

Leitfaden zur Raumakustik in Unterrichts- und Gruppenräumen Anleitung zur DIN 18041 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“ von Mai 2004

1. Einleitung

Die mündliche Kommunikation, das heißt das „Miteinander Reden“ und „Einander Zuhören“, spielt trotz Internet und multimedialer Lernformen beim schulischen Lernen nach wie vor eine maßgebliche Rolle. Zu den vielfältigen bedeutsamen Faktoren, unter denen Unterricht stattfindet, gehören auch die raumakustischen Bedingungen.

Die Veränderung der Unterrichtsformen vom herkömmlichen Frontalunterricht hin zu modernen Unterrichtsformen mit Frei- und Gruppenarbeitsphasen, die dem Anspruch an selbstbestimmtes Lernen und individueller Förderung eher gerecht werden, ist zwangsläufig mit einem Anstieg des Lärmpegels verbunden. Neue Unterrichtsformen wie Freiarbeit, Lernzirkelarbeit, Projekte und kooperatives Lernen verlangen mehr Kommunikation. Kinder holen Arbeitsmaterialien, in mehreren Gruppen wird gleichzeitig gearbeitet und diskutiert. Lernen lebt vom Informationsaustausch. Und gerade unter Kindern ist Kommunikation nicht geräuschlos. Voraussetzung für eine erfolgreiche Praktizierung solcher zeitgemäßen Unterrichtsformen sind adäquate akustische Bedingungen im Klassenraum. Das heißt, dass sich zwangsläufig durch diese modernen Unterrichtsformen auch die Anforderungen an die Raumakustik erhöhen. Grundbedingung für Wohlbefinden und Lernerfolg in der Schule ist eine konzentrierte Ruhe sowie Sprechen und Zuhören in einer raumakustisch entspannten Atmosphäre.

Die akustische Qualität eines Raumes hängt im Wesentlichen von der Anordnung des Raumes im Gebäude, der Schalldämmung seiner Umfassungsbauteile, der Geräuschentwicklung haustechnischer Anlagen sowie der Raumform und Raumgröße und der Oberflächenbeschaffenheit der Raumbegrenzungsflächen und Einrichtungsgegenstände ab. Die Dimensionierung und die räumliche Verteilung schallabsorbierender und schallreflektierender Flächen im betrachteten Raum sind dabei wesentliche Einflussgrößen.

Durch eine mangelhafte akustische Qualität eines Raumes entstehen ungünstige Hörbedingungen, so dass die Sprachverständlichkeit deutlich gemindert wird. Um dies zu kompensieren, ist eine höhere Konzentrationsleistung der Nutzer notwendig, was schließlich zu vorzeitiger Ermüdung, Kopfschmerzen und Leistungsverlust führen kann.

Gerade für Schulen, Kindergärten und andere Bildungseinrichtungen wurde dieses Problem in zahlreichen wissenschaftlichen Abhandlungen dokumentiert.

Über die Messung der Nachhallzeit kann überprüft werden, ob die raumakustischen Vorgaben eingehalten werden. In der DIN 18041 werden in Abhängigkeit verschiedener Nutzungsarten und des Raumvolumens Sollwerte der Nachhallzeit angegeben. So ergibt sich für ein Standardklassenzimmer mit einem Raumvolumen von 180 m³ eine Sollnachhallzeit von 0,5 s. Die DIN 18041 ist als allgemein anerkannte Regel der Technik bei Neubauten, Umbauten und Sanierungen zu beachten. Für Kindertageseinrichtungen ist gemäß GUV-VS2 Unfallverhütungsvorschrift „Kindertageseinrichtungen“ i.V.m. GUV-SR S2 „Regel für Sicherheit und Gesundheitsschutz“ die DIN 18041 verbindlich anzuwenden.

2. Problemstellung

In herkömmlichen Unterrichtsräumen werden in der Regel Lärmpegel zwischen 60 dB(A) und 85 dB(A) erreicht. In Gruppenräumen von Kindertagesstätten ist es oft noch lauter. Gemäß VDI 2058 Blatt 3 sollte der Beurteilungspegel bei überwiegend geistigen Tätigkeiten (z.B. Lehrtätigkeit in Unterrichtsräumen) 55 dB(A) nicht überschreiten.

Viele Lehrer und Erzieher meinen, der hohe Lärmpegel im Unterricht oder im Gruppenraum ist auf ihr mangelndes Durchsetzungsvermögen zurückzuführen. Dabei ist die schlechte Akustik im Raum oft ausschlaggebend dafür, dass Lehrer und Erzieher schlecht zu verstehen sind. Kinder sind durch eine schlechte Sprachverständlichkeit noch stärker beeinträchtigt als Erwachsene. Da sie noch nicht in der Lage sind, halb Verstandenes in Gedanken zu ergänzen und verstehen zu können, müssen sie sich beim Zuhören besonders anstrengen. Die erhöhte Aufmerksamkeit beim Zuhören unter ungünstigen Bedingungen hat zur Folge, dass die Kinder schneller ermüden und sich weniger mit dem direkten Inhalt auseinandersetzen können. Die Kinder werden immer unruhiger und der Lehrer versucht, diese Unruhe wiederum durch lautes Sprechen zu kompensieren. Dadurch steigt der Lärmpegel im Laufe eines Unterrichtsvormittags kontinuierlich an. Mittags sind alle erschöpft und ausgelaugt. In verstärktem Maß trifft dies für hörgeschädigte Kinder, für Kinder mit Aufmerksamkeitsstörungen, Sprach- und Lernbehinderungen, mit Teilleistungsstörungen (z.B. Legasthenie) sowie für Kinder mit nichtdeutscher Muttersprache zu.

Offene, handlungsorientierte Unterrichtsformen sind aus der heutigen Unterrichtspraxis nicht mehr wegzudenken, im Gegenteil: Ihr Einsatz ist vom Lehrplan vorgeschrieben. Gerade bei Gruppenaktivitäten aber kommt es auf Grund des Lombard-Effekts – jede Gruppe muss die Nachbargruppe bei ihren Gesprächen übertönen – sehr schnell zu hohen Schallpegeln.

Besondere Probleme bestehen in Turnhallen, Lehrküchen und anderen Funktionsräumen. Sprachliche Kommunikation ist hier oft nur durch lautes Schreien möglich. Sportlehrer sind nicht selten Pegeln zwischen 90 dB(A) und 100 dB(A) ausgesetzt. An industriellen Arbeitsplätzen ist unter solchen Bedingungen das Tragen von Gehörschutz vorgeschrieben.

3. Lärmwirkungen

Ohrgeräusche, Hörschäden, körperliche Stressreaktionen, Schlafstörungen, Schwierigkeiten beim Lernen – Lärm kann vielfältige Folgen haben, auch für Kinder.

Bei etwa jedem 8. Kind im Alter von 8 bis 14 Jahren besteht eine Hörminderung, vor allem bei den mittleren und hohen Tönen (Kinder- Umwelt-Survey des Umweltbundesamtes 2003/06 Lärm). Verursacht wird diese gesundheitliche Beeinträchtigung vorwiegend durch Lärm. Kinder gelten als eine der Risikogruppen für Lärmbeeinträchtigungen. Hörschädigungen bei Kindern entwickeln sich meist langsam und über lange Zeit unbemerkt. Es wird angenommen, dass in jeder Schulklasse in Deutschland 5 bis 10 % der Kinder Hörverluste aufweisen.

Die Veränderungen oder Schäden am Ohr sind bestimmt durch die Dauer, den Schallpegel und die Art des Lärms. Die schwächste Form der Einwirkung auf das Gehör ist eine vorübergehende Verschiebung der Hörschwelle, die oberhalb eines Schallpegels von 80 dB(A) auftritt. Ist diese Lärmbelastung nur selten oder wird dem Gehör ausreichend Zeit zur Erholung gegeben, bildet sich diese Hörminderung vollständig zurück. Ist die Belastung jedoch zu hoch, die Einwirkungsdauer zu lang bzw. die Erholungszeit zu kurz, so stellt sich ein dauernder Gehörschaden entweder durch mechanische Zerstörung von Innenohr-Haarzellen oder durch Störung der Feindurchblutung im Innenohr ein. Zeitweilige und dauernde Hörschäden führen zu Einschränkungen der Lern- und Berufsfähigkeit sowie der Kommunikation im sozialen Umfeld.

Lärm wirkt sich aber nicht nur aufs Hören aus. Auch Lärmbelastungen unterhalb von 80 dB(A) können zu Störungen des körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens und zu Krankheiten führen. In Form von Schlafstörungen, Konzentrationsschwäche, Erhöhung des Blutdrucks und vermehrter Ausschüttung von Stresshormonen kann Lärm den ganzen Organismus von Kindern belasten. Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen treten bereits bei Schallpegeln von 60 bis 70 dB(A) auf.

In wissenschaftlichen Studien wurde auch nachgewiesen, dass diffuser Störlärm wie Gewisper, Geraschel, Geflüster oder unruhiger Bewegungslärm (Stuhlrücken, Spielen mit Gegenständen) sowohl Denkprozesse als auch das Abspeichern von neuem Wissen erheblich beeinträchtigt. Unbestritten ist auch die Wirkung von Lärm auf das soziale Klima: Lärm fördert Aggressionen. Auf der anderen Seite empfinden Schüler eine akustisch günstige Umgebung als beruhigend und erholsam. Sie gehen achtsamer und entspannter miteinander um und zeigen weniger aggressives Verhalten.

4. Nachhallzeit

Die wichtigste Kenngröße der Raumakustik ist die Nachhallzeit, ein Maß für die Halligkeit eines Raumes. Sie gibt die Zeitdauer in Sekunden an, wie lange ein Schallereignis nachklingt. Herrscht in einem Raum eine zu lange Nachhallzeit, so werden beim Sprechen nachfolgende Silben durch den zu langen Abklingvorgang der vorhergehenden verdeckt. Es kommt zu Verzerrungen des Sprachsignals, die die Sprachverständlichkeit verschlechtern.

Geräusche sind in einem Klassenzimmer nicht zu verhindern, dies trifft besonders auf die Unterrichtsphasen mit Gruppen- und Projektarbeit zu. Aus der Perspektive der Raumakustik muss es daher primäre Aufgabe sein, alle Lärm verstärkenden Elemente zu verringern, um das Verstehen des gesprochenen Wortes in einem Klassenzimmer zu verbessern. Eine besondere Rolle spielt hierbei innerhalb eines Raumes der Nachhall bzw. die Nachhallzeit. In der Regel ist sie deutlich zu hoch. Hohe Nachhallzeiten beeinträchtigen insbesondere bei Hintergrundgeräuschen nachhaltig das Verstehen und die Konzentrationsfähigkeit von Schülern und Lehrern.

5. Anforderungen und Maßnahmen für Hörsamkeit in Unterrichtsräumen, Gruppenräumen in Kindergärten, Sport- und Schwimmhallen nach DIN 18041

Um eine weitgehend ungestörte Sprachverständlichkeit zu erreichen, muss der A-bewertete Schalldruckpegel der Sprache **L_{SA} (Sprachpegel)** wesentlich höher sein als der Gesamtstörschalldruckpegel (mindestens **15 dB** höher). Bei einem Sprachpegel von 60 dB(A) darf der Gesamtstörschalldruckpegel höchstens 45 dB(A) betragen.

Der Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche **L_{NA, Bau}** muss für eine mittlere Entfernung (5 m bis 8 m) zwischen Sprecher und Hörer **≤ 40 dB**, für größere Entfernungen ab 8 m **≤ 30 dB** betragen.

In Räumen, in denen sich Personen mit Hörverlusten verständigen müssen und/oder Personen die benutzte Sprache als Fremdsprache sprechen oder verstehen müssen, muss der Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche unabhängig von der Entfernung zwischen Sprecher und Hörer **L_{NA, Bau} ≤ 30 dB** betragen.

Der anzustrebende Sollwert der Nachhallzeit (T_{Soll}) bei mittleren Frequenzen ($f = 500$ bis 1000 Hz) ist in Abhängigkeit von der Nutzungsart und dem effektiven Raumvolumen V zwischen 30 m^3 und 5000 m^3 (bei Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum bis 8500 m^3) folgender Tabelle zu entnehmen.

Raumgröße	T _{soll} Musik	T _{soll} Sprache		T _{soll} Unterricht		T _{soll} Sp 1	T _{soll} Sp 2
			-20%		-20%		
30 m ³	0,7 s	0,4 s	0,3 s	0,3 s	0,2 s		
50 m ³	0,8 s	0,5 s	0,4 s	0,4 s	0,3 s		
60 m ³	0,9 s	0,5 s	0,4 s	0,4 s	0,3 s		
80 m ³	0,9 s	0,6 s	0,4 s	0,4 s	0,3 s		
100 m ³	1,0 s	0,6 s	0,5 s	0,5 s	0,4 s		
130 m ³	1,0 s	0,6 s	0,5 s	0,5 s	0,4 s		
150 m ³	1,0 s	0,7 s	0,5 s	0,5 s	0,4 s		
180 m ³	1,1 s	0,7 s	0,5 s	0,5 s	0,4 s		
200 m ³	1,1 s	0,7 s	0,6 s	0,6 s	0,4 s		
230 m ³	1,1 s	0,7 s	0,6 s	0,6 s	0,5 s		
250 m ³	1,1 s	0,7 s	0,6 s	0,6 s	0,5 s		
280 m ³	1,2 s	0,8 s		0,6 s			
300 m ³	1,2 s	0,8 s		0,6 s			
400 m ³	1,2 s	0,8 s		0,7 s			
500 m ³	1,3 s	0,9 s		0,7 s			
600 m ³	1,3 s	0,9 s		0,7 s			
700 m ³	1,3 s	0,9 s		0,7 s			
800 m ³	1,4 s	0,9 s		0,8 s			
900 m ³	1,4 s	0,9 s		0,8 s			
1000 m ³	1,4 s	1,00 s		0,8 s			
1500 m ³		1,00 s					
2000 m ³		1,1 s				1,7 s	1,4 s
3000 m ³		1,1 s				1,9 s	1,6 s
4000 m ³		1,2 s				2,1 s	1,7 s
5000 m ³		1,2 s				2,2 s	1,8 s
6000 m ³						2,3 s	1,8 s
7000 m ³						2,4 s	1,9 s
8000 m ³						2,5 s	2,0 s
8500 m ³						2,5 s	2,0 s

Die Sollwerte für „Musik“, „Sprache“ und „Unterricht“ gelten für den besetzten Zustand.

Musik: Musikunterrichtsraum mit aktivem Musizieren und Gesang,

Sprache: Musikproberaum in Musikschulen o.Ä.,
Sport- und Schwimmhalle mit Publikum,

Unterricht: **Unterrichtsraum** (außer für Musik)
Musikunterrichtsraum mit audiovisueller Darbietung,
Gruppenräume in Kindergärten und Kindertagesstätten,

Sport 1: Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum für normale Nutzung und/oder
einzügigen Unterrichtsbetrieb,

Sport 2: Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum für mehrzügigen Unterrichtsbetrieb

Musik:
$$T_{soll} = (0,451g \frac{V}{m^3} + 0,07) * s$$

Sport 1:
$$T_{soll} = (1,271g \frac{V}{m^3} - 2,49) * s$$

Unterricht:
$$T_{soll} = (0,321g \frac{V}{m^3} - 0,17) * s$$

Sport 2:
$$T_{soll} = (0,951g \frac{V}{m^3} - 1,74) * s$$

Sprache:
$$T_{soll} = (0,371g \frac{V}{m^3} - 0,14) * s$$

Sport 1 und Sport 2 gilt für $2000 \text{ m}^3 \leq V \leq 8\,500 \text{ m}^3$.

Von Personen mit Hörschäden wird die raumakustische Situation für Sprachkommunikation umso günstiger empfunden, je kürzer die Nachhallzeit ist. Für **Personen mit eingeschränktem Hörvermögen** soll die anzustrebende Nachhallzeit vorrangig für Räume mit einem **Volumen bis zu 250 m³** und der **Nutzung Sprache/Unterricht** in den Oktavbändern 250 Hz bis 2000 Hz **bis 20% unter den angegebenen Werten** (siehe Tabelle Nutzungsart Sprache/Unterricht) liegen. **Vergleichbare Anforderungen** gelten auch **für die 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**.

Anmerkung:

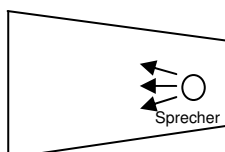
Bei der **anzustrebenden Nachhallzeit** ist zu berücksichtigen, dass

- an allen Schulen Fremdsprachenunterricht stattfindet,
- an allen Schulen Schüler und Schülerinnen, deren Muttersprache nicht deutsch ist, unterrichtet werden können,
- an allen Schulen, Schüler und Schülerinnen mit Konzentrations- und Aufmerksamkeitsstörungen oder Leistungsschwäche unterrichtet werden können,
- Diagnoseförderklassen an Grundschulen gebildet werden können,
- selbstständige Klassen für die Förderschwerpunkte Sprache und emotionale und soziale Entwicklung an Grundschulen eingerichtet werden können,
- selbstständige Klassen für Schüler mit besonderen Schwierigkeiten im Lesen und/oder Rechtschreiben an Grundschulen eingerichtet werden können,
- ein gemeinsamer Unterricht von Schülern mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf an Grundschulen erfolgen kann.

Dabei sind die besonderen Anforderungen an die raumakustische Qualität von Unterrichtsräumen zu beachten. In den genannten Fällen ist der **um 20% reduzierte Wert** der Nachhallzeit für die Nutzungsart „**Unterricht**“ anzuwenden.

Geometrische Gestaltung der Räume

Kreisförmige und elliptische Grundrisse sowie parallele Flächen im Raum ohne ergänzende raumakustische Maßnahmen (schallabsorbierend, diffus streuend) sollten vermieden werden. Trapezgrundrisse mit in Bezug auf die Sprachrichtung konvergierender Seitenwandführung (a) sind denen mit divergierender vorzuziehen. Nach innen gewölbte 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 Sprecher/Hörer und der größten Entfernung zur gekrümmten Fläche liegt.



(a) konvergierende Seitenwandführung

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.

Bauakustische Maßnahmen

Bei der Planung von Räumen für sprachliche Kommunikation ist zusätzlich zu den funktionalen Abhängigkeiten 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.

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

Raumakustische Maßnahmen für Räume bis 250m³

Art und Umfang der in den Raum einzubringenden **schallabsorbierenden Flächen** hängen vom Raumvolumen und den akustischen Eigenschaften der vorgesehenen Raumbooberflächen einschließlich der Ausstattungsgegenstände ab.

Die erforderlichen frequenzabhängigen **Absorptionsgrade α_s** können Prüfzeugnissen nach DIN EN 20354 entnommen werden. Beispiele enthält der Anhang B der DIN 18041.

Für kleine Räume der **Nutzungsart „Unterricht“** ist eine vereinfachte Abschätzung der erforderlichen schallabsorbierenden Einbauflächen möglich. Dabei wird von Räumen mit weitgehend schallreflektierenden nutzungsüblichen Einrichtungen ausgegangen. Der Richtwert für die **erforderliche, zusätzlich einzubringende äquivalente Schallabsorptionsfläche A_{erf}** und die **erforderliche Einbaufläche für unterschiedliche bewertete Schallabsorptionsgrade α_w** sind in folgender Tabelle beispielhaft aufgeführt.

Die absorbierenden Flächen sollten gleichmäßig auf die Raumbooberflächen verteilt werden. Schallabsorber mit bevorzugter Wirksamkeit im tieffrequenten Bereich sind in Schallquellennähe, 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. Dies kann vermieden werden, indem ein mittleres Deckenfeld schallreflektierend ausgeführt wird. Als Ausgleich müssen jedoch die Wände teilweise schallabsorbierend gestaltet werden. Da bei Räumen bis ca. 250 m³ keine Gefahr zur akustischen Überdämpfung besteht, kann hier eine vollflächig schallabsorbierende Decke in Kombination mit einer ebenfalls schallabsorbierenden Rückwand eingesetzt werden.

Als Schallabsorber sollten nur Produkte mit einem Prüfzeugnis nach DIN EN 20354 verwendet werden.

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

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

Raumvolumen V	erforderliche (zusätzliche) äquivalente Schallabsorptionsfläche A_{erf} bei geringer schallabsorbierender Ausstattung, d.h. ungepolsterte Bestuhlung, mit nicht oder wenig schallabsorbierendem Bodenbelag (Linoleum, Nadelfilz)	Richtwert der erforderlichen Einbaufläche							
		$S_i \pm 20\%$ in m^2 für einen gewählten bewerteten Schallabsorptionsgrad α_w nach DIN EN ISO 11654 $S_i = \frac{A_{erf}}{\alpha_w}$							
		Schallabsorberklasse A		Schallabsorberklasse B		Schallabsorberklasse C			
		$\alpha_w =$		$\alpha_w =$		$\alpha_w =$			
		0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
30 m ³	10 m ²	10,5 m ²	11 m ²	12 m ²	12,5 m ²	13 m ²	14 m ²	15 m ²	16 m ²
70 m ³	14 m ²	14,5 m ²	15 m ²	16 m ²	17 m ²	18 m ²	20 m ²	21 m ²	23 m ²
100 m ³	17 m ²	18 m ²	19 m ²	20 m ²	21 m ²	22 m ²	24 m ²	26 m ²	28 m ²
150 m ³	24 m ²	25 m ²	26 m ²	28 m ²	30 m ²	32 m ²	34 m ²	37 m ²	40 m ²
200 m ³	31 m ²	32 m ²	34 m ²	36 m ²	38 m ²	41 m ²	44 m ²	47 m ²	51 m ²
250 m ³	34 m ²	35 m ²	37 m ²	40 m ²	42 m ²	45 m ²	48 m ²	52 m ²	56 m ²

Mittelgroße Räume und kleine Hallen von 250 m³ bis 5000 m³

Hierbei handelt es sich 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. 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 zu Flatterechos oder Fokussierungen führen können.

In größeren Zuhörerräumen (Hörsäle) sind ansteigende Sitzreihen einer ebenen Anordnung vorzuziehen.

In Räumen mit einer Länge von mehr als 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. In diesem Fall müssen diese Schallreflexionsflächen entweder schallabsorbierend bekleidet oder so geneigt werden, dass der auftretende Schall als nützliche Verstärkung zu den von der Schallquelle entfernteren Hörern hin reflektiert wird. Bei zueinander parallelen Flächen sollte mindestens eine der gegenüberliegenden Flächen schallabsorbierend gestaltet oder gegliedert werden.

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. Prinzipiell sollte die raumakustische Unterstützung unterschiedlicher Probenbedingungen durch schallabsorbierende, variable Vorhangelemente erfolgen, die an zwei aneinander grenzenden Wänden anzubringen sind.

Sprachkommunikation

Der Sprechapparat des Menschen ist normalerweise für eine Sprechweise auf einen A-bewerteten Schalldruckpegel in 1 m Abstand $L_{SA,1m} = 54 \text{ dB bis } 60 \text{ dB}$ ausgelegt.

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 Gesamtstörschalldruckpegel 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-Gesamtstörschalldruckpegelabstand ($L_{SA} - L_{NA}$) gegeben, der sich aus dem Pegel des Direktschalls der Sprache am Hörerplatz (L_{SA}) und dem effektiv wirksamen Gesamtstörschalldruckpegel L_{NA} zusammensetzt. 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 ($L_{NA} = 30 \text{ dB bis } 40 \text{ dB}$)** und je geringer die **Nachhallzeit ($T = 0,3\text{s bis } 1\text{s}$)** ist. 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**. Für die **Kommunikation mit speziellen Fachtexten oder in einer Fremdsprache sind 5 dB bis 10 dB höhere Anforderungen an den Sprachsignal-Gesamtstörschalldruckpegelabstand** zu stellen.

6. Quellen

- [1] DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen, Mai 2004
- [2] DIN 4109-1: Schallschutz im Hochbau – Anforderungen, Oktober 2006 - Entwurf
- [3] VDI 2058 Blatt 3: Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten
- [4] DIN EN ISO 11654: Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden, Juli 1997
- [5] Klatte, Meis, Nocke, Schick: Akustik in Schulen: Könnt ihr denn nicht zuhören?! 2002
- [6] Ritter: Raumakustische Verbesserung von Klassenräumen - ein typischer Fall; 2010
- [7] Schönwälder, Berndt, Ströver, Tiesler: Lärm in Bildungsstätten; Fb 1030 BAuA 2004
- [8] Kinder- Umwelt-Survey des Umweltbundesamtes 2003/06 Lärm
- [9] Tiesler, Oberdörster: Lärm in Bildungsstätten, INQA BAUA 2010
- [10] Grieder: Schulraumakustik im offenen Unterricht; 2007
- [11] Tiesler: Lärm in der Schule – ein vermeidbarer Stressor? 2008
- [12] Klatte: Auswirkungen der akustischen Bedingungen in Schulräumen auf Kinder; 2006
- [13] Weber, Seidel, Leistner: Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern; 2005
- [14] Die Arbeit in der Grundschule; Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur M-V vom 10. August 2009
- [15] Klatte, Lachmann: Akustische Bedingungen in Klassenräumen und ihre Bedeutung für den Unterricht; 2009