

Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen

DIN
18 041

Acoustical quality in small to medium size rooms

Inhalt

	Seite
1. Zweck und Anwendungsbereich	1
2. Begriffe	1
3. Änderung der äquivalenten Schallschluckfläche	2
4. Geometrische Gestaltung der Räume	2
5. Art, Größe und Verteilung schallschluckender Flächen	3
6. Schallschutz	5
7. Hinweise auf Normen und Handbücher	7

Die in dem Abschnitt 5 u. ff. enthaltenen Hinweise auf DIN 4109 Blatt 1 bis Blatt 4 beziehen sich auf die Ausgabe September 1962 und Blatt 5 auf die Ausgabe April 1963.

1. Zweck und Anwendungsbereich

Diese Norm behandelt für kleine bis mittelgroße Räume (Rauminhalt V etwa 125 bis etwa 1000 m³):

- Maßnahmen zur Sicherung ausreichender Hörsamkeit, insbesondere Sprachverständlichkeit, in Unterrichts- und Ausbildungsräumen, kleinen Hörsälen, Sitzungszimmern und kleinen Versammlungsräumen sowie Gerichtssälen u. ä., ohne daß Mikrofone und Lautsprecheranlagen verwendet werden müssen (Räume der Gruppe 1).
- Maßnahmen zur Lärminderung und Sicherung ausreichender Verständlichkeit von Gesprächen, auch am Fernsprecher, in Räumen für Büromaschinen und datenverarbeitende Geräte, Räumen mit vielen Schreibmaschinen (Kanzleien) und Schalterhallen (Räume der Gruppe 2).

Diese Norm behandelt dagegen nicht die Hörsamkeit in Räumen mit besonderen Anforderungen, beispielsweise für hochwertige Aufnahmen oder Wiedergaben von Musik oder Sprache. Solche Räume sind z. B. Studios, Regieräume für Funk, Film und Fernsehen, Musik- und Sprechtheater, Konzertsäle, Filmtheater, Kirchen und Schulaulen, große Versammlungsräume und Allzweckräume.

2. Begriffe

2.1. Hörsamkeit

Eignung eines Raumes für Schalldarbietungen. Im Rahmen dieser Norm Eignung im Hinblick auf eine ausreichende Sprachverständlichkeit an allen für die Nutzung des Raumes vorgesehenen Orten ohne elektroakustische Anlagen, vorwiegend bewirkt durch eine zweckmäßige geometrische Gestaltung des Raumes in Verbindung mit der Bildung geeigneter Nachhallzeiten durch Auswahl und Verteilung definiert schallschluckender Flächen.

2.2. Schallschluckung (Schallabsorption)

Unter Schallschluckung versteht man den Verlust an Schallenergie bei der Reflexion an den Begrenzungsflächen eines Raumes und an den Gegenständen oder Personen in ihm.

2.3. Nachhall

Abnahme der Schallenergie in einem geschlossenen Raum nach beendeter Schallsendung. Für das Schluckvermögen des Raumes ist dabei die Nachhallzeit T kennzeichnend.

2.4. Nachhallzeit T

Zeitspanne, während der der Schallpegel nach Beenden der Schallsendung um 60 dB fällt¹⁾. Aus der Nachhallzeit T und dem Rauminhalt V ergibt sich die äquivalente Schallschluckfläche A .

2.5. Äquivalente Schallschluckfläche (Schallabsorptionsfläche) A

Gedachte Fläche mit vollständiger Schallschluckung ($\alpha = 1$), die den gleichen Anteil der Schallenergie schlucken würde, wie die gesamte Oberfläche des Raumes und die in ihm befindlichen Gegenstände und Personen. Sie kann näherungsweise berechnet werden aus der Nachhallzeit T nach der Gleichung (1)

$$A = 0,163 \frac{V}{T} \text{ in m}^2 \quad (1)$$

Hierbei ist V in m³ und T in Sekunden einzusetzen.

A kennzeichnet also die gesamte Schallschluckung eines Raumes.

2.6. Schallschluckgrad (Schallabsorptionsgrad) α

Verhältnis der nicht reflektierten (nicht zurückgeworfenen) zur auffallenden Energie. Bei vollständiger Reflexion ist $\alpha = 0$, bei vollständiger Schluckung ist $\alpha = 1$.

Der Schallschluckgrad α kann nach verschiedenen Verfahren bestimmt werden und erhält deshalb zur jeweiligen Kennzeichnung verschiedene Indizes. In dieser Norm ist jedoch bei Schallschluckstoffen und -anordnungen stets der Sabinesche Schallschluckgrad α_S gemeint²⁾, der den Schallschluckgrad für allseitigen Schalleinfall, also im statischen Schallfeld, kennzeichnet (im Gegensatz zu einem Schallfeld, das den Schall nur in einer Richtung, z. B. senkrecht, auf den Schluckstoff auffallen läßt).

In Ergänzung zu A in Abschnitt 2.5 kennzeichnet α_S die Schallschluckung je Flächeneinheit für eine Fläche von im Mittel einheitlicher Beschaffenheit³⁾.

¹⁾ Messungen der Nachhallzeit sind vorzunehmen in Anlehnung an DIN 52 216 „Bauakustische Prüfungen; Messung der Nachhallzeit in Zuhörerräumen“

²⁾ Index S (= Sabine), nach dem Physiker W. C. Sabine, der als erster die Zusammenhänge zwischen Hörsamkeit, Nachhall und Schallschluckung behandelte.

³⁾ Messungen von α_S sind vorzunehmen nach DIN 52 212 „Bauakustische Prüfungen, Bestimmung des Schallabsorptionsgrades im Hallraum“

Fortsetzung Seite 2 bis 7

Fachnormenausschuß Bauwesen im Deutschen Normenausschuß (DNA)
Fachnormenausschuß Materialprüfung im DNA

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses, Berlin 30, gestattet.

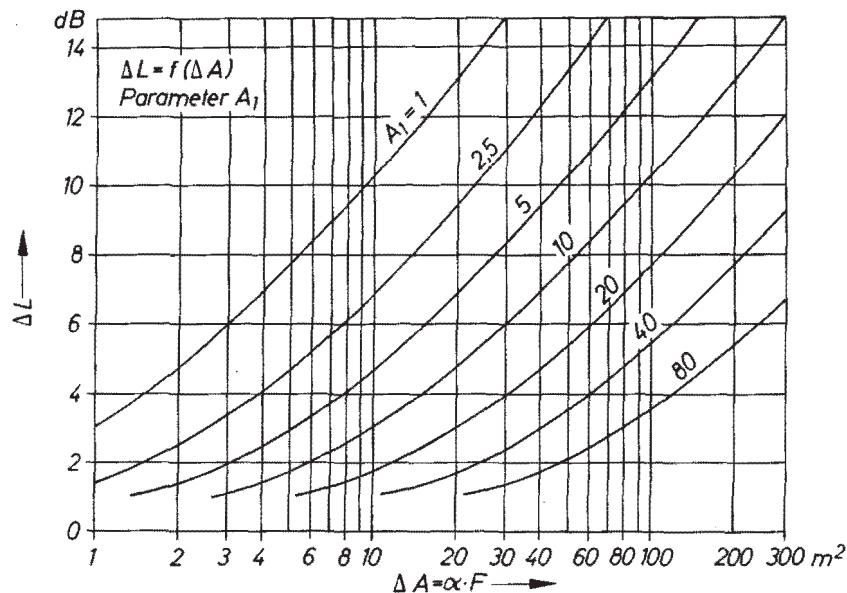


Bild 1: Lärminderung ΔL in Abhängigkeit der Vergrößerung der äquivalenten Schallschluckfläche ΔA bei unterschiedlichen Werten A_1 des akustisch unbehandelten Raumes

3. Änderung der äquivalenten Schallschluckfläche

Zwischen den beiden Größen A nach Abschnitt 2.5 und α_S nach Abschnitt 2.6 besteht ein für diese Norm wesentlicher Zusammenhang. Ist A_1 die äquivalente Schallschluckfläche eines hinsichtlich seiner Hörsamkeit unbehandelten Raumes und A_2 die des behandelten Raumes, ausgedrückt durch Gleichung (2),

$$A_2 = A_1 + \Delta A \quad (2)$$

so gilt für die den Zuwachs ΔA bewirkenden Schallschluckflächen Gleichung (3)

$$\Delta A = \alpha_{S1} \cdot F_1 + \alpha_{S2} \cdot F_2 + \dots \quad (3)$$

Hierin bedeuten:

α_{S1} (z. B. schallschluckende Decke)

α_{S2} (z. B. schallschluckender Wandfries)

F_1 die Gesamtfläche⁴⁾ einer schallschluckenden Anordnung mit dem Schallschluckgrad

F_2 die Gesamtfläche⁴⁾ einer anderen schallschluckenden Anordnung mit dem Schallschluckgrad.

ΔA bestimmt also zusammen mit A_1 die endgültige Zustandsgröße des Raumes.

Bei Räumen der Gruppe 1 (siehe Abschnitt 1) ergibt sich die für die Hörsamkeit wichtige Nachhallzeit nach Gleichung (4)

$$T = \frac{0,163 \cdot V}{A_1 + \Delta A} \text{ in Sekunden (s)} \quad (4)$$

mit V in m^3 und A_1 sowie ΔA in m^2 .

Bei Räumen der Gruppe 2 (siehe Abschnitt 1) ergibt sich die für die Lärminderung wichtige Verkleinerung des Schallpegels ΔL nach Gleichung (5)

$$\Delta L = 10 \lg \left(1 + \frac{\Delta A}{A_1} \right) \text{ in Dezibel (dB)} \quad (5)$$

Dieser Zusammenhang ist in Bild 1 dargestellt⁵⁾.

4. Geometrische Gestaltung der Räume

4.1. Räume der Gruppe 1 (siehe Abschnitt 1 a)

4.1.1. Raumabmessungen und Größe

Räume mit zueinander rechtwinklig angeordneten Begrenzungsflächen sollten, besonders wenn sie klein sind, verschieden große Kantenlängen haben (Räume mit der Form eines Würfels oder solche, die gegenüber Länge und Breite sehr niedrig sind, sollten vermieden werden). Bei schiefwinkligen Flächen oder bei Räumen mit ansteigenden Sitzreihen (z. B. in kleinen Hörsälen) sind solche Festlegungen weniger kritisch (siehe Bilder 3 b und c). Der Inhalt des Raumes sollte je Hörer zwischen etwa 4 und 6 m^3 liegen.

4.1.2. Schädliche Reflexionsflächen

In langen Räumen (z. B. $l > 15 m$) wird bei Vorträgen die Hörsamkeit (z. B. die Sprachverständlichkeit) besonders für den vorderen und mittleren Zuhörerbereich durch Laufzeitunterschiede zwischen dem von vorn kommenden direkten Schall und dem von einer schallharten Rückwand oder Decke reflektierten Schall beeinträchtigt, und zwar auch dann, wenn die Nachhallzeit T klein ist (siehe Bilder 2 a und 3 a).

Wird ein Raum durch ein, zwei oder drei Paar zueinander parallelen Flächen begrenzt, die ganz oder auf großen Teilflächen ohne schallschluckende Verkleidung oder ohne Gliederung sind, so können störende Flatterechos auftreten (siehe Bild 4 a), die man entweder durch Schrägstellung gegenüberliegender Wände um 5° oder mehr (siehe Bild 4 b) durch schallschluckende Verkleidung, wenigstens von kleineren Teilflächen der Wände (siehe Bild 4 c) oder durch gleichzeitige Anwendung beider Maßnahmen vermeiden kann (siehe Bild 5 c).

Bei längeren Räumen sollte die Rückwand entweder schallschluckend verkleidet werden, z. B. durch Anordnung von Schallschluckstoffen, die ohnehin zur Verminderung der Nachhallzeit erforderlich sind, oder die Rückwand sollte so geneigt werden, daß der auf sie treffende Schall als nütz-

⁴⁾ Im akustischen Schrifttum, in Prüfnormen und Prüfzeugnissen mit S gekennzeichnet.

⁵⁾ Erfahrungsgemäß ist die subjektive lärmindernde Wirkung der schallschluckenden Verkleidung (z. B. einer Decke) deutlich größer als sie nach dieser Minderung des Schallpegels zu erwarten ist.

licher Schall zu den von der Schallquelle entfernten Hörern reflektiert wird (etwa auf die letzten vier Reihen bzw. 4 m — siehe Bild 2 c). Desgleichen ist es günstig, bei breiten Räumen wenigstens eine Seitenwand etwas schallschluckend zu gestalten (z. B. durch Vorhänge an Fenstern) oder in nicht zueinander parallele Teilflächen zu gliedern. Unter einer völlig reflektierenden Decke ist ein etwas schallschluckender Bodenbelag zu empfehlen.

4.1.3. Nützliche Reflexionsflächen

In Räumen der Gruppe 1, in denen zur Erhöhung der Deutlichkeit der Sprache die Nachhallzeit vermindert wurde, ist bei großen Abmessungen eine ausreichende Lautstärke auch an entfernten Plätzen sicherzustellen. Dies gilt auch in Sitzungsräumen, in denen über größere Entfernungen gesprochen werden muß. In Hörsälen soll die Wand hinter dem Vortragenden möglichst nahe bei seinem Standort angeordnet und schallreflektierend ausgebildet werden (Bild 5). Dies gilt auch für den Teil der Wandfläche, die für die Projektion von Lichtbildern oder Filmen benutzt wird, sofern von dort reflektierter Schall die Zuhörer trifft. Ebenso sollte auch der mittlere Teil der Decke, dort wo die ersten Reflexionen aller Schallquellen zu allen Hörern hin stattfinden, schallreflektierend sein. Das gilt nicht zuletzt für Sitzungszimmer. Der Wegunterschied zwischen direktem und reflektiertem Schall sollte auch in größeren Räumen 8 m nicht überschreiten, da nur dann die Reflexionen zu einer erhöhten Sprachverständlichkeit beitragen. Wenn die Decken und Wände nicht eben, sondern großflächig gegliedert sind (groß im Verhältnis zu den Wellenlängen des Schalles), so sollen schallreflektierende Teilflächen so geneigt werden, daß Schall in den hinteren Raumbereich reflektiert wird (siehe Bilder 5 b und c). Auf den übrigen Flächen der Decke und Wände können die zur Verminderung der Nachhallzeit notwendigen Maßnahmen für die Schallschluckung angeordnet werden. In größeren Hörsälen sind ansteigende Zuhörerreihen einer ebenen Anordnung vorzuziehen.

4.2. Räume der Gruppe 2 (siehe Abschnitt 1 b)

Diese Räume sollen möglichst niedrig gehalten werden. Die gesamte Decke und der gesamte obere Wandfries sind stark schallschluckend auszubilden ($\alpha_g > 0,6$). Weitere Verbesserungen sind möglich dadurch, daß der Raum durch Wandschirme in einzelne Bereiche zweckmäßig gegliedert wird. Die obere Kante der Wandschirme soll wenigstens 50 cm über dem obersten Punkt der Störschallquelle (z. B. Maschinen) liegen und kann zur weiteren Lärminderung auf der Lärmseite einen schallschluckenden Belag erhalten. Die abschirmenden Flächen brauchen nicht miteinander verbunden zu sein.

5. Art, Größe und Verteilung schallschluckender Flächen

5.1. Arten schallschluckender Stoffe und Anordnungen

Schallschluckende Flächen lassen sich im Rahmen dieser Norm in drei Hauptgruppen nach Abschnitt 5.1.1 bis 5.1.3 einteilen.

5.1.1. Porige Schallschluckstoffe

Schallschluckstoffe mit durchgehend offenen Poren oder fein verteilten Kanälen (z. B. Faserdämmstoffplatten bzw. -matten, Holzwoolleichtbauplatten, Akustikputz), die unmittelbar auf schallharte Flächen aufgebracht werden, wirken bei geringer Dicke vorwiegend im mittleren und oberen Frequenzbereich. Ihre Wirkung kann auf tiefere Frequenzen ausgedehnt werden, wenn man diese Platten in einem gewissen Abstand von den schallharten Flächen anordnet oder dickere Platten wählt.

5.1.2. Gelochte oder geschlitzte Platten mit hinterlegten porigen Schallschluckstoffen

Werden gelochte oder geschlitzte Platten (z. B. aus Holz, Holzfasern, Gips, Gipskarton, Asbestzement, Kunststoff oder

Blech) mit porigen Schallschluckstoffen dahinter geeignet angeordnet, und beträgt die Fläche aller Löcher bzw. Schlitzhöchstens 15% der Gesamtfläche, so wirken solche Anordnungen vorwiegend resonanzartig im mittleren Frequenzbereich. Der Frequenzverlauf der Schallschluckung kann dabei weitgehend durch Ändern der Plattendicke, der Lochgröße oder Schlitzbreite, der Lochanzahl, des Abstandes von der Wand oder Decke und des Strömungswiderstandes der Schallschluckstofffüllung geändert werden. Bei geringer Dicke der Abdeckplatten und großem Lochanteil ($\geq 25\%$) reicht die Schallschluckung auch bis zu hohen Frequenzen.

5.1.3. Mitschwinger (Plattenresonatoren)

Mitschwinger sind allseitig geschlossene Kästen, deren Vorderseite aus dünnen unporigen Platten (z. B. Sperrholz, Holzfaser, Asbestzement, Kunststoff, Gipskarton) besteht und deren Rückseite durch die Wände oder Decke gebildet wird. Sie wirken nur in einem sehr schmalen Frequenzbereich, vorwiegend bei tiefen Frequenzen, stark schallschluckend. Zur Erhöhung der Schallschluckung wird der Luftraum der Mitschwinger in der Regel weitgehend mit schallschluckenden Fasermatten oder -platten gefüllt. Der Größtwert der Schallschluckung liegt bei der Eigenfrequenz f_0 (Resonanzfrequenz), die durch die Masse der Platte je Flächeneinheit und die Steifigkeit des Luftpolsters bestimmt ist. f_0 ist nach der Gleichung (6) zu berechnen, die in anderem Zusammenhang auch in DIN 4109 Blatt 5, Tabelle 1, Fall b, angegeben ist.

$$f_0 \approx \frac{600}{\sqrt{g \cdot a}} \text{ in Hz} \quad (6)$$

Darin bedeuten:

f_0 Eigenfrequenz in Hz

g Flächengewicht der Platte in kg/m^2

a Abstand der Platte von der schallharten Wand oder Decke in cm

5.1.4. Zusammenwirken verschiedenartiger schallschluckender Flächen

In der Praxis wirken meist mehrere der in Abschnitt 5.1.1 bis 5.1.3 angegebenen Arten von schallschluckenden Stoffen und Anordnungen zusammen. Die Verwendung von Schluckflächen nach Abschnitt 5.1.1 setzt in der Regel an anderen Flächen ergänzende Maßnahmen für den mittleren und vor allem unteren Frequenzbereich (z. B. nach Abschnitt 5.1.2 bzw. 5.1.3) voraus.

5.1.5. Beurteilung der Eignung schallschluckender Flächen

Als Unterlagen für die Beurteilung der Eignung von schallschluckenden Stoffen und Anordnungen werden empfohlen:

- a) FNM-Absorptionsgradtabelle⁴⁾
- b) Prüfzeugnisse für den Schallabsorptionsgrad α_g , die nach DIN 52 212 (Ausgabe Januar 1961) gemessen und in einheitlicher Darstellung gekennzeichnet sind.
- c) ausländische Prüfzeugnisse, die gemessen sind nach ISO-Empfehlung R 354 „Measurement of absorption coefficients in a reverberation room“⁴⁾.

Für die Anwendung von Unterlagen nach b und c genügen im Rahmen dieser Richtlinien die Angaben bei den Hauptfrequenzen 125 — 250 — 500 — 1000 — 2000 und 4000 Hz. Wesentlich ist jedoch, daß die schallschluckenden Einbauten in gleicher Weise ausgebildet und angebracht werden, wie im Prüfzeugnis angegeben. In der Literatur angegebene Werte sind mit Vorsicht anzuwenden, wenn das Prüfverfahren (z. B. nach DIN 52 212) und die Prüfordnung nicht eindeutig festzustellen sind. In Zweifelsfällen ist besonders hier ein akustischer Berater hinzuzuziehen.

⁴⁾ Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 30, Burggrafenstr. 4–7 und Köln, Friesenplatz 16