:

- Sprecher,
- Übertragung und
- Hören/Verstehen,

die durch Schallreflexion, Nachhall und Störgeräusch beeinflusst werden.

Für eine optimal funktionierende Sprachkommunikation über mittlere und größere Entfernungen müssen bei geringer bis mäßiger Sprechanstrengung des Sprechers (normal bis angehobener Sprechweise) möglichst viel Direktschall und deutlichkeitserhöhende Anfangsreflexionen bis (30.. 50) ms vom Sprecher zum Hörer geleitet werden. Anzustreben ist dazu eine weitgehende Reduzierung der Beeinträchtigungen durch längeren störenden Nachhall, langverzögerte energiereiche Reflexionen und Störgeräusche [2]. Ggf. sind Beschallungsanlagen hilfreich.

Bei Räumen mit Mehrzwecknutzung ist eine Kompromisslösung zwischen den unterschiedlichen akustischen Anforderungen und den anderen Parametern anzustreben, wobei die Wertigkeit und/oder die vorrangige Nutzungsfunktion entsprechend der Bedeutung des Raumes Priorität haben sollte.

An der Sprachkommunikation müssen auch Personen mit eingeschränktem Hörvermögen teilnehmen. Dafür müssen höhere bau- und raumakustische Anforderungen gestellt werden.

Personen, die noch ein gewisses Hörvermögen haben, können bei entsprechender Ausstattung mit technischen Hilfsmitteln (Hörgeräte, induktive Höranlagen, Infrarot- oder Funkübertragungen) auf diesem Weg eingeschränkt an der Kommunikation teilnehmen. Personen, deren Hörvermögen stark eingeschränkt oder gar nicht vorhanden ist, müssen den Hörverlust visuell ausgleichen (Gebärdensprache, Absehen vom Mund oder schriftlich).

## **4.2 Bauakustische Anforderungen**

### **4.2.1 Störgeräusche**

#### **4.2.1.1 Zulässiger Gesamtstörschalldruckpegel**

Um eine weitgehend ungestörte Sprachverständlichkeit zu erreichen, muss der A-bewertete Schalldruckpegel der Sprache  $L_{SA}$  (Sprachpegel) wesentlich höher sein als der Gesamtstörschalldruckpegel  $L_{NA}$ .

#### **4.2.1.2 Zulässiger Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche**

In Tabelle 1 sind zulässige Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche  $L_{NA, Bau}$  festgelegt, die je nach Raumnutzung nicht überschritten werden sollten.

**Tabelle 1 — Einstufung des Störschalldruckpegels bauseitiger Geräusche nach Anforderungen an die Raumnutzung**

Spalte Zeile	1	2	3		4	5
	Schall- technische Anfor- derungen an die Raumnutzung	Stör- schalldruck- pegel der bauseitigen Geräusche  $L_{NA, Bau}$ dB	Eignung <sup>a</sup> für eine Entfernung: Sprecher — Hörer		Eignung <sup>a</sup> für Personen mit Hörverlusten	Eignung <sup>a</sup> für die Wahr- nehmung schwieriger oder fremdsprachiger Texte
			mittlere <sup>b c</sup>	größere <sup>b</sup>		
1	I (mindest)	≤ 40	+	–	–	–
2	II (mittlere)	≤ 35	+	o	o	o
3	III (hohe)	≤ 30	+	+	+	+
<p>a) „+“ geeignet, „o“ bedingt geeignet, „–“ nicht geeignet</p> <p>b) Für eine mittlere Entfernung zwischen Sprecher und Hörer kann üblicherweise ein Abstand von 5 m bis 8 m, für größere Entfernungen &gt; 8 m angenommen werden.</p> <p>c) Auch geeignet für geringere Entfernung zwischen Sprecher und Hörer bis etwa 5 m.</p>						

In Räumen, in denen sich Personen mit Hörverlusten verständigen müssen und/oder Personen die benutzte Sprache als Fremdsprache (VDI 2058 Blatt 3) sprechen oder verstehen müssen, muss der Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche  $L_{NA, Bau}$  den Anforderungen nach Tabelle 1, Zeile 3, Spalte 2 genügen.

#### 4.2.1.3 Zulässiger Störschalldruckpegel der Betriebsgeräusche

Der Störschalldruckpegel der Betriebsgeräusche am nächstgelegenen Zuhörerplatz sollte die in Tabelle 1, Spalte 2 angegebenen Werte ebenfalls nicht überschreiten.

#### 4.2.1.4 Zulässiger Störschalldruckpegel der Publikumsgeräusche

Grundsätzlich sollten Publikumsgeräusche die in Tabelle 1, Spalte 2 genannten Werte nicht überschreiten. Da jedoch keine direkte Einflussnahme auf die Höhe dieser Geräusche möglich ist, muss ein Ausgleich maßnahmenspezifisch erfolgen, siehe 5.1.2.

### 4.2.2 Baulicher Schallschutz

Die bauaufsichtlich verbindlichen Anforderungen an den Schallschutz sind in DIN 4109:1989-11 enthalten. Die dort in Tabelle 3, Zeilen 38 bis 45 aufgeführten Anforderungen für den Schallschutz in Schulen und vergleichbaren Unterrichtsbauten sind auch als Richtwerte für den Schallschutz im eigenen Bereich zwischen benachbarten Räumen für sprachliche Kommunikation heranzuziehen.

In Musikschulen oder vergleichbaren Einrichtungen sind für Unterrichts- und Probenräume untereinander und horizontal zu angrenzenden Fluren um 3 dB bis 5 dB höhere Werte bezüglich der Luftschalldämmung erforderlich als nach DIN 4109:1989-11, Tabelle 3, Zeilen 40 und 44 bzgl. „besonders lauter Räume“ ausgewiesen sind.

Bei der Installation elektroakustischer Übertragungsanlagen erhöht sich in der Regel das Störpotential gegenüber benachbarten Räumen. Dies ist bei der Festlegung von Schallschutzanforderungen in gleicher Weise zu berücksichtigen wie ein erhöhtes Schutzbedürfnis eines Raumes.

Die Anforderungen an den Schallschutz zwischen „besonders lauten Räumen“ wie z. B. Küchen oder Räumen für haustechnische Anlagen und den Räumen für sprachliche Kommunikation („schutzbedürftige Räume“) sind in DIN 4109:1989-11, Tabelle 5 festgelegt.

Anforderungen an den Schutz gegen Außenlärm enthält DIN 4109:1989-11, Tabelle 8, Spalte 4 („Wohn- und Unterrichtsräume“).

Die Luft- und Körperschalldämmung zwischen Technikzentralen und Räumen für sprachliche Kommunikation ist so zu dimensionieren, dass der maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel  $L_{AF,max} \leq 30$  dB, gemessen nach DIN 52219, eingehalten wird. Hierzu ist im Allgemeinen der nach DIN 4109:1989-11, Tabelle 5 geforderte Schallschutz ausreichend.

### 4.3 Raumakustische Kenngrößen

#### 4.3.1 Volumenkenzahl

Um eine der Raumnutzung angepasste Nachhallzeit zu erzielen, sind die in Tabelle 2 aufgeführten Volumenkenzahlen  $k$  (Raumvolumen je Platz) anzustreben. Im Überschreitungsfall können umfangreichere schallabsorbierende Maßnahmen erforderlich werden, die aber den Schalldruckpegel der Schallquellen am Hörerort reduzieren. Im Unterschreitungsfall, der zu begründen ist, wird die geforderte Nachhallzeit nicht gewährleistet.

**Tabelle 2 — Volumenkenzahlen als Funktion der Nutzungsart**

Spalte Zeile	1	2
	Hauptnutzung des Raumes für	Volumenkenzahl $k$ in m <sup>3</sup> /Platz
1	Sprachdarbietung	3 bis 6
2	Musik- und Sprachdarbietung	5 bis 8
3	Musikdarbietung	7 bis 12

#### 4.3.2 Nachhallzeit

Der anzustrebende Sollwert der Nachhallzeit ( $T_{soll}$ ) bei mittleren Frequenzen ist in Abhängigkeit von der Nutzungsart und dem effektiven Raumvolumen  $V$  zwischen 30 m<sup>3</sup> und 5 000 m<sup>3</sup> (bei Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum bis 8500 m<sup>3</sup>) Bild 1 zu entnehmen. Er gilt für die Sollwertkurven „Musik“, „Sprache“ und „Unterricht“ im besetzten Zustand.

Die Zuordnung der Nutzungsarten zu den Sollwerten der Nachhallzeiten entsprechend Bild 1 ergibt sich wie folgt:

##### Musik

- Musikunterrichtsraum mit aktivem Musizieren und Gesang;
- Rats- und Festsaal für Musikdarbietungen.

## Sprache

- Gerichts- und Ratssaal;
- Gemeindesaal, Versammlungsraum;
- Musikproberaum in Musikschulen o. Ä.;
- Sport- und Schwimmhalle mit Publikum.

## Unterricht

- Unterrichtsraum (außer für Musik);
- Musikunterrichtsraum mit audiovisueller Darbietung;
- Gruppenräume in Kindergärten und Kindertagesstätten, Seniorentagesstätten;
- Seminarraum, Interaktionsraum;
- Hörsaal;
- Raum für Tele-Teaching;
- Tagungsraum, Konferenzraum;
- Darbietungsraum ausschließlich für elektroakustische Nutzung.

## Sport 1

- Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum für normale Nutzung und/oder einzügigen Unterrichtsbetrieb (eine Klasse oder Sportgruppe, einheitlicher Kommunikationsinhalt).

## Sport 2

- Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum für mehrzügigen Unterrichtsbetrieb (mehrere Klassen oder Sportgruppen parallel mit unterschiedlichem Kommunikationsinhalt).

Vergleichbare Räume sind sinngemäß einzuordnen.

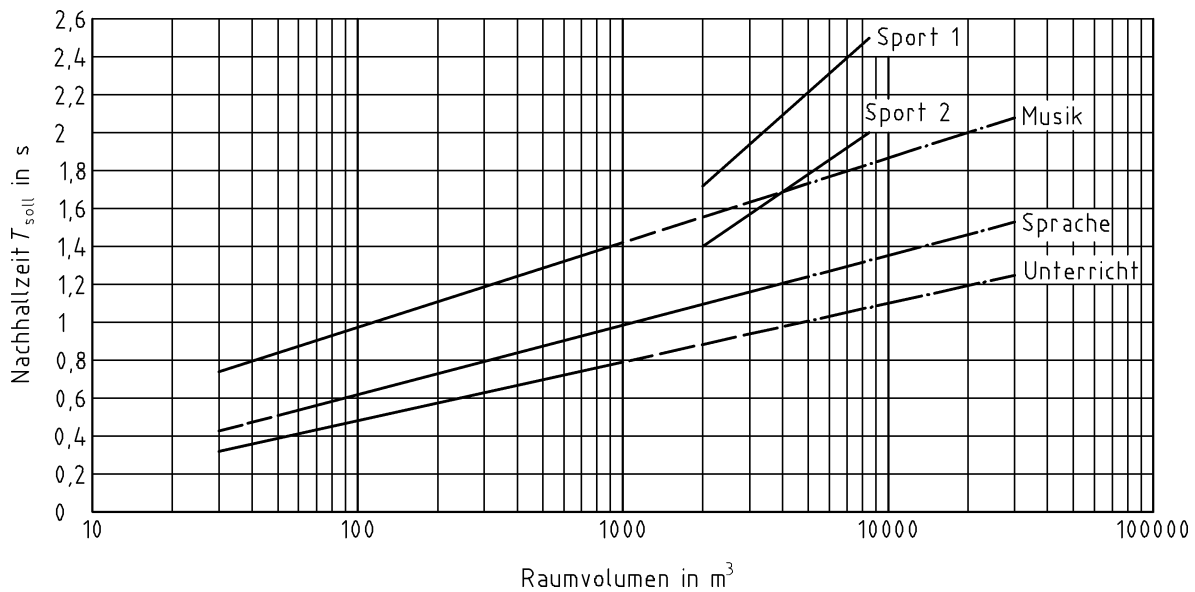
Für im Sinne dieser Norm untypische Raumvolumina ist der Sollwertbereich in Bild 1 gestrichelt dargestellt. Richtwerte für Räume mit größeren Volumina sind strichpunktiert gekennzeichnet.

Bei Mehrzwecknutzungen nach Tabelle 2, Zeile 2 sind aus Bild 1 entsprechend der Wertigkeit der Hauptnutzung Zwischenwerte zwischen den Sollwertkurven zu ermitteln.

Die anzustrebende Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeiten ist für Sprache Bild 2 und für Musik Bild 3 zu entnehmen. Richtwerte (Anhaltswerte) für Frequenzen unterhalb 100 Hz und oberhalb 5 000 Hz sind in Bild 2 für Sprache und in Bild 3 für Musik gestrichelt angegeben.

Für Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum ist der aus Bild 1 ermittelte Sollwert  $T_{\text{Soll}}$  zwischen 250 Hz und 2 000 Hz mit einer Genauigkeit von  $\pm 20 \%$  einzuhalten.

ANMERKUNG Im unbesetzten Zustand sollte die Nachhallzeit des Raumes im Allgemeinen nicht mehr als 0,2 s über dem Sollwert liegen.



**Bild 1 — Sollwert  $T_{soll}$  der Nachhallzeit für unterschiedliche Nutzungsarten**

$$\text{Musik: } T_{soll} = \left( 0,45 \lg \frac{V}{m^3} + 0,07 \right) s \quad (5)$$

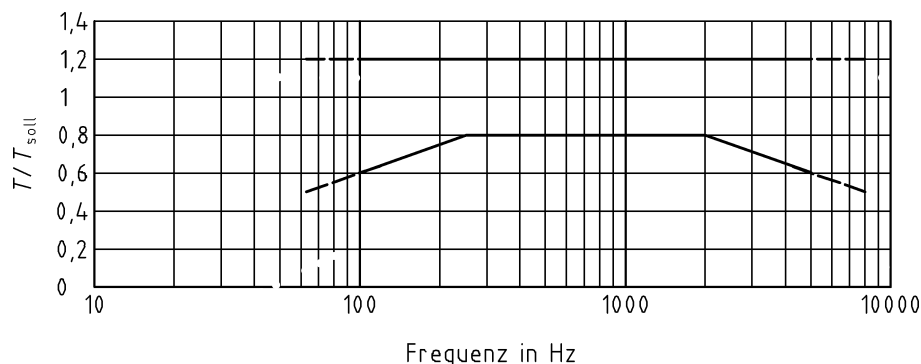
$$\text{Sprache: } T_{soll} = \left( 0,37 \lg \frac{V}{m^3} - 0,14 \right) s \quad (6)$$

$$\text{Unterricht: } T_{soll} = \left( 0,32 \lg \frac{V}{m^3} - 0,17 \right) s \quad (7)$$

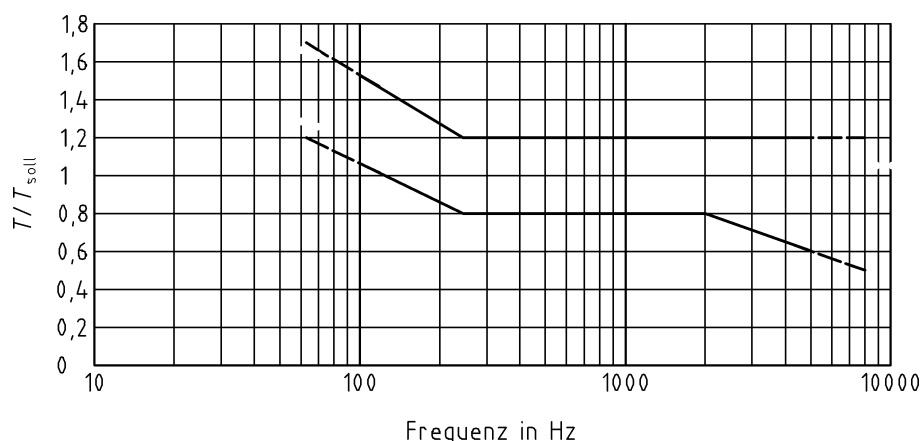
$$\text{Sport 1: } T_{soll} = \left( 1,27 \lg \frac{V}{m^3} - 2,49 \right) s \quad (8)$$

$$\text{Sport 2: } T_{soll} = \left( 0,95 \lg \frac{V}{m^3} - 1,74 \right) s \quad (9)$$

für  $2\,000\,m^3 \leq V \leq 8\,500\,m^3$ .



**Bild 2 — Anzustrebender Bereich der Nachhallzeit in Abhängigkeit von der Frequenz für Sprache**



**Bild 3 — Anzustrebender Bereich der Nachhallzeit in Abhängigkeit von der Frequenz für Musik**

Von Personen mit Hörschäden wird die raumakustische Situation für Sprachkommunikation umso günstiger empfunden, je kürzer die Nachhallzeit ist. Nach heutigem Kenntnisstand im Bereich des barrierefreien Planens und Bauens sollte für Personen mit eingeschränktem Hörvermögen die anzustrebende Nachhallzeit vorrangig für Räume mit einem Volumen bis zu 250 m<sup>3</sup> und der Nutzung Sprache/Unterricht in den Oktavbändern 250 Hz bis 2 000 Hz bis 20 % unter den in Bild 1 angegebenen Kurven liegen, Bild 2 ist in diesem Frequenzbereich nicht anzuwenden. Vergleichbare Anforderungen gelten auch für die Kommunikation in einer Sprache, die nicht als Muttersprache gelernt wurde, bei der Kommunikation mit Personen, die Deutsch als Fremdsprache sprechen, und bei der Kommunikation mit Personen, die auf andere Weise ein Bedürfnis nach erhöhter Sprachverständlichkeit haben, z. B. Personen mit Sprach- oder Sprachverarbeitungsstörungen, Konzentrations- bzw. Aufmerksamkeitsstörungen, Leistungsschwäche.

#### 4.4 Geometrische Gestaltung der Räume

Die **Primärstruktur** des Raumes sollte kreisförmige und elliptische Grundrisse ohne ergänzende raumakustische Maßnahmen vermeiden, Trapezgrundrisse mit in Bezug auf die Darbietungsrichtung konvergierender Seitenwandführung sind denen mit divergierender vorzuziehen.

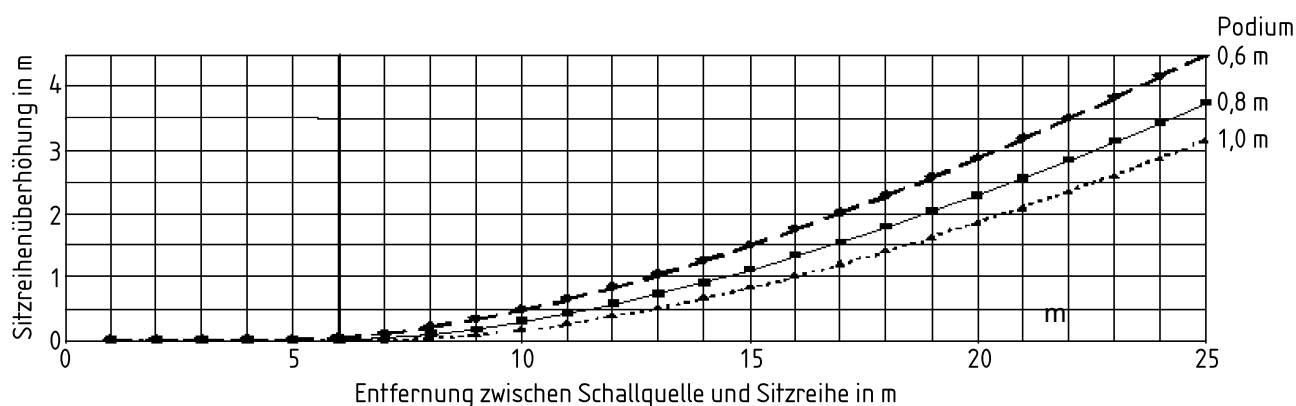
**Konkav gekrümmte Wand- und Deckenflächen** sind akustisch kritisch und deshalb ohne zusätzliche raumakustische Maßnahmen zu vermeiden, wenn der Krümmungsradius zwischen dem halben und dem doppelten Abstand zwischen Darbietendem/Zuhörer und der größten Entfernung zur gekrümmten Fläche liegt (z. B. Raumhöhe bei gekrümmten Decken).

**Balkone, Emporen, Galerien und Ränge** sollten mindestens in einer lichten Höhe  $H$  über der darunter liegenden Zuschauerebene angeordnet werden, die der einfachen bis halben Tiefe des überragenden Raumbereiches  $L$  entspricht:

$$H \geq (0,5 \text{ bis } 1,0) L \quad (10)$$

Für eine ausreichende Direktschallversorgung ohne Klangfärbungsänderungen sollte eine **Sitzreihenüberhöhung** als Längsprofil der Zuhörerfläche mit einem Blickfeldwinkel von mindestens  $12^\circ$  in der mathematischen Grundform einer logarithmischen Spirale vorgesehen werden, wobei für eine in Teilbereichen gleiche Höhe der Setzstufe eine polygonale Angleichung erfolgen muss. Bei funktionell erforderlicher ebener Zuhöreranordnung kann eine entsprechende Grundhöhe bzw. Höhenstaffelung der Darbietungszone (Bühnenpodest, Podium) akustisch und optisch einen zulässigen Ausgleich schaffen.

Bei üblicher Kopfhöhe des im vorderen Bereiches auf der Darbietungszone (Podium) befindlichen Sängers/Sprechers sollten bei einer Podiumshöhe von 0,6 m, 0,8 m und 1,0 m nachstehende Werte der Sitzreihenüberhöhung in Bezug auf die Entfernung zur Schallquelle nach Bild 4 realisiert werden:



**Bild 4 — Sitzreihenüberhöhung bei einem Blickfeldwinkel von  $12^\circ$**

**ANMERKUNG** Personen mit eingeschränktem Hörvermögen sind zusätzlich auf optische Informationen (Absehen vom Mund, Gestik, Mimik, Schrift) angewiesen. Dies ist bei der Auswahl des Sprecherstandortes, seiner Beleuchtung und bei der technischen Raumausstattung zu berücksichtigen.

Die **Sekundärstruktur des Raumes** (Gestaltung der Wände und Decke) ist in Abhängigkeit von der Raumgeometrie zur Schalllenkung und zur Schallstreuung auszulegen:

- Der **Wegunterschied** zwischen dem Direktschall (Sichtverbindung zur Schallquelle) und dem energiereichen reflektierten Schallanteil (z. B. erste Schallreflexion an der Wand oder/und Decke) sollte bei vorrangiger Sprachnutzung nicht mehr als 17 m betragen. Beträgt in diesem Fall der Abstand zwischen den Wandflächen hinter und gegenüber der Darbietungszone mehr als 9 m, so ist diese Rückwand raumakustisch zu behandeln (siehe 5.2).



- Nützliche deutlichkeits- und klarheitserhöhende **Anfangsschallreflexionen** unter Beachtung des zulässigen Wegunterschiedes sind durch schallreflektierende mittlere Deckenbereiche zu realisieren, bei Musikknutzung durch zusätzliche Stellwandelemente auf der Darbietungszone, wenn die vorhandenen Begrenzungsflächen wegen der größeren Entfernungen hierfür nicht genutzt werden können.

**Parallele Flächen im Raum** ohne zusätzliche raumakustische Maßnahmen (schallabsorbierend, diffus streuend oder mindestens 5° geneigt) sollten vermieden werden.

Die **Begrenzungsflächen der Darbietungszone** sind schallreflektierend auszubilden. Für ausschließliche Sprachnutzung auch unter Nutzung elektroakustischer Anlagen sollten diese Flächen als Tiefenabsorber ausgebildet werden.

## 4.5 Elektroakustische Beschallungsanlagen für Sprachdarbietungen

### 4.5.1 Auswahlkriterien für den Einsatz

Nachstehend sind einige allgemein gültige Kriterien aufgeführt, die es dem Planer ermöglichen sollten abzuschätzen, ob in einem nach den Nutzungsdefinitionen dieser Norm auszuführenden Raum für allgemeine Sprachkommunikation ohne Einsatz medientechnischer audiovisueller Geräte eine Beschallungsanlage notwendig sein wird. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Anforderungen nach 4.2 bis 4.4 eingehalten werden. Eine elektroakustische Beschallungsanlage kann keine raumakustischen Mängel ausgleichen.

- In Räumen bis etwa 250 m<sup>3</sup> Raumvolumen ist eine elektroakustische Verstärkung von Sprache in der Regel nicht notwendig.
- Die Notwendigkeit einer elektroakustischen Beschallungsanlage bei größeren Raumvolumina wird vor allem vom Sprachpegel (siehe Anhang D) und vom Gesamtstör Schalldruckpegel (siehe 4.2.1) bestimmt. Die unteren Grenzen der Raumvolumina, bei deren Überschreitung eine Beschallungsanlage bei normaler bis angehobener Sprechweise erforderlich wird, sind in Tabelle 3 angegeben.

**Tabelle 3 — Raumvolumen, bei dessen Überschreitung elektroakustische Beschallungsanlagen bei Darbietungen in normaler und angehobener Sprechweise erforderlich werden, in Abhängigkeit vom Stör Schalldruckpegel bauseitiger Geräusche nach 4.2.1.2**

Spalte Zeile	1	2
	A-bewerteter Stör Schalldruckpegel nach Tabelle 1, Spalte 2 dB	Raumvolumen m <sup>3</sup>
1	40	500
2	35	1 000
3	30	2 000

- In Zweifelsfällen (ungünstige Raumformen, auskragende Balkone und Galerien, flache Räume, Nutzung mit ungeübten Sprechern) sollte bei Volumina von mehr als 250 m<sup>3</sup> bei der Planung eine elektroakustische Anlage für den nachträglichen Einbau vorgesehen werden (Verlegung von Leerrohren, Kabelschächten, Anordnung von Lautsprecherpodesten usw.). Nach Fertigstellung des Bauvorhabens kann dann durch Wort- und Silbenverständlichkeitstests die Notwendigkeit des nachträglichen Einbaus ermittelt werden.

In Räumen, bei denen die Anforderungen nach 4.2 bis 4.4 eingehalten wurden, sind für elektroakustische Beschallungsanlagen die in Tabelle 4 aufgeführten Parameter einzuhalten.

**Tabelle 4 — Einzuhaltende Parameter von elektroakustischen Beschallungsanlagen in Räumen (siehe auch Anhang A)**

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Raumtyp	Deutlichkeitsmaß $C_{50}$	Common Intelligibility Scale $CIS$	Speech Transmission Index $STI$	Articulation Loss of Consonants $Al_{cons}$
1	Kleines Auditorium, Hörsaal, Unterrichtsraum	$\geq 0$ dB	$\geq 0,75$	$\geq 0,56$	$< 8\%$
2	Sport- und Schwimmhallen mit Publikum	$\geq -2$ dB	$\geq 0,70$	$\geq 0,50$	$< 12\%$

**ANMERKUNG** Ein besonderes Sprecher-Hörer-Verhalten kann den Einsatz von Beschallungsanlagen auch bei relativ kleinem Raumvolumen begründen (z. B. medizinische Untersuchung im Hörsaal einer Universitätsklinik mit Arzt-Patientengespräch und größerer Zuhöreranzahl).

#### 4.5.2 Direktschallverstärkung durch elektroakustische Beschallungsanlagen

In großen, insbesondere langgestreckten und/oder flachen Räumen wird häufig am Zuhörerplatz kein ausreichend hoher Schalldruckpegel für eine angemessene Sprachverständlichkeit erreicht. Dann müssen elektroakustische Beschallungsanlagen zur Schallverstärkung herangezogen werden. Hierbei wird mit Mikrofonen das akustische Signal aufgenommen, verstärkt und über Lautsprecher in den gleichen Raum wieder abgestrahlt. Diese Beschallungsanlagen für Sprache haben die Aufgabe, die Sprachverständlichkeit im Publikumsbereich zu erhöhen. In Räumen kann dies in der Regel nicht erreicht werden, indem lediglich die Lautstärke des Sprachsignals erhöht wird. Auf diese Weise werden Schallreflexionen, die die Sprachverständlichkeit stören, mit verstärkt.

Bei der Auswahl der Schallwandler ist deshalb unter anderem auf ausreichende Bündelung im relevanten Frequenzgebiet zu achten, damit ein hoher Direktschallanteil erreicht wird. Hierdurch wird gleichzeitig die maximal mögliche Schleifenverstärkung erhöht, obwohl sich Sprechermikrofon und Lautsprecher im gleichen Raum befinden.

Für eine Beschallungsanlage für Sprachdarbietungsaufgaben kann ein eingeschränkter Frequenzbereich mit geringen tieffrequenten Schallsignalanteilen verwendet werden, weil diese nicht zur Sprachdeutlichkeit beitragen. Zur Schallquellenerkennung ist aber auf eine möglichst natürliche Klangfarbe der Signalübertragung zu achten.

Zur Erhöhung der Konzentration der Zuhörer ist der akustische Richtungsbezug zum Sprecherstandort zu gewährleisten. Abweichungen in der horizontalen Ebene werden dabei subjektiv störender wahrgenommen als in der vertikalen.

Beschallungsanlagen für Sprache unterscheiden sich deutlich von Musikbeschallungsanlagen. In vielen Fällen können die beiden Aufgaben nicht mit den gleichen Lautsprechertypen und -anordnungen gelöst werden. Auf jeden Fall sind die Einstellungen der Anlage den spezifischen Anforderungen für Sprache und Musik anzupassen.

Beim Einsatz einer dezentralen Beschallungsanlage muss die damit verbundene subjektiv größere Halligkeit berücksichtigt werden.

#### 4.5.3 Durchsage- und Alarmierungs-Anlagen

Bei Durchsage- und Alarmierungs-Anlagen befinden sich in der Regel das Sprechermikrofon und die Lautsprecher in unterschiedlichen Räumen. Dadurch besteht keine Gefahr der elektroakustischen Rückkopplung.

Da keine Einheit zwischen optischem und akustischem Richtungsbezug benötigt wird, kann man üblicherweise dezentrale Lautsprecheranlagen mit jeweils geringer Schalleistung der Einzelschallstrahler einsetzen. Auch hier ist in der Zuhörerenebene auf einen hohen Direktschallanteil und einen geringen Diffusschallanteil zu achten.

Bei Durchsage-Anlagen, die auch der Alarmierung dienen, müssen die Gefahrensignale nach dem Zwei-Sinne-Prinzip deutlich hörbar und visuell wahrnehmbar sein (akustisch und optisch, siehe DIN EN 457 und DIN EN 60849 (VDE 0828-1)).

#### 4.5.4 Beschallungssysteme für Schwerhörige

Schwerhörige benötigen im Vergleich zu Guthörenden einen deutlich höheren Direktschallanteil bei entsprechend verringerten Diffus- und Störschallanteilen (günstiger  $L_{SA}-L_{NA}$ -Abstand). Deshalb sind für diese Personen übliche Beschallungssysteme mit Lautsprechern im Allgemeinen nicht ausreichend. Es ist vielmehr ein direktes Einspielen der akustischen Signale zum jeweiligen Schwerhörigen notwendig. Dazu sind parallel zur normalen Sprachbeschallungsanlage spezielle Systeme zu installieren (siehe Anhang C). Ein solches System muss unter Umständen auch in Räumen zur Verfügung stehen, in denen für Guthörende keine Beschallungsanlage notwendig ist.

## 5 Maßnahmen für Hörsamkeit in Räumen über mittlere und größere Entfernungen (Räume der Gruppe A)

### 5.1 Bauakustische Maßnahmen

#### 5.1.1 Räumliche Anordnung

Bei der Planung von Räumen für sprachliche Kommunikation ist zusätzlich zu den funktionalen Abhängigkeiten auch zu beachten, dass Räume mit geringem gegenseitigen Störpotential aneinander grenzen. Ein großer Abstand von Hauptverkehrswegen außerhalb und innerhalb des Gebäudes, von lauten Funktionsräumen und von Technikzentralen verringert den Aufwand für den baulichen Schallschutz.

#### 5.1.2 Geräusche im genutzten Raum

Betriebsgeräusche, siehe 3.5.3, sind so zu bemessen, dass die Geräuschemissionen am nächstgelegenen Hörerort die entsprechenden Werte der Tabelle 1 einhalten. Im anderen Fall sind leisere Geräte auszuwählen oder zusätzliche Maßnahmen wie schalldämmende Kapselungen oder Abschirmungen anzuwenden.

Um die durch das Publikum erzeugten Geräusche möglichst gering zu halten, sollten Teppichböden und Bodenaufbauten mit hoher innerer Dämpfung usw. benutzt werden. Der Fußbodenkontakt der mobilen Möblierung (Stuhl- und Tischfüße) ist entsprechend geräuscharm zu gestalten (z. B. Gummiunterlagen, Filzgleiter u. Ä.).

### 5.2 Raumakustische Maßnahmen

#### 5.2.1 Kleine Räume mit Volumina bis etwa 250 m<sup>3</sup>

##### 5.2.1.1 Geometrische Gestaltung

Die beschriebenen Maßnahmen und Auslegungshinweise gelten insbesondere für Besprechungs- und Klassenzimmer, Gruppenräume in Kindergärten und Kindertagesstätten und andere Räume, die überwiegend der sprachlichen Kommunikation, auch unter Einsatz audiovisueller Medien, dienen. Aufgrund der Raumabmessungen ist eine Überdämpfung des Raumes durch schallabsorbierende Maßnahmen in der Regel nicht zu befürchten.

Für kleine Räume sind höhere Volumenkenzahlen als in Tabelle 2 gezeigt günstig, soweit geeignete raumakustische Maßnahmen ergriffen werden.

Besonders in kleinen Räumen können störende Dröhneffekte bei tiefen Frequenzen auftreten. Diesen kann man mit schallabsorbierenden Maßnahmen bzw. der Wahl geeigneter Raumproportionen entgegenwirken, siehe z. B. [6].

### 5.2.1.2 Schallabsorbierende Flächen

#### 5.2.1.2.1 Berechnung nach der statistischen Nachhalltheorie

Art und Umfang der in den Raum einzubringenden schallabsorbierenden Flächen hängen vom Raumvolumen und den akustischen Eigenschaften der vorgesehenen Raumbooberflächen einschließlich der Ausstattungsgegenstände ab. Für Raumvolumina bis etwa 250 m<sup>3</sup> genügt im Allgemeinen die frequenzabhängige Auslegung für die Oktavmittelfrequenzbereiche zwischen 125 Hz und 4 000 Hz bzw. die Terzmittelfrequenzen zwischen 100 Hz und 5 000 Hz unter Vernachlässigung der Schalldämpfung der Luft nach 3.11. Die erforderlichen Absorptionsgrade  $\alpha_s$  können Prüfzeugnissen nach DIN EN 20354 entnommen werden. Beispiele für Anhaltswerte sind in Anhang B aufgelistet.

#### 5.2.1.2.2 Vereinfachte Abschätzung für die Nutzungsart „Unterricht“

Für kleine Räume der Nutzungsart „Unterricht“ (siehe 4.3.2) ist eine vereinfachte Abschätzung der erforderlichen schallabsorbierenden Einbauflächen möglich. Dabei wird von Räumen mit weitgehend schallreflektierenden nutzungsüblichen Einrichtungen ausgegangen. Hierzu ist in Tabelle 5 der Richtwert für die erforderliche, zusätzlich einzubringende äquivalente Schallabsorptionsfläche  $A_{\text{erf}}$  und die erforderliche Einbaufläche für unterschiedliche bewertete Schallabsorptionsgrade  $\alpha_w$  aufgeführt. Eine frequenzabhängige Berechnung der zu erwartenden Nachhallzeit für die letztlich zur Ausführung vorgesehenen Maßnahmen wird nach 5.2.1.2.1 empfohlen.

**Tabelle 5 — Richtwert zum Abschätzen der notwendigen schallabsorbierenden Einbaufläche für einen gewählten bewerteten Schallabsorptionsgrad  $\alpha_w$  für Räume der Nutzungsart „Unterricht“ mit einem Volumen bis 250 m<sup>3</sup>**

Spalte Zeile	1	2	3	4	5	6	7
1	Raumvolumen in m <sup>3</sup>	30	70	100	150	200	250
2	erforderliche (zusätzliche) äquivalente Schallabsorptionsfläche $A_{\text{erf}}$ bei geringer schallabsorbierender Ausstattung, d. h. ungepolsterte Bestuhlung, mit nicht oder wenig schallabsorbierendem Bodenbelag (Linoleum, Nadelfilz) in m <sup>2</sup>	10	14	17	24	31	34
3	Richtwert der erforderlichen Einbaufläche $S_i \pm 20\%$ für einen gewählten bewerteten Schallabsorptionsgrad $\alpha_w$ nach DIN EN ISO 11654	$S_i = \frac{A_{\text{erf}}}{\alpha_w}$					

#### 5.2.1.2.3 Verteilung schallabsorbierender Flächen

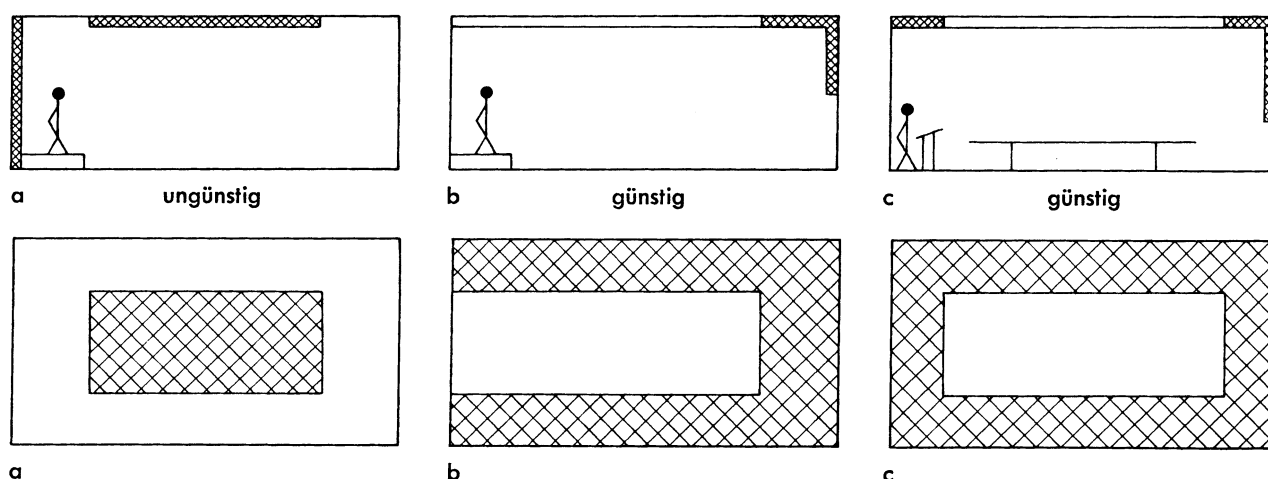
Grundsätzlich ist es wünschenswert, die absorbierenden Flächen gleichmäßig auf die Raumbooberflächen zu verteilen. Zweckmäßig sind die in den Bildern 5b und 5c gezeigten Anordnungen. Die Größe der Oberfläche

ist den nach 5.2.1.2.1 berechneten Werten oder den Ergebnissen der Überslagsberechnung nach Tabelle 5 anzupassen. Schallabsorber mit bevorzugter Wirksamkeit im tieffrequenten Bereich sind in Schallquellen-nähe, in Raumecken oder -kanten besonders wirksam.

Hat der betrachtete Raum einen rechtwinkligen Grundriss und sind die Wände eben und nicht durch Möbel, Regale, Fensterrücksprünge oder z. B. großflächige Tafeln und Pinnwände gegliedert, so besteht bei einer vollständig schallabsorbierend bekleideten Decke die Gefahr, dass Flatterechos auftreten. Diese Gefahr kann vermieden werden, indem ein mittleres Deckenfeld schallreflektierend ausgeführt wird, wie dies in den Bildern 5b und 5c gezeigt ist. Als Ausgleich müssen jedoch die Wände teilweise schallabsorbierend gestaltet werden. Da bei Räumen mit einem Volumen bis ca. 250 m<sup>3</sup> keine Gefahr zur akustischen Überdämpfung besteht, kann hier eine vollflächig schallabsorbierende Decke in Kombination mit einer ebenfalls schallabsorbierenden Rückwand eingesetzt werden.

ANMERKUNG 1 Textile Gehbeläge absorbieren den Schall i. d. R. lediglich bei hohen Frequenzen und reichen als alleinige raumakustische Maßnahme nicht aus.

ANMERKUNG 2 Die Schallabsorption von Vorhängen oder anderen innen liegenden Verdunklungsmaßnahmen ist stark von der Anordnung, dem gewählten Material und von der wirksamen Fläche abhängig.



**Bild 5 — Verteilung von Schallabsorptionsflächen für Räume kleiner bis mittlerer Raumgröße, z. B. Unterrichts- und Sitzungsräume (oben Aufrisse, unten Deckenuntersichten)**

## 5.2.2 Mittelgroße Räume und kleine Hallen mit Volumina von etwa 250 m<sup>3</sup> bis 5 000 m<sup>3</sup>

### 5.2.2.1 Geometrische Gestaltung

Bei solchen Raumgrößen handelt es sich in der Regel um größere Klassenräume, Seminarräume und Hörsäle. Aufgrund der Größe bedarf es neben der Anordnung frequenzabhängig schallabsorbierender Materialien auch, dass nützliche Reflexionen gelenkt und langverzögerte und damit schädliche Reflexionen vermieden werden.

Die Volumenkenzahl sollte in dem in Tabelle 2 angegebenen Bereich liegen. Räume, die gegenüber Länge und/oder Breite sehr niedrig sind, sollten vermieden werden. Die Raumproportionen sind bei größeren Räumen aufgrund der höheren Eigenfrequenzdichte auch bei tiefen Frequenzen weniger kritisch. Zueinander parallele, unbehandelte Wandflächen sind genauso ungünstig wie konkav gekrümmte oder abgewinkelte Flächen, die im Aufenthaltsbereich der Personen (oder ggf. Mikrofonpositionen) zu Flatterechos oder Fokussierungen führen können.

In größeren Zuhörerräumen sind ansteigende Sitzreihen einer ebenen Anordnung vorzuziehen; vorteilhaft ist eine gegenüber dem Auditorium erhöhte Sprecherposition (z. B. Podest, Podiumsbühne), Näheres siehe Abschnitt 4.4.

### 5.2.2.2 Schallabsorbierende Flächen

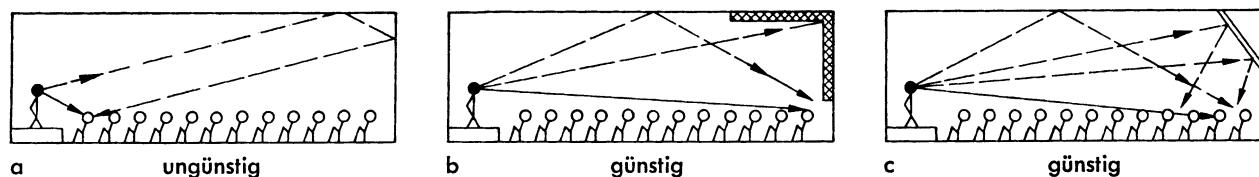
#### 5.2.2.2.1 Berechnung nach der statistischen Nachhalltheorie

Die Berechnung der erforderlichen schallabsorbierenden Flächen für die relevanten Terz- oder Oktavmittelfrequenzbereiche kann entsprechend 3.11 erfolgen. Die Schallabsorptionsgrade  $\alpha_s$  sowie äquivalenten Schallabsorptionsflächen  $A$  können Prüfzeugnissen nach DIN EN 20354 entnommen werden. Ferner enthält Anhang B Anhaltswerte.

In bestehenden Räumen, in denen akustische Verbesserungen erforderlich werden, empfiehlt sich als Planungsgrundlage eine Messung der vorhandenen Nachhallzeiten nach DIN EN ISO 3382. Eine solche Messung kann auch für die Überprüfung der Wirksamkeit durchgeführter Maßnahmen verwendet werden.

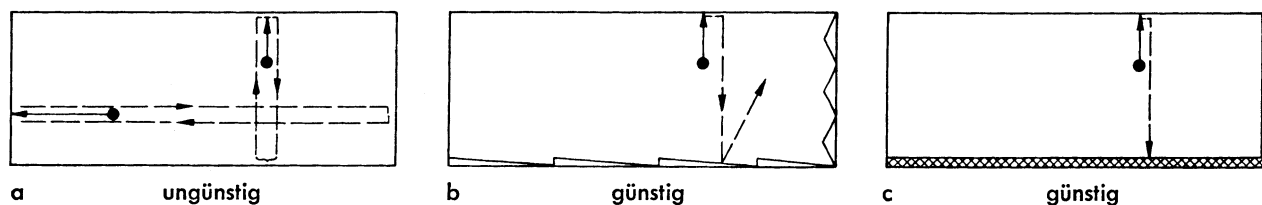
#### 5.2.2.2.2 Verteilung schallabsorbierender Flächen

In Räumen mit einer Länge von mehr als etwa 9 m können von der Rückwand direkt oder über Winkelspiegelreflexionen langverzögert Schallanteile in den vorderen Raumbereich gelenkt werden, die zu einer Minderung der Sprachverständlichkeit führen (siehe Bild 6a). In diesem Fall müssen diese Schallreflexionsflächen entweder schallabsorbierend bekleidet oder so geneigt werden, dass der auftreffende Schall als nützliche Verstärkung zu den von der Schallquelle entfernten Hörern hin reflektiert wird (siehe Bilder 6b und 6c). Auch stark gegliederte Oberflächen sind zweckmäßig.



**Bild 6 — Rückwandreflexion**

Bei zueinander parallelen Flächen (siehe Bild 7a) sollte zumindest eine der gegenüberliegenden Flächen schallabsorbierend gestaltet oder gegliedert werden (Bilder 7b und 7c). Dies gilt insbesondere bei größeren Räumen mit nicht ansteigender Bestuhlung. Auch eine Schrägstellung der Flächen um mindestens etwa 5° ist günstig.

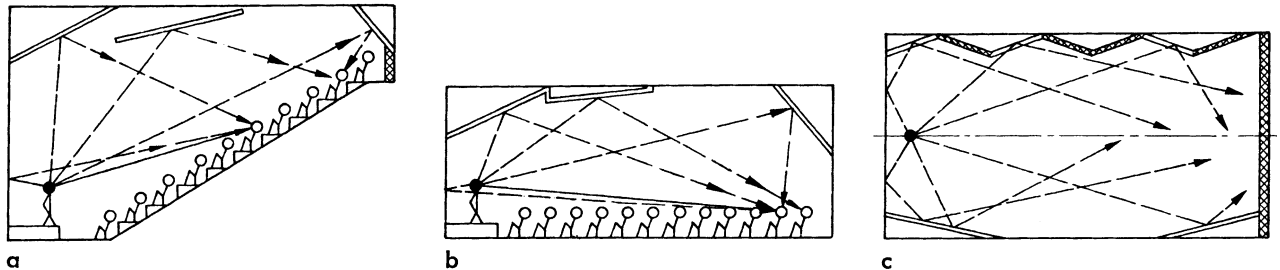


**Bild 7 — Parallele Wände**

Um bei größeren Entfernungen den nützlichen Schall zu verstärken und so eine verbesserte Sprachverständlichkeit zu erzielen, wird die geeignete Anordnung und Ausrichtung reflektierender Flächen notwendig.

Die Wand hinter dem Vortragenden sollte bei tiefen Frequenzen schallabsorbierend ausgebildet werden. Der mittlere Teil der Decke, von dem erste Reflexionen zu den Zuhörern gelangen, sollte im mittleren und hohen Frequenzbereich schallreflektierend und als Tiefenabsorber ausgebildet werden.

Sind die Decke oder die Seitenwandflächen nicht eben, sondern großflächig gegliedert, so sind die Einzel-elemente so auszurichten, dass der Schall in die mittlere und hintere Zuhörerfläche gelenkt wird (siehe Bild 8).



**Bild 8 — Nützliche Reflexionen für den hinteren Raumbereich (a und b Aufrisse, c Grundriss)**

In Räumen mit rechtwinkliger Geometrie und weitgehend ebener Beschaffenheit der Oberflächen (z. B. Sport- und Schwimmhallen) können sich bei einseitiger Verteilung schallabsorbierender Flächen, z. B. bei ausschließlich schallabsorbierender Bekleidung der Decke, deutlich längere Nachhallzeiten einstellen, als dies nach der Berechnung gemäß 3.11 zu erwarten ist. Um dies zu verhindern, sollten an mindestens einer Wandfläche Kombinationen aus schallabsorbierenden oder schallstreuenden Maßnahmen eingesetzt werden. Im Zweifelsfall können genauere Prognosen durch Anwendung verfeinerter statistischer Berechnungsmethoden (Simulationsverfahren am mathematischen oder physikalischen Modell) erfolgen. Dies setzt die Nutzung geeigneter raumakustischer Simulationssoftware, Erfahrung mit solchen Aufgabenstellungen und den sicheren Umgang mit diesen Werkzeugen voraus.

### 5.2.3 Sonderfälle

In kleinen **Musikprobe- und -übungsräumen** kann ein textiler Fußbodenbelag die erforderliche schallabsorbierende Maßnahme im hohen Frequenzgebiet übernehmen. In größeren Proberäumen ist der mittlere Deckenspiegel schallreflektierend auszubilden und darf nicht parallel zum reflektierenden Fußboden verlaufen (Neigungswinkel mindestens  $5^\circ$ ). Prinzipiell sollte die raumakustische Unterstützung unterschiedlicher Probenbedingungen durch schallabsorbierende, variable Vorhangelemente erfolgen, die an zwei aneinander grenzenden Wänden anzubringen sind.

## 6 Empfehlungen und Maßnahmen für Hörsamkeit in Räumen über geringere Entfernungen (Räume der Gruppe B)

### 6.1 Allgemeines

Im Unterschied zu den Anforderungen nach Abschnitt 4 werden für Räume der Gruppe B Empfehlungen beschrieben, die eine dem Zweck angepasste Sprachkommunikation über geringe Entfernung ermöglichen. Die daraus abgeleiteten Maßnahmen basieren auf der Erhöhung der Schallabsorption und dienen der Verringerung des Gesamtstör Schalldruckpegels und der Reduzierung der Nachhallzeit. Die Einhaltung eines Sollwertes der Nachhallzeit ist aber für den hier angestrebten Zweck nicht erforderlich.

Beispiele für Räume der Gruppe B sind:

- Verkaufsräume, Gaststätten;
- Publikumsbereiche für den öffentlichen Nah- und Fernverkehr, Fahrkarten- und Bankschalter;

- Sprechzimmer in Anwalts- und Arztpraxen, Einzelbüros;
- Mehrpersonen- und Großraumbüros;
- Bürgerbüros;
- Operationssäle, Behandlungs- und Rehabilitationsräume, Krankenzimmer;
- Lesesäle und Leihstellen in Bibliotheken;
- Werkräume (z. B. Lehrwerkstatt);
- Öffentlichkeitsbereiche, Publikumsverkehrsflächen;
- Foyers, Ausstellungsräume, Treppenhäuser.

## 6.2 Maßnahmen

Prinzipielle bauakustischen Maßnahmen zur Senkung des Gesamtschalldruckpegels sind entsprechend 5.1 sinngemäß anzuwenden. Insbesondere ist die Reduzierung der Geräuscentstehung (Publikumsverkehr, Emission von Geräten und haustechnischen Anlagen) erforderlich (siehe DIN EN ISO 11690-1 und DIN EN ISO 11690-2).

Durch eine Vergrößerung der Schallabsorption werden sowohl der Gesamtstörschalldruckpegel als auch die Nachhallzeit reduziert. Hierfür können schallabsorbierende, flächenhafte Materialien oder Einrichtungsgegenstände verwendet werden. Schallabsorber sind einzusetzen, wenn

1. eine Minderung  $\Delta L$  des Schalldruckpegels durch zusätzlich einzubringende Schallabsorber gegenüber dem unbehandelten Raum um mindestens 3 dB erreicht wird. Hierzu ist die bereits vorhandene äquivalente Schallabsorptionsfläche in den schalldruckpegelbestimmenden Oktavbändern mindestens zu verdoppeln.
2. der durch die Schallabsorptionsmaßnahmen zu erwartende, über die Raumbooberfläche gemittelte Schallabsorptionsgrad  $\bar{\alpha}$ , siehe 3.10, zwischen den Oktavbandmittenfrequenzen 250 Hz bis 2 000 Hz den Wert 0,35 nicht überschreitet. Eine höhere Schallabsorption ist zwar zweckmäßig, aber ihre technische Ausführbarkeit und wirtschaftliche Sinnfälligkeit sind zu prüfen.

ANMERKUNG 1 Die zu erwartende Schalldruckpegelminderung  $\Delta L$  kann in den pegelbestimmenden Oktavbändern in erster Näherung nach Gleichung (11) ermittelt werden:

$$\Delta L = \left( 10 \lg \frac{A_1 + \Delta A}{A_1} \right) \text{ dB} \quad (11)$$

Dabei ist

$\Delta L$  die Minderung des Schalldruckpegels zwischen dem unbehandelten und dem mit der zusätzlichen äquivalenten Schallabsorptionsfläche  $\Delta A$  ausgestatteten Raum in dB im diffusen Schallfeld für Räume im Anwendungsbereich dieser Norm;

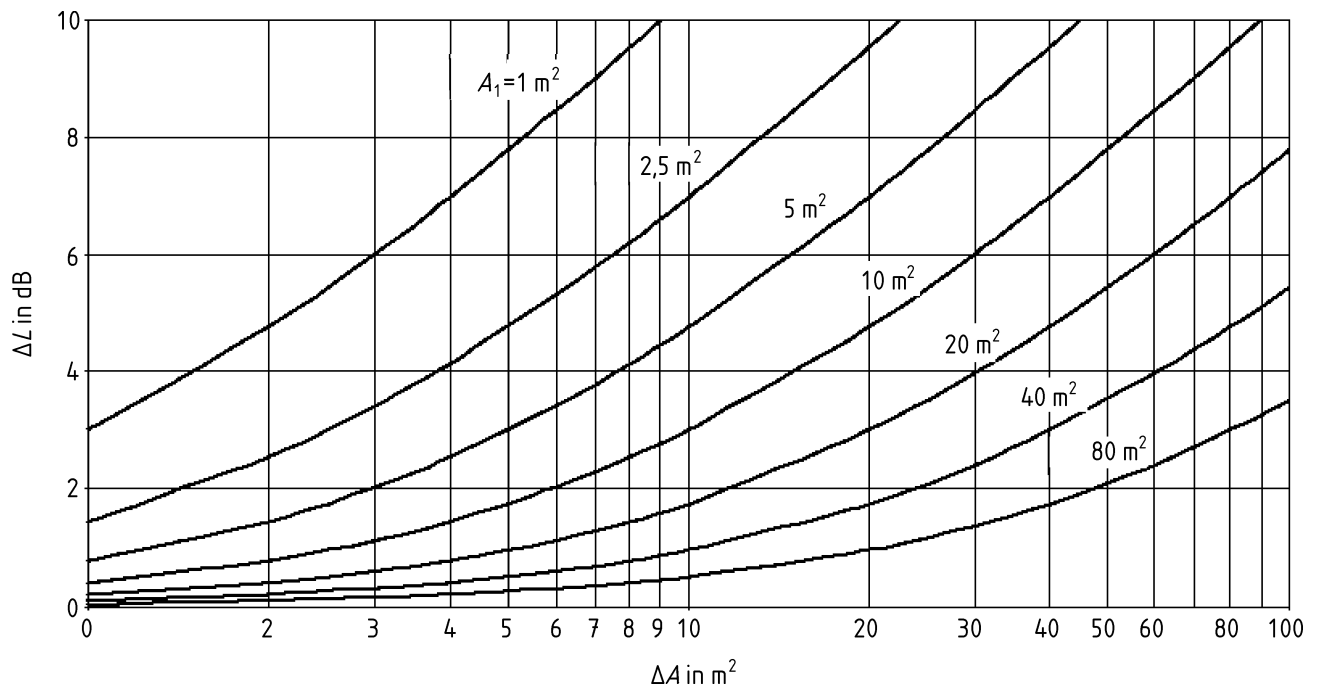
$A_1$  die äquivalente Schallabsorptionsfläche des unbehandelten Raumes in m<sup>2</sup>;

$\Delta A$  die vorgesehene zusätzliche äquivalente Schallabsorptionsfläche in m<sup>2</sup>.

Die Berechnung der äquivalenten Schallabsorptionsflächen wird nach 3.1.1, Gleichung (2) vorgenommen, Werte für  $\alpha_i$  und  $A_j$  sind dem Schrifttum zu entnehmen, einige Beispiele für  $\alpha_i$  sind in Anhang B angegeben.



Der grafische Zusammenhang der Gleichung (11) ist in Bild 9 dargestellt:



**Bild 9 — Zusammenhang zwischen der Schalldruckpegelminderung  $\Delta L$  im diffusen Schallfeld und der zusätzlichen äquivalenten Schallabsorptionsfläche  $\Delta A$  bei äquivalenter Schallabsorptionsfläche  $A_1$  des unbehandelten Raumes**

Orientierungswerte für zusätzlich einzubringende schallabsorbierende Einbauflächen zur Erfüllung dieser Empfehlungen können den Angaben in Tabelle 6 entnommen werden.

**Tabelle 6 — Orientierungswerte für mit Schallabsorbern zu bekleidende freie Decken- und Wandfläche als Vielfaches der Raumgrundfläche je übliche lichte Raumhöhe vom i. M. 2,5 m bei Verwendung von Schallabsorbern in unterschiedlichen Raumarten**

Spalte Zeile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Raumart	bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w$																
		1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
1	Verkaufsräume, Werkräume, Call Center, Lesesäle in Bibliotheken	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	—	—	—	—	—
2	Mehrpersonen- oder Großraumbüros mit Büromaschinen, Schalterhallen, Bürgerbüros, Operationssäle, Krankenzimmer, Leihstellen in Bibliotheken, Ausleihbibliotheken	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	—	—	—
3	Einzelbüros, Sprechzimmer, Behandlungs- und Rehabilitationsräume, Pausenhallen, Speisegaststätten, Speiseräume, Kantinen mit einer Grundfläche über 50 m <sup>2</sup>	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,7	2,0	—
4	Treppenhäuser, Foyers, Ausstellungsräume, Verkehrsflächen (Flure und Vorräume) mit starkem Personen- verkehr und Publikumsbereiche für den ÖPNV	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0

Vergleichbare Räume sind sinngemäß einzuordnen.

**ANMERKUNG 2** In Räumen, in denen sich viele Personen aufhalten, wird ein maßgeblicher Anteil des Störgeräuschpegels durch die Personen selbst erzeugt. Dies gilt beispielsweise für Gaststätten, Bahnhofshallen usw. In diesem Fall sind höhere Pegelminderungen als nach Gleichung (11) zu erwarten, da sich in der Regel die Sprechlautstärke mit abnehmendem Störschalldruckpegel reduziert.

**ANMERKUNG 3** Erfahrungsgemäß sind niedrigflorige Gehbeläge, übliche Polstermöbel, Verdunklungselemente und Gardinen wenig zur effektiven Nachhallzeitreduzierung geeignet. Trittweiche Gehbeläge (z. B. Teppiche, Auslegeware) vermeiden aber die entsprechende Störgeräuschestehung und tragen somit erheblich zur Senkung des Gesamtstörschalldruckpegels bei.

ANMERKUNG 4 Sind auf Grund der Nutzung tieffrequente Geräusche in den betrachteten Räumen nicht zu erwarten, so ist der empfohlene räumlich gemittelte Schallabsorptionsgrad bei 250 Hz nur von untergeordneter Bedeutung (z. B. in Treppenhäusern, Fluren).

ANMERKUNG 5 In normal eingerichteten Räumen ohne zusätzliche schallabsorbierende Maßnahmen kann von einem räumlich gemittelten Schallabsorptionsgrad  $\bar{\alpha}$  von 0,10 bis 0,20 je nach Ausstattungsgrad ausgegangen werden. Bei Realisierung von  $\bar{\alpha} = 0,35$  kann damit eine gewünschte Minderung des Gesamtstörschalldruckpegels im Diffusfeld um ca. 3 dB bis 6 dB und eine Nachhallzeitreduzierung um den Faktor 1,8 bis 3,5 gegenüber dem unbehandelten Raum erzielt werden.

## Anhang A (informativ)

### Begriffe der Sprachverständlichkeit

#### A.1 Deutlichkeitsmaß $C_{50}$ für Sprache (DIN EN ISO 3382)

Das *Deutlichkeitsmaß*  $C_{50}$  beschreibt die Verständlichkeit für Sprache oder auch des Gesanges. Es wird aus dem 10fachen Logarithmus des Verhältnisses der an einem Hörerplatz eintreffenden Schallenergie bis zu einer Verzögerungszeit von 50 ms nach Eintreffen des Direktschalls zu der später eintreffenden Schallenergie berechnet:

$$C_{50} = 10 \lg \left( \frac{\int_0^{0,05s} p^2(t) dt}{\int_{0,05s}^{\infty} p^2(t) dt} \right) \text{ dB} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

$p(t)$  der Momentan-Schalldruckpegel der Impulsantwort.

Die Quelle zur Schallfeldanregung sollte dabei die Richtcharakteristik eines Sprecher oder Sängers aufweisen, um die Vergleichbarkeit mit Grenz- oder Richtwerten bezüglich der Verständlichkeit zu gewährleisten. Für die Beurteilung von elektroakustischen Beschallungsanlagen sind die jeweils relevanten Schallwandler als Quelle zu verwenden.

Gute Sprachverständlichkeit ist im Allgemeinen dann gewährleistet, wenn  $C_{50} \geq 0$  dB beträgt. Die Grenze für geringe Wahrnehmungen von Deutlichkeitsunterschieden liegt bei  $\pm 2,5$  dB.

Ein äquivalentes Kriterium ist der *Deutlichkeitsgrad*  $D$ , auch  $D_{50}$  bezeichnet, der sich aus dem Verhältnis der an einem Hörerplatz eintreffenden Schallenergie bis zu einer Verzögerungszeit von 50 ms nach Eintreffen des Direktschalls zu der gesamten Schallenergie ergibt (Angabe auch in %):

$$D = \frac{\int_0^{0,05s} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} = \frac{1}{1 + 10^{\frac{C_{50}}{10 \text{ dB}}}} \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

$p(t)$  der Momentan-Schalldruckpegel der Impulsantwort und  $C_{50}$  das Deutlichkeitsmaß nach Gleichung (A.1).

Für eine Silbenverständlichkeit von mindestens 85 % sollte  $D \geq 0,5$  bzw. 50 % angestrebt werden.

#### A.2 Speech Transmission Index $STI$

Die Bestimmung der  $STI$ -Werte beruht auf der Messung der Verringerung der Signalmodulation zwischen dem Ort der Schallquelle und dem Hörer bei Oktavmittelfrequenzen von 125 Hz bis 8 000 Hz. Die Sprachverständlichkeit wird nicht nur durch Nachhall und Störgeräusche, sondern allgemein durch alle fremden Signale bzw. Signalveränderungen, die auf dem Wege zwischen Quelle und Hörerplatz auftreten, herabgesetzt. Der  $STI$  kann direkt durch Messung der Modulationstransferfunktionen in den entsprechenden Oktavbändern oder aus der Raumimpulsantwort bestimmt werden.

Änderungen des  $STI$  von 0,03 sind gerade wahrnehmbar [5].

Zur Reduzierung des Messaufwandes wurde ursprünglich ein abgekürztes, schnelles Verfahren definiert mit einem entsprechend angepassten Index:  $RASTI$  (Rapid Speech Transmission Index). Die Messverfahren und die entsprechenden Einschränkungen der Anwendung von  $STI$  und  $RASTI$  sind in der Norm IEC 60268-16:1998 beschrieben.

### A.3 Artikulationsverlust $AI_{\text{cons}}$ bei Sprache

Ein Maß zur Beurteilung der Sprachverständlichkeit in Räumen ist der Artikulationsverlust gesprochener Konsonanten  $AI_{\text{cons}}$  (articulation loss of consonants), der außer von geometrischen Parametern im Wesentlichen vom Signalpegel-Störpegel-Abstand  $S/N$  und von der Nachhallzeit abhängt.

Lange Nachhallzeiten führen zu einem höheren Artikulationsverlust, da der Nachhall wie Störschall für die nachfolgenden Nutzsignale wirkt und somit die Verständlichkeit herabsetzt.

### A.4 Common Intelligibility Scale $CIS$

Dieses physikalische Maß als allgemeine Skala für die Sprachverständlichkeit kann nicht direkt gemessen werden, sondern stellt einen formelmäßigen Zusammenhang zwischen  $STI$  und  $AI_{\text{cons}}$  dar:

$$CIS = 1 + \lg (STI) \quad (A.3)$$

$$CIS = 1 + \lg \{0,9482 - 0,1845 \times \ln (AI_{\text{cons}})\} \quad (A.4)$$

Der Zusammenhang zwischen  $STI$ ,  $AI_{\text{cons}}$  und  $CIS$  ist Tabelle A.1 zu entnehmen.

**Tabelle A.1 — Zusammenhang zwischen  $STI$ -,  $AI_{\text{cons}}$ -,  $CIS$ -Werten [5]**

Spalte Zeile	1	2	3
	$STI$ -Wert	$AI_{\text{cons}}$	$CIS$
1	0 bis 0,3	> 34 %	< 0,48
2	0,3 bis 0,45	34 % bis 15%	0,48 bis 0,65
3	0,45 bis 0,6	15% bis 7%	0,65 bis 0,78
4	0,6 bis 0,76	7 % bis 3 %	0,78 bis 0,88
5	0,75 bis 1,0	< 3 %	0,88 bis 1,0

### A.5 Silbenverständlichkeit

Ein subjektives Beurteilungsverfahren der Sprachverständlichkeit besteht in der Erkennbarkeit deutlich gesprochener Logatome auf der Basis des Häufigkeitswörterbuches und einer sprachrelevanten Phonemverteilung. **Logatome** sind einsilbige Konsonanten-Vokal-Konsonanten-Gruppen, die keinen direkt erkenn- oder ableitbaren Sinn ergeben, so dass eine logische Ergänzung beim Test nicht richtig verstandener Logatome nicht möglich ist. Das Verhältnis richtig verstandener Buchstabenfolgen zu insgesamt dargebotenen ergibt in Prozent die am häufigsten verwendete *Silbenverständlichkeit*  $V$ . Daraus lassen sich die *Wortverständlichkeit*  $V_W$  und die *Satzverständlichkeit*  $V_{SA}$  ableiten, siehe Tabelle A.2.

**Tabelle A.2 — Zusammenhang zwischen der prozentualen Silben-, Satz- und Wortverständlichkeit [3], [6]**

Spalte Zeile	1	2	3
	Silbenverständlichkeit $V$ in %	Wortverständlichkeit $V_W$ in %	Satzverständlichkeit $V_{SA}$ in %
1	0 bis 34	0 bis 67	0 bis 89
2	34 bis 48	67 bis 78	89 bis 92
3	48 bis 67	78 bis 87	92 bis 95
4	67 bis 90	87 bis 94	95 bis 96
5	90 bis 96	94 bis 96	96

## Anhang B (informativ)

### Beispiele zur Kennzeichnung der Schallabsorption von Materialien, Konstruktionen, Gegenständen und Personen

**Tabelle B.1 — Beispiele für den Schallabsorptionsgrad  $\alpha_s$  für eine frequenzabhängige  
Dimensionierung, nach [3], [4], [7]**

Spalte Zeile	1	2	3	4	5	6	7
	Material	$\alpha_s$ für die Oktavband-Mittenfrequenz in Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
1	Mauerziegelwand, unverputzt, Fugen aus- gestrichen	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06
2	Mauerwerk aus Hohllochziegeln, Löcher sichtbar, 6 cm vor Massivwand, Hohlraum leer	0,11	0,22	0,36	0,32	0,55	0,43
3	Kalkzementputz	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05	0,05
4	Glattputz	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06
5	Tapete auf Kalkzementputz	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
6	Spiegel, vor der Wand	0,12	0,10	0,05	0,04	0,02	0,02
7	Tür, Holz, lackiert	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05
8	Stuckgips, unverputzter Beton	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
9	Marmor, Fliesen, Klinker	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
10	Fenster (Isolierverglasung, Kasten- und Verbundfenster)	0,28	0,20	0,10	0,06	0,03	0,02
11	Parkettfußboden, aufgeklebt	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06
12	Parkettfußboden, auf Blindboden	0,20	0,15	0,10	0,10	0,05	0,10
13	Parkettfußboden, hohlliegend	0,15	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
14	Teppichboden, bis 6 mm Florhöhe	0,02	0,04	0,06	0,20	0,30	0,35
15	Teppichboden, 7 mm bis 10 mm Florhöhe	0,04	0,07	0,12	0,30	0,50	0,80
16	Bühnenöffnung mit Dekoration	0,40	0,40	0,60	0,70	0,80	0,80
17	PVC-Fußbodenbelag (2,5 mm dick) auf Betonboden	0,01	0,02	0,01	0,03	0,05	0,05
18	Linoleum auf Beton	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
19	Gipskartonplatten 9,5 mm dick, 60 mm Wandabstand, Hohlraum kassettiert	0,31	0,08	0,04	0,07	0,09	0,08
20	Furnierte Holz- oder Spanplatte dicht vor festem Untergrund	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06
21	4 mm Hartfaserplatte, kassettiert ohne Dämmstoff, Wandabstand 60 mm	0,22	0,19	0,14	0,07	0,05	0,05
22	4 mm Hartfaserplatte, kassettiert mit 40 mm Mineralwolleplatte, Wandabstand 60 mm	0,67	0,21	0,14	0,07	0,06	0,05

**Tabelle B.1 (fortgesetzt)**

Spalte Zeile	1	2	3	4	5	6	7
	Material	$\alpha_s$ für die Oktavband-Mittenfrequenz in Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
23	4-mm-Hartfaserplatte, kassettiert ohne Dämmstoff, Wandabstand 120 mm	0,26	0,15	0,06	0,05	0,05	0,05
24	Gipskartonplatte, 9,5 mm dick, 25 mm Wandabstand	0,27	0,16	0,10	0,08	0,11	0,12
25	Kino-Bildwand	0,10	0,10	0,20	0,30	0,50	0,60
26	Bücherregal in Bibliotheken, bezogen auf die vertikale Buchrückenfläche vor einer Rückwand	0,30	0,40	0,40	0,30	0,30	0,20

**Tabelle B.2 — Beispiele für die frequenzabhängige äquivalente Schallabsorptionsfläche  $A$  von Personen und Gestühl, nach [6], [7], [9]**

Spalte Zeile	1	2	3	4	5	6	7
	Personen; Gestühl	Äquivalente Schallabsorptionsfläche $A$ in $m^2$ in den Oktavband-Mittenfrequenzen in Hz					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
1	0,5 $m^2$ / Person, sitzend auf Holzgestühl	0,12	0,20	0,39	0,49	0,48	0,40
2	1,0 $m^2$ / Person, sitzend auf Holzgestühl	0,18	0,26	0,55	0,68	0,78	0,78
3	6 $m^2$ / Person, sitzend	0,12	0,18	0,35	0,56	0,68	0,74
4	6 $m^2$ / Person, stehend	0,12	0,19	0,42	0,66	0,86	0,94
5	Klappstuhl aus Holz, unbesetzt	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03
6	Einfacher Polsterstuhl mit Textilbezug	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,40
7	Einfacher Polsterstuhl mit Lederbezug	0,05	0,15	0,20	0,10	0,03	0,03
8	Gepolsterter Theaterklappstuhl	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
9	Musiker mit Instrument: 1,1 $m^2$ / Person	0,16	0,42	0,87	1,07	1,04	0,94
10	Musiker mit Instrument: 2,3 $m^2$ / Person	0,03	0,13	0,43	0,70	0,86	0,99
11	Chorsänger: $\leq 0,5 m^2$ / Person	0,15	0,25	0,40	0,50	0,60	0,60
12	Schüler in Unterrichtsräumen an Holztischen: 3 $m^2$ / Person	0,05	0,33	0,43	0,32	0,38	0,37
13	Kinder in Vorschuleinrichtungen, sitzend 2 $m^2$ / Person	—	0,14	0,17	0,20	0,30	0,23



## Anhang C (informativ)

# Hilfsmittel für Maßnahmen zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit bei Schwerhörigkeit

### C.1 Sprache und Sprachverstehen

Alle Vokale enthalten die Hauptenergieanteile zwischen etwa 200 Hz und 600 Hz (1. Formant) und einige auch hochfrequente Anteile zwischen etwa 2 000 Hz und 5 000 Hz (2. Formant). Zahlreiche Konsonanten, insbesondere die Zisch- und Explosivlaute, sind dagegen sehr stark hochfrequent geprägt, z. B. „SCH“ zwischen 1 600 Hz und 8 000 Hz und „TZ“ zwischen 5 000 Hz und 15 000 Hz. Während die Vokale die Lautstärke der Sprache bewirken, sind die Konsonanten die wesentlichen Träger der Information.

Das Gehör guthörender Personen ist optimal an die Aufnahme der Informationen angepasst. Gerade in dem Frequenzbereich der wichtigen Zisch- und Explosivlaute liegt die Hörschwelle sehr niedrig, so dass das Gehör sehr empfindsam reagiert.

In dem Frequenzbereich, in dem das Gehör besonders empfindsam ist, ist es auch besonders empfindlich. Das bedeutet, dass gerade in diesem Frequenzbereich auch die Hörschädigung zuerst einsetzt. Charakteristisch ist die „c<sup>5</sup>-Senke“ für Lärmschwerhörige bei 4 000 Hz.

Bei Schwerhörigkeit wird zwischen vorübergehender und bleibender Hörminderung unterschieden. Eine vorübergehende Hörminderung kann z. B. aufgrund einer einmaligen Lärmbelastung (Vertäubung, Knalltrauma) oder einer Infektionskrankheit entstehen und bildet sich nach Ende der Belastung/Erkrankung wieder zurück. Eine bleibende Hörminderung ist eine Verschiebung der Hörschwelle, die sich nicht wieder zurückbildet. Schallempfindungsschwerhörigkeit des Innenohrs bildet sich vorrangig im Frequenzbereich von 1 kHz und höher aus.

Zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit muss berücksichtigt werden, dass es Schwerhörige mit und ohne Hörhilfen gibt. Die Verbesserungen müssen sich beziehen auf

- die Raumakustik;
- die elektroakustische Beschallungsanlage (Mikrofon — Lautsprecher) und
- die Beschallungssysteme für Schwerhörige (siehe C.2).

Auch für die Sprachverständlichkeit von Schwerhörigen sind Schallreflexionen sowie die raumakustischen Kenngrößen Gesamtstörerschalldruckpegel und Nachhallzeit maßgebend. In Bezug auf die Verständlichkeit von Sprache werden hallige Räume sehr oft beanstandet. Die raumakustische Situation wird einheitlich von allen Betroffenen umso günstiger empfunden, je kürzer die Nachhallzeit ist.

Die diffusen Sprachschallanteile des Nachhalls enthalten keine für das Verstehen von Sprache nutzbaren Informationen. Vornehmlich der direkte Signalanteil ist für die Verständlichkeit nutzbar und er muss ausreichend hoch über dem Störsignalanteil liegen. Durch Verkürzen der Nachhallzeit kann man den Diffusfeld-Schallpegel absenken und erhält dadurch auch in größeren Abständen von einem Sprecher noch ein ausreichendes Direktschall-Diffusschall-Verhältnis.

Darüber hinaus ist in nachhallärmeren Räumen eine elektroakustische Beschallungsanlage besser auszusteuern, ohne dass der Rückkopplungseinsatz den Verstärkungsgewinn der Anlage begrenzt. Die damit verbundene Anhebung des Nutzsignalpegels gegenüber dem abgesenkten Störschallpegel kommt den Zuhörern direkt zugute.

## C.2 Beschallungssysteme für Schwerhörige

### C.2.1 Signalübertragungssysteme

Schwerhörige benötigen im Vergleich zu Guthörenden einen deutlich stärkeren Direktschallanteil bei entsprechend verringerter Diffusschallkomponente. Deshalb sind Beschallungsanlagen mit Lautsprechern für sie im Allgemeinen nicht hilfreich, sondern es ist eine direkte Tonsignalübertragung zum jeweiligen Schwerhörigen notwendig. Eine direkte akustische Kommunikation untereinander ist dann jedoch nicht möglich.

Zurzeit sind im Wesentlichen drei verschiedene Systeme der Signalübertragung üblich:

- Induktive Übertragung;
- Funk-Übertragung (FM);
- Infrarot-Übertragung (IR).

### C.2.2 Induktive Übertragung

Das zu übertragende Signal wird vor dem Endverstärker der Beschallungsanlage abgegriffen und einem Induktionsschleifenverstärker in Konstantstrom-Ausführung zugeführt. An diesen ist eine „Induktionsschleife, Ringschleife“ oder ähnlich genanntes Kabel angeschlossen, das den zu versorgenden Zuhörerbereich umschließt. Bei geeigneter Verlegung und Einstellung wird nach DIN EN 60118-4 eine mittlere elektromagnetische Feldstärke von etwa 100 mA/m erzeugt. Weitere Hinweise zu Auswahl und Einbau sind im Merkblatt des Deutschen Schwerhörigenbundes zu ersehen [8].

Schwerhörige deren Hörgeräte so genannte „Telefonspulen“ enthalten, schalten auf Stellung „T“ und können damit ohne weiteres Zusatzgerät das abgestrahlte Signal direkt hören. Für diesen Personenkreis müssen deshalb keine speziellen Empfänger ausgegeben werden. Induktive Höranlagen eignen sich deshalb besonders gut für die Nutzung in öffentlichen Räumen.

Schwerhörige, die noch keine Hörgeräte tragen, oder deren Hörgeräte nicht mit Telefonspulen ausgestattet sind, erhalten Induktionsempfänger, an die Kopfhörer oder galvanische Koppler angeschlossen werden können.

ANMERKUNG 1 Da die elektromagnetische Induktion stromabhängig ist, sind zum Betrieb von induktiven Höranlagen ausschließlich Konstantstromverstärker zu verwenden. Konstantspannungsverstärker, wie man sie für Lautsprecheranlagen einsetzt, sind dagegen wegen des sehr ungünstigen Frequenzganges ungeeignet. Für eine hohe Feldstärke müssen große Ströme fließen; deshalb sind die Kabelquerschnitte ausreichend zu bemessen.

ANMERKUNG 2 Früher wurden häufig für induktive Höranlagen Konstantspannungsverstärker mit so genanntem „Ringschleifenübertrager“, einem speziellen Transformator, eingesetzt. Da die Induktivität des Systems mit zunehmender Frequenz ansteigt, können derartige (veraltete) Anlagen die für die Sprachverständlichkeit wichtigen hochfrequenten Anteile nicht abstrahlen. Konstantspannungsverstärker sind für eine sachgerechte Schwerhörigenversorgung ungeeignet.

ANMERKUNG 3 Das zur induktiven Höranlage gehörende Schleifenkabel kann entweder im oder auf dem Fußboden, im unteren Bereich der Wand oder unterhalb der Decke verlegt werden. Eine Montage der Ringleitung in Ohrhöhe an der Wand ist wegen ungleichmäßiger Empfangsfeldstärke nicht zu empfehlen.

ANMERKUNG 4 Die Anlage sollte zusätzlich zumindest folgende Komponenten enthalten: Aussteuerungsautomatik mit 30 dB Dynamik (AGC), Frequenzganganpassung (EQ) und Eisen-Kompensation.

### C.2.3 Funk-Übertragung (FM)

Das zu übertragende Signal wird vor dem Endverstärker der Beschallungsanlage abgegriffen und einem Funksender zugeführt. Diese arbeiten im 8-m- und 2-m- sowie im UHF-Bereich. Je nach Frequenzbereich steht hier eine unterschiedliche Anzahl von Kanälen zur Verfügung.

Die Zuhörer erhalten einen Empfänger mit Kopfhörer. Im Allgemeinen ist auch eine induktive (Halsringschleife) oder eine galvanische Koppelung (Audioschuh) mit HdO-Hörgeräten möglich.

**ANMERKUNG** Häufig werden zur Versorgung Schwerhöriger in kleinen Gruppen Mikrofone verwendet, die direkt mit einem FM-Sender gekoppelt sind. Diese Anlagen sind mobil und werden in lauter Umgebung als Personenführungsanlagen (auch für guthörende Personen) verwendet. Auf derartige Anlagen wird hier nicht eingegangen.

### C.2.4 Infrarot-Übertragung (IR)

Das zu übertragende Signal wird vor dem Endverstärker der Beschallungsanlage abgegriffen und (je nach zu „beschallender“ Fläche) einem oder mehreren IR-Flächenstrahlern zugeführt. Diese sind so anzubringen, dass die zu versorgenden Zuhörerflächen vom IR-Lichtkegel getroffen werden.

Die Zuhörer erhalten IR-Empfänger mit eingebautem (Stethoclip) oder angeschlossenem Kopfhörer. Bei einigen Fabrikaten ist auch eine induktive (Halsringschleife) oder eine galvanische Kopplung (Audioschuh) mit HdO-Hörgeräten möglich.

### C.2.5 Einsatzbedingungen

In Abhängigkeit vom jeweiligen Einsatzgebiet sind die Vor- und Nachteile in nachstehender Tabelle C.1 aufgeführt:

Tabelle C.1 — Vor- und Nachteile der Übertragungssysteme

Eigenschaft	Induktive Höranlagen	FM-Anlagen	Infrarot-Anlagen
Kanalanzahl	Einkanalig	mehrere Kanäle simultan möglich	mehrere Kanäle simultan möglich
Mobilität	freie Platzwahl und Bewegung innerhalb der Schleife	freie Platzwahl und Bewegung	eingeschränkte Platzwahl (Sichtverbindung zum IR- Sender)
Einsatzgebiet	Übersprechen in den Nebenraum ist möglich	in großem Umkreis zu empfangen	Empfang nur in einem Raum (Abhörsicherheit)
Empfänger für Träger von Hörgeräten	Empfänger in HdO- Hörgeräten vorhanden, teilweise auch in IdO- Hörgeräten	Empfänger mit Halsringschleife oder Audiokabel an einige HdO- Hörgeräte ansteckbar	Empfänger mit Halsringschleife oder Audiokabel an einige HdO- Hörgeräte ansteckbar
Empfänger für Personen ohne Hörgeräte	Induktiv-Empfänger mit Kopfhörer	FM-Empfänger mit Kopfhörer	IR-Empfänger mit Kopfhörer
Anpassung an individuellen Hörverlust	Induktiv-Empfänger nicht an individuellen Hörverlust angepasst	FM-Empfänger nicht an individuellen Hörverlust angepasst	IR-Empfänger nicht an individuellen Hörverlust angepasst
Vor-/Nachteile bei Kopfhörerbetrieb	bei HdO- (oder IdO-) Hörgeräten mit T-Spule nicht sinnvoll	Kopfhörer über HdO- Hörgeräten schwierig (akustische Rückkoppelung)	Kopfhörer über HdO- Hörgeräten schwierig (akustische Rückkoppelung)
	Offene Kopfhörer gut kombinierbar mit IdO- Hörgeräten	offene Kopfhörer gut kombinierbar mit IdO- Hörgeräten, Stethoclip-Kopfhörer nicht anwendbar	offene Kopfhörer gut kombinierbar mit IdO- Hörgeräten, Stethoclip-Kopfhörer nicht anwendbar
Aufwand für den Einbau	Installation des Schleifenkabels bei Nachrüstung ggf. aufwändig	ggf. Bewilligung / Frequenzuteilung durch Fernmeldebehörde erforderlich	bei Nachrüstung ggf. aufwändig (z. B. wegen Denkmalschutz- bestimmungen)
Mögliche Störeinträge	Brummeinstreuungen bei elektromagnetischen Feldern oder falscher Schleifendimensionierung	HF-Störfelder, andere FM- Anlagen, bisweilen auch durch elektronische Vorschaltgeräte	kein „Sichtkontakt“ zum IR- Sender, bisweilen Störungen durch Sonnenlicht
Besondere Eignung für	alle öffentlichen Räume mit wechselndem Publikum	Dolmetscherbetrieb, Personenführungsanlagen, Schulen	Dolmetscherbetrieb, private Nutzung für Radio-/Fernseher-Ton
Ausstattung für	den Raum	einzelne Personen	einzelne Personen
ANMERKUNG	HdO-Hörgerät: Hörgerät, das <b>Hinter dem Ohr</b> getragen wird. IdO-Hörgerät: Hörgerät, das <b>In dem Ohr</b> getragen wird.		

## Anhang D (informativ)

### Sprachkommunikation

Die Sprachkommunikation ist ein wesentlicher Bestandteil der Hörsamkeit in Räumen. Ein Raum hat vor allem dann diesbezüglich eine gute Hörsamkeit, wenn er so gestaltet ist, dass Sprachkommunikation einwandfrei und störungsfrei stattfinden kann.

Für den Prozess der Sprachkommunikation müssen sprachliche Mitteilungen von einem Sprecher so produziert werden können, dass sie im Raum übertragen den Hörer so erreichen, dass sie von diesem gehört, decodiert und verstanden werden; somit können Sprecher wie Hörer an diesem ggf. wechselseitigen Prozess teilnehmen. Hierfür müssen gewisse Voraussetzungen gegeben sein.

Die Schallleistung der natürlichen (Sprecher) oder ggf. technischen Schallquelle (Lautsprecher) muss ausreichend sein, um auch bei den größeren Entfernungen in dem betreffenden Raum einen ausreichenden Schalldruckpegel erreichen zu können. Die Schallleistung von Sprechern bei üblichen Sprechweisen ist in Tabelle D.1 angegeben. Der Sprechapparat des Menschen ist normalerweise für eine Sprechweise auf einen A-bewerteten Schalldruckpegel in 1 Meter Abstand  $L_{SA,1m} = 54$  dB bis 60 dB ausgelegt.

**Tabelle D.1 — A-bewerteter Schallleistungspegel  $L_{WA}$  von Sprechern bei der Sprechweise „entspannt“ bis „laut“ im öffentlichen Bereich**

Spalte Zeile	1	2	3
	Sprechweise	A-bewerteter Schalldruckpegel der Sprachpegel $L_{pA,1m}$ in 1 m Entfernung vom Sprecher dB	A-bewerteter Schallleistungspegel der Sprache $L_{WA}$ dB
1	Entspannt	54	62
2	Normal	60	68
3	Angehoben	66	74
4	Laut	72	80

**ANMERKUNG** Im privaten Bereich wird häufig mit einem um 6 dB niedrigeren A-bewerteten Schallleistungspegel gesprochen.

Länger dauerndes Sprechen ist für ungeübte Sprecher über die Sprechweise „angehoben“ mit  $L_{pA,1m} = 66$  dB nicht zweckmäßig. Sehr laut gesprochene Sprache mit  $L_{pA,1m} > 75$  dB beginnt zu verzerrern und ist damit schwerer verständlich.

Für die Übertragung im Raum gilt: Die Raumgestaltung sollte möglichst viel Anfangsschallenergie direkt (oder mit Hilfe von Reflexionen) zu allen Hörerplätzen bringen; Störungen durch zu hohe Gesamtstör-schalldruckpegel  $L_{NA}$ , zu lange Nachhallzeiten und zu späte, energiereiche Reflexionen sollten vermieden werden.

Für den Hörer sollte eine störungsfreie Sprachverständigung möglich sein. Die Sprachverständlichkeit ist vor allem durch den Sprachsignal-Gesamtstör-schalldruckpegelabstand ( $L_{SA} - L_{NA}$ ) gegeben, der sich aus dem Pegel des Direktschalls der Sprache am Hörerplatz ( $L_{SA}$ ) und dem effektiv wirksamen Gesamtstör-schalldruckpegel  $L_{NA}$  zusammensetzt. Zu  $L_{NA}$  zählt hier auch die Wirkung des Diffusschallfeldes (Nach-

hall). Eine weitgehend störungsfreie Verständlichkeit ist bei Sprachsignal-Geräuschabständen von 10 dB bis 20 dB zu erwarten. Modellrechnungen und Erfahrungen zeigen, dass eine störungsfreie Sprachverständlichkeit umso eher gewährleistet werden kann, je geringer das Störgeräusch ( $L_{NA} = 30$  dB bis 40 dB) und je geringer die Nachhallzeit ( $T = 0,3$  s bis 1 s) ist. Da es nicht zweckmäßig ist, für jeden Raum gesonderte Berechnungen für die Anforderungen durchzuführen, zumal die Nutzung und auch die Fähigkeiten und Gewohnheiten von Sprecher/Hörer sehr variabel sind, werden allgemeine schalltechnische Anforderungen an Räume festgelegt (siehe Abschnitte 4 und 6). Zwei wesentliche Aspekte, das Hörvermögen und das Vermögen, die kommunizierte Sprache zu sprechen und zu verstehen, müssen bei der Gewährleistung von Sprachkommunikation einbezogen werden. Damit Hörer mit verminderter Hörfähigkeit an der Sprachkommunikation teilnehmen können, benötigen sie einen 5 dB bis 15 dB höheren Sprachsignal-Gesamtstörschalldruckpegelabstand als Guthörende und eine geringere Nachhallzeit (siehe Anhang C).

Sprachkommunikation ist daran gebunden, dass Sprecher und Hörer die gleiche Sprache sprechen und somit sich auch verstehen können. Für die Kommunikation mit speziellen Fachtexten oder in einer Fremdsprache sind 5 dB bis 10 dB höhere Anforderungen an den Sprachsignal-Gesamtstörschalldruckpegelabstand zu stellen.

Beschallungsanlagen können durch einen höheren Schallleistungspegel und eine stärkere Bündelung bei verbleibender normaler Sprechweise und durch spezielle Anordnungen der Lautsprecher den Direktanteil der Sprache und damit den Sprachsignal-Gesamtstörschalldruckpegelabstand erhöhen.

## Literaturhinweise

DIN EN ISO 11690-1, *Akustik — Richtlinien für die Gestaltung lärmarmer maschinenbestückter Arbeitsstätten — Teil 1: Allgemeine Grundlagen* (ISO 11690-1:1996); Deutsche Fassung EN ISO 11690-1:1996.

DIN EN ISO 11690-2, *Akustik — Richtlinien für die Gestaltung lärmarmer maschinenbestückter Arbeitsstätten — Teil 2: Lärminderungsmaßnahmen* (ISO 11690-2:1996); Deutsche Fassung EN ISO 11690-2:1996.

DIN 18032-1, *Sporthallen — Hallen und Räume für Sport und Mehrzwecknutzung — Teil 1: Grundsätze für die Planung*.

ISO 31-7, *Quantities and Units; part 7: acoustics* (Größen und Einheiten; Teil 7: Akustik).

VDI 2058 Blatt 2:1988-06, *Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung*.

VDI 2058 Blatt 3:1999-02, *Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten*.

- [1] C. Ruhe. *Günstige Raumakustik hilft Hörgeschädigten*. Berat. Ing. Heft 12/1998, S. 45.
- [2] D. J. MacKenzie u. S. Airey. *Classroom Acoustics — Summary Report 1999*; Heriot-Watt University, Edinburgh; Department of Building Engineering and Survey, Riccarton, Edinburgh, EH14 4AS.
- [3] W. Fasold, W. Kraak u. W. Schirmer (Hrsg.). *Taschenbuch der Akustik*. Bd. 1 u. 2. VEB Verlag, Berlin 1984.
- [4] W. Fasold u. E. Veres. *Schallschutz und Raumakustik in der Praxis*. Verlag für Bauwesen, Berlin 1998.
- [5] K. Eggenschwiler et al.. *Beschallungsanlagen für Sprache — Empfehlungen für Architekten und Bauherren*. Hrsg.: Schweizerische Gesellschaft für Akustik, Januar 2001.
- [6] Glen M. Ballou (Hrsg.). *Handbook for Sound Engineers*, Third Edition. Focal Press Boston, Oxford, Auckland, Johannesburg, Melbourne, New Delhi 2002.
- [7] Ch. Thiel. *Schallabsorptionsgradtabellen*. Bauakademie der DDR, Bauinformation, Berlin 1969 bis 1978.
- [8] DSB-Ratgeber, Heft 11, *Technische Hilfen für Hörgeschädigte*. Deutscher Schwerhörigenbund e.V., Breite Straße 23, 13187 Berlin, Oktober 2002.
- [9] E. Meyer, D. Kunstmann, u. H. Kuttruff. *Über einige Messungen zur Schallabsorption von Publikum*, *Acustica*, 14 (1964), S. 119–124.