Schulraumakustik aus der Sicht der Beratungspraxis

Carsten Ruhe

Taubert und Ruhe GmbH, Halstenbek
Beratungsbüro für Akustik

Kontakt: carsten.ruhe@taubertundruhe.de
www.taubertundruhe.de

ZUSAMMENFASSSUNG

Die statistische Erhebung zu 150 Projekten für Klassenraummodernisierungen und -umgestaltungen zeigt, dass die raumakustische Situation in Klassenräumen häufig mangelhaft ist. Die Notwendigkeit der Nachbesserung bei begrenzten finanziellen Mitteln der Schulträger führte zu Standardvorschlägen für eine optimale Klassenraumausstattung, die auch die Besonderheiten einer nachträglichen Ausstattung und des rauhen Schulbetriebes berücksichtigen und dennoch optimale Lehr- und Lernbedingungen ermöglichen.

EINLEITUNG

Beratende Ingenieure für Akustik werden immer wieder mit der Planung für Neubauten und die Umgestaltung von Klassenräumen beauftragt. Bei Neubauten werden in der Planung ausschließlich guthörende Personen berücksichtigt. Das gleiche gilt auch bei Modernisierungen, dort aber im Allgemeinen erst nach der zunächst rein gestalterisch geplanten und durchgeführten Maßnahme. Dann beschweren sich Lehrer/innen, Kinder oder sogar deren Eltern über die nachteiligen akustischen Veränderungen. Messen, bewerten, nachbessern sind dann die drei Schritte von Anamnese, Diagnose und Therapie. Häufig wird von den Auftraggebern vorab bereits ein Therapievorschlag erwartet in der Hoffnung, „die ganze Sache in den Herbstferien abzuwickeln“.

Etwas mehr Zeit erhält der Berater, wenn bereits kurz vor den Sommerferien bekannt ist, das in einem bestimmten Klassenraum ein hörgeschädigtes Kind integrativ beschult werden soll. Dann stehen für die Planung, Mittelbeschaffung und Ausführung insgesamt etwa sechs bis acht Wochen zur Verfügung.

Die Mess- und Beratungsaufgaben der vorangegangenen 20 Jahre zeigen, dass Klassenräume im Mittel relativ einheitlich gestaltet sind (nur sehr moderne Bauten machen eine unrühmliche Ausnahme). Deshalb kann man auch recht einheitliche

Maßnahmen anbieten, die - mit einer großen Bandbreite möglicher Baustoffe - durchaus auch zu optisch befriedigenden Lösungen führen. Hier ist allerdings die Offenheit der Architekten zu einer ausführlichen Erörterung und zur angemessenen Berücksichtigung der akustischen Belange gefordert.

Bei den Diskussionen über bestehende Notwendigkeiten wird noch immer vergessen, dass nicht nur Schüler/innen schwerhörig sein können, sondern dass (nach Sohn) in der Altersstufe zwischen 40 und 60 Jahren etwa 15 bis 20% der Bevölkerung (und damit auch der Lehrer/innen) schwerhörig sind. Akustisch gut gestaltete Klassenräume sind für diese Personen ein Beitrag zur Arbeitsplatzergonomie und für ein besseres Verstehen der Schüler/innenbeiträge.

ZUR STATISTIK DER AUFTRAGSSITUATION

Seit 1980 wurden im Ingenieurbüro des Autors 153 Mess- und Beratungsaufgaben für Schulen in einem „Auftragsbuch“ erfasst. Seit 1994 besteht eine „Projekt-Datenbank“ in die Anfragen auch dann aufgenommen wurden, wenn kein Auftrag folgte. Bei Neubauten liegt der Anteil der stornierten Anfragen bei etwa 20%, bei Sanierungen aber sogar bei fast 50%.

Woran liegt es, dass bei Sanierungen, die doch für den Lernerfolg der Schüler sehr wichtig sind, ein derart hoher Anteil der Anfragen storniert wird? Da sind zunächst die finanziellen und zeitlichen Probleme. Bei allen Schulträgern ist die Haushaltslage sehr angespannt, insbesondere wenn gerade eine Modernisierungsmaßnahme für die Schule abgeschlossen wurde. Nochmals Geld für eine abermalige akustische Sanierung auszugeben, stößt dann in den kommunalen Verwaltungen auf völliges Unverständnis. In einigen wenigen Fällen war eine Finanzierung über die Haftpflichtversicherung der Architekten möglich.

Wenn eine Sanierung notwendig wird, muss diese (häufig auf Druck der Lehrer/innen, Eltern oder sogar der Presse) sehr zeitnah erfolgen. Messungen zur Erfassung des Ist-Zustandes benötigen aber immer einen gewissen Zeitvorlauf. Deshalb wird oft versucht, mit allgemeinen Ausstattungshinweisen eine schnelle Hilfestellung zu geben und das Projekt ist abgeschlossen, bevor überhaupt ein Auftrag eingetragen wird.

Immer wieder wird von den verantwortlichen Planern die optische Gestaltung der Unterrichtsräume gegenüber der akustischen als höherwertig eingeschätzt. Diese Situation ergibt sich vorrangig bei Neubauten, wenn also noch keine Beanstandungen durch Lehrer/innen, Schüler/innen oder Eltern vorgetragen werden können. Dann wird die Auffassung vertreten, so „schlimm“ wie ein Akustiker die Situation ausmalt sei sie wohl doch nicht.

WAS IST AUSLÖSER EINER BERATUNGSAUFGABE?

Während bei Neubauten, häufig auch durch Veranlassung der Architekten, eine Beauftragung durch den Bauherren erfolgt (klassische Aufgabenstellung für einen Beratenden Ingenieur als Partner des Planers) werden Umgestaltungen und Modernisierungen aus anderen Gründen veranlasst: Beanstandungen werden von Eltern und Lehrern/innen häufig dann vorgetragen, wenn eine Renovierung des Klassenraumes zu einer Verschlechterung der raumakustischen Situation geführt hat. Oft ist zu erleben, dass beim Anstrich der „alten Deckenplatten“ ein erstmaliger Farbauftrag zur Fleckenbildung führt, durch nochmaliges Überstreichen wird die Oberfläche schon besser und beim dritten Farbauftrag ist die Decke wieder reinweiß, aber „der Raum klingt irgendwie anders“.

Zahlreiche Beratungsaufträge - insbesondere nach dem 1. Mai 2002, dem Zeitpunkt an dem das Bundes-Behindertengleichstellungsgesetz in Kraft trat - werden dadurch ausgelöst, dass ein hörgeschädigtes Kind wohnortnah integrativ beschult werden soll. Dann ist der Klassenraum hörgeschädigtengerecht anzupassen. Hierzu ist eine spezielle Veröffentlichung in Vorbereitung.

WANN WIRD BEANSTANDET?

Aus den oben erwähnten Gründen liegen bei weitem nicht für alle beratenen Projekte die Nachhallzeiten des Ausgangszustandes vor. Eine gewisse Übersicht zeigt die Tabelle.

Eine auffällig unbefriedigende Situation liegt offenbar dann vor, wenn die Nachhallzeiten in Klassenräumen $T_m = 1{,}25$ s überschreiten. Dann wird der Störgeräuschpegel so hoch und die Sprachverständlichkeit so schlecht, dass Nachbesserungen unumgänglich sind.

In zwei Fällen (Heiligenstedten und Esingen) wurden bereits Räume bei einer mittleren Nachhallzeit von $T_m = 1{,}0$ s beanstandet. In beiden Schulen hatte man zunächst mit $T_m = 0{,}6$ s eine deutlich günstigere Situation, die dann durch Renovierungen verschlechtert wurde. Durch den zeitlichen Ablauf der Renovierung waren aber noch einige raumakustisch befriedigende Räume im Ursprungszustand vorhanden, so dass Lehrer/innen und Schüler/innen die Möglichkeit des direkten A-B-Vergleichs hatten.

Tabelle: Nachhallzeiten in Klassenräumen und subjektive Bewertung

Ort	Raum	Nach-hallzeit	Volumen	Bewer-tung
Gymnasium Barmstedt	7b	1,37 s	216 m³	-
Berufschule Elmshorn	231	1,77 s	264 m³	-
Berufschule Elmshorn	234	1,81 s	197 m³	-
Berufschule Elmshorn	346	1,95 s	224 m³	-
Realschule Hohenlockstedt	10a	0,70 s	189 m³	+
Realschule Hohenlockstedt	5b	1,48 s	203 m³	-
Realschule Hohenlockstedt	6b	0,70 s	203 m³	+
Grundschule Heiligenstedten	11	0,94 s	197 m³	-
Grundschule Heiligenstedten	6	0,58 s	184 m³	+
Grundschule Bardowick	1a	1,35 s	268 m³	-
Grundschule Surendorf	8	1,31 s	185 m³	-
Grundschule Surendorf	9	1,69 s	160 m³	-
IGS Norderstedt	C.E.05	0,97 s	217 m³	-
Grundschule Esingen	12	1,02 s	198 m³	-
Grundschule Esingen	21	0,64 s	198 m³	+
FH Westküste, Heide	H 13	1,01 s	305 m³	-
Grund/Hauptschule Geestacht	6b	0,44 s	161 m³	+
Grund/Hauptschule Geestacht	7a	0,51 s	166 m³	+
Grund/Hauptschule Geestacht	6a	0,34 s	156 m³	++
Grund/Hauptschule Geestacht	8b	1,27 s	168 m³	--
Grund/Hauptschule Geestacht	5a	0,44 s	156 m³	+
Grundschule Lübeck-Moisling	17	0,34 s	179 m³	++

Ein besonders eklatantes Beispiel zeigt die Abb.1: In einer Realschule hatte man den Klassenraum 5b mit einer Elterninitiative renoviert und dabei in Unkenntnis auch die Decke in der oben beschriebenen Form angestrichen. Die Messungen führten zu einer mittleren Nachhallzeit von fast $T_m = 1{,}5$ s, während in dem vergleichsweise überprüften Klassenraum 10a der Mittelwert lediglich bei $T_m = 0{,}7$ s lag. Sämtliche Deckenplatten wurden ausgetauscht und durch neue des selben Typs (OWA-Jura) ersetzt. Danach ergab sich im Klassenraum 6a (Messung nach den Sommerferien im folgenden Schuljahr) wiederum eine Nachhallzeit von $T_m = 0{,}7$ s. Dies entspricht zwar der Anforderung nach der zur Zeit noch geltenden DIN 18041, ist aber nach heutiger Kenntnis noch zu lang. Warum die beiden Klassenräume sich im tieffrequenten Bereich so sehr unterscheiden, wurde aus finanziellen Gründen nicht untersucht.

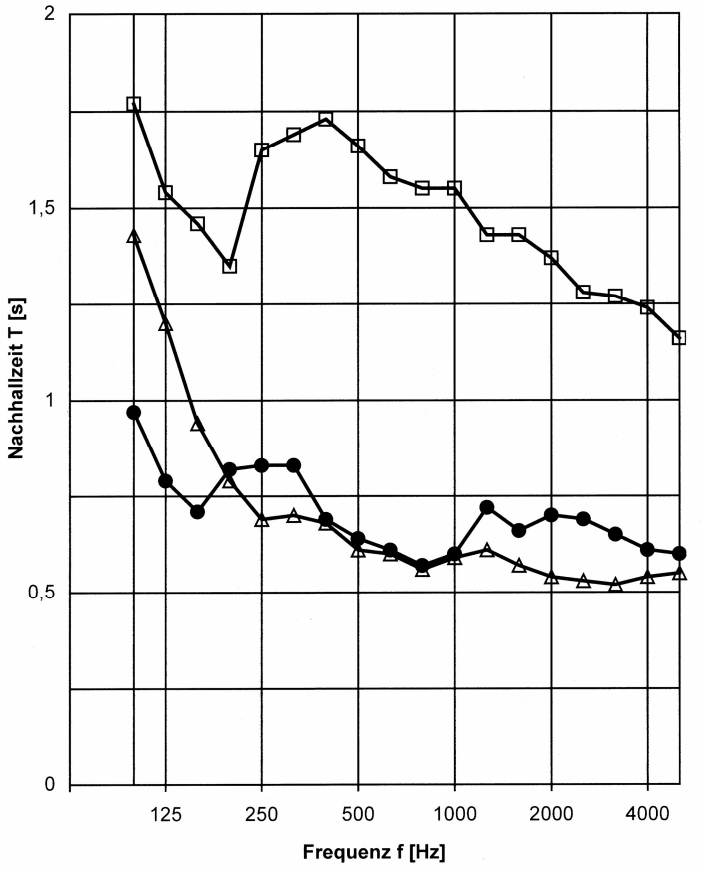

Abb.1: Nachhallzeiten in einer Realschule
oben: beanstandeter Klassenraum 5a T_m = 1,48 s
unten: vergleichsweise benannter Klassenraum (alt) 10a T_m = 0,70 s
Mitte: nachgebesserter Klassenraum 6a T_m = 0,70 s

Inzwischen wurden im Zusammenhang mit der Integrativen Beschulung Hörgeschädigter Kinder auch Nachhallzeitmessungen in „optimal ausgestatteten Klassenräumen“ ausgeführt. Dort wurden mehrfach Nachhallzeiten unter T_m = 0,45 s ermittelt. Sie wurden von den Nutzern durchgängig sehr gelobt. Dabei war festzustellen, dass die Hausmeister der Schulen über das objektivste Urteil verfügen. Lehrer/innen können nur eine begrenzte Anzahl innerhalb des Gebäudes beurteilen und beim Schulleiter werden die Beanstandungen häufig nicht oder nur beiläufig vorgetragen. Der Hausmeister ist dagegen für derartige Belange als „Kummerkasten“ zuständig. Er kennt aber nicht nur die negativen sondern durchaus auch die positiven Bespiele.

WAS WIRD BEANSTANDET?

Die vorgetragenen Beanstandungen lassen sich in sechs Gruppen wie folgt einteilen:

- zu viel Nachhall
- zu viel Lärm der Schüler/innen

- zu schlechte Sprachverständlichkeit
- zu geringe Konzentration
- zu große Hör-Anstrengung
- zu hoher Stimmaufwand

Maßnahmen zur Verbesserung lassen sich unter der Aufgabenstellung **„schafft ruhige Klassenräume!“** zusammenfassen, so dass die Forderung nach einer maximalen Schallabsorption eigentlich nur konsequent umgesetzt werden müsste.

ZUR DISKUSSION DER TIEFFREQUENTEN SCHALLANTEILE

Unter Raumakustikern wird zur Zeit im Zusammenhang mit der Überarbeitung der Raumakustik-Norm DIN 18 041 eine intensive Diskussion über die zulässigen Nachhallzeiten in Abhängigkeit von der Frequenz geführt, während die Nutzer der Räume diese Frage in den meisten Fällen gar nicht beachten:

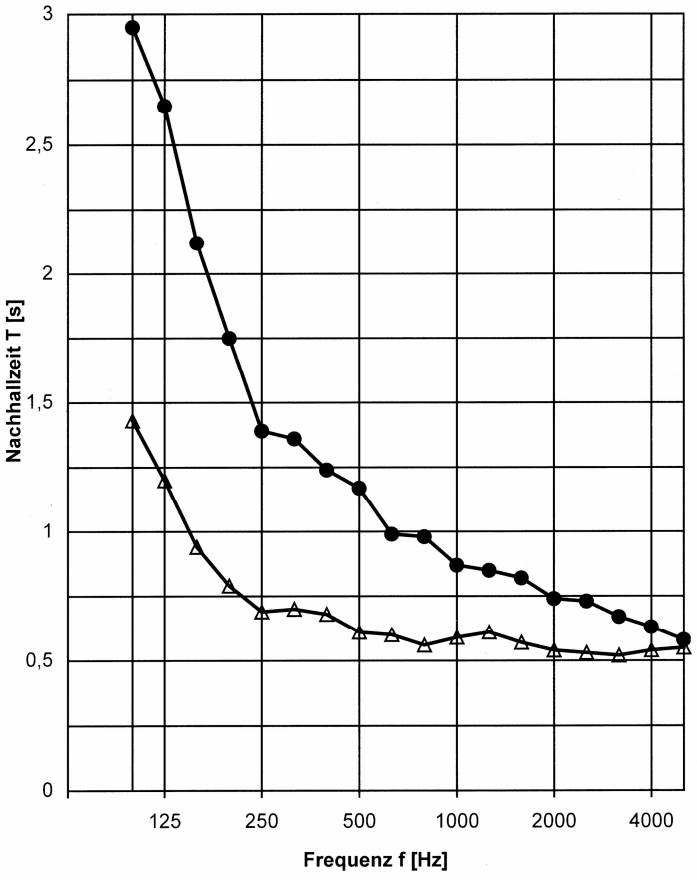

Abb. 2: tieffrequente Nachhallanteile
Sitzungssaal 116 T_m = 1,25 s
nachgebesserter Klassenraum aus Abb.1 T_m = 0,70 s

Bei monoton fallender Nachhallzeitkurve treten bisweilen Dröhneffekte auf, die beanstandet werden. Im Allgemeinen ist dann die mittlere Nachhallzeit ebenfalls deutlich zu lang, siehe z.B. Abb.2, obere Kurve. Derart extreme Zustände sind natürlich nachbesserungsbedürftig. Wenn aber im mittleren Frequenzbereich zwischen 250 und 2000 Hz die Nachhallzeit „kurz genug“ war, so hat sich keine der befragten Personen über besonders tieffrequenten Nachhall geäußert. So wird z.B. in dem schon beschriebenen nachgebesserten Klassenraum 6a gemäß Abb.2, untere Kurve, trotz eines deutlichen Anstiegs bei tiefen Frequenzen (bei 100 Hz fast doppelt so lang) von den Nutzern als gut beurteilt.

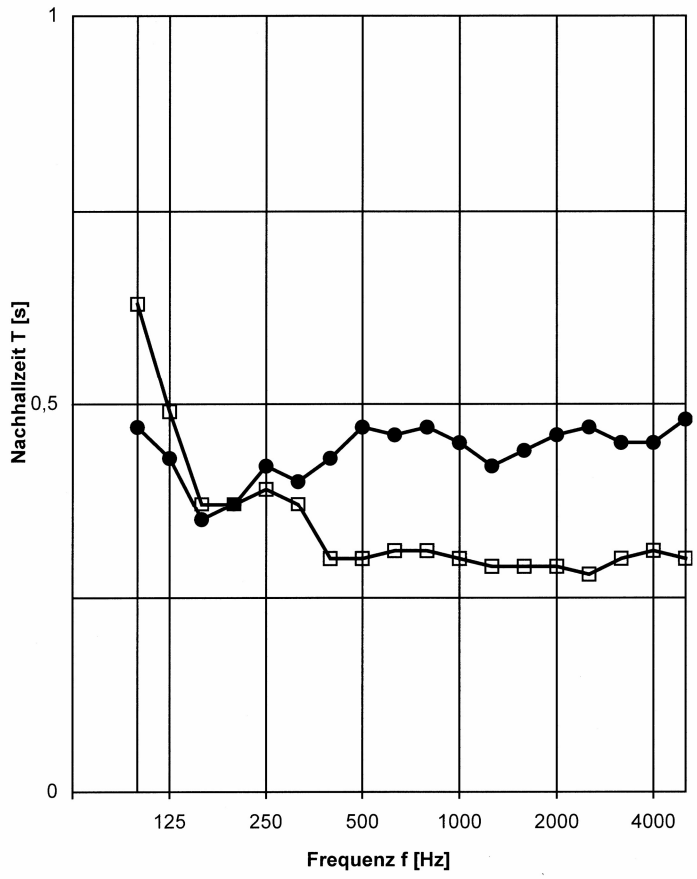

Abb. 3: Nachhallzeiten in einer Grund- und Hauptschule
Klassenraum 6a, mit tieffrequentem Anteil $T_m = 0{,}34$ s
Klassenraum 6b, mit ausgeglichenem Frequenzgang $T_m = 0{,}44$ s

In einer Grund- und Hauptschule lag im Klassenraum 6b eine mittlere Nachhallzeit von $T_m = 0{,}44$ s vor, wobei der Frequenzgang sehr ausgeglichen war. Im benachbarten Klassenraum 6a betrug die mittlere Nachhallzeit nur $T_m = 0{,}34$ s, jedoch mit einem deutlichen Anstieg zu den tiefen Tönen. Siehe hierzu Abb. 3. Auch hier war der Wert bei 100 Hz etwa doppelt so lang wie der Mittelwert. Dieser Raum wurde von den Lehrer/innen besser beurteilt als der Klassenraum 6b. Derart tiefe Frequenzen werden nämlich selbst durch männliche Sprache nicht angeregt. Somit ist dieser Frequenzbereich in Bezug auf Sprachdarbietungen uninteressant. Eine akademische Diskussion über (zudem häufig auch teure) Verbesse-

rungsmaßnahmen bei den tiefen Tönen hilft den betroffenen Lehrer /innen und Schüler/innen nicht weiter, sondern blockiert allenfalls eine notwendige Baumaßnahme.

SCHALLAUSBREITUNGSBEDINGUNGEN

Eine stehende Lehrerin und die vorne sitzenden Schüler/innen hören bei horizontaler Schallausbreitung über die Köpfe der Schüler/innen hinweg ein Rückwandecho mit einer Zeitverzögerung von fast 50 ms. Dieses verschlechtert - insbesondere für hörgeschädigte Personen - die Sprachverständlichkeit.

Bringt man ein schallabsorbierendes Rückwandpaneel an, so entstehen dadurch für diese Schallausbreitungsrichtung angenäherte Freifeldbedingungen. Das störende Rückwandecho verschwindet dann. Der Sprachschallpegel nimmt gemäß Abb. 4 von 1 m Abstand bis zu den hinteren Plätzen um etwa 10 dB ab. Dies sind etwa 2,5 dB mehr als nach der Hallfeld-Theorie zu erwarten ist. Somit sind auf diese Weise entsprechend geringere Diffusschallanteile, welche die Sprachverständlichkeit verschlechtern würden, vorhanden. Der etwas geringere Nutzsignalpegel wird durch den deutlich geringeren Störgeräuschpegel mehr als wett gemacht.

Zunächst erscheint es unglaublich, dass durch eine derartige Maßnahme das Signal/Rausch-Verhältnis sogar günstiger wird. Dies ist dadurch begründet, dass sich Schüler/innen in gedämpften Klassenräumen erheblich ruhiger verhalten als in halligen.

WAS MUSS MAN TUN?

Die Standardvorschläge für eine optimale Klassenraumgestaltung (unter Einschluss der barrierefreien Ausstattung für Hörgeschädigte) lassen sich in sechs prinzipielle Anforderungen zusammenfassen:

- Der Störgeräuschpegel von außen oder aus Nachbarräumen soll so niedrig wie möglich sein.
- Der Störgeräuschpegel im eigenen Raum soll so niedrig wie möglich sein.
- Die Nachhallzeit ist nicht „optimal nach DIN“ auszulegen, sondern sie soll so kurz wie bautechnisch möglich sein.
- Schallreflexionen von der Rückwand sind zu vermeiden.
- Das Zwei-Sinne-Prinzip ist zu unterstützen (das Auge hört mit). Hierzu gehören gute Sichtbeziehungen zur Tafel und zu den Mitschüler/innen und auch eine gute Beleuchtung, bei der aber Blendungen vermieden werden.

- Hörgeschädigte Kinder benötigen (je nach Grad der Hörschädigung) eine elektroakustische Unterstützung als personenbezogene FM-Übertragung (z. B. MicroLink, MicroVox, Mikroport, Solaris o. ä.).

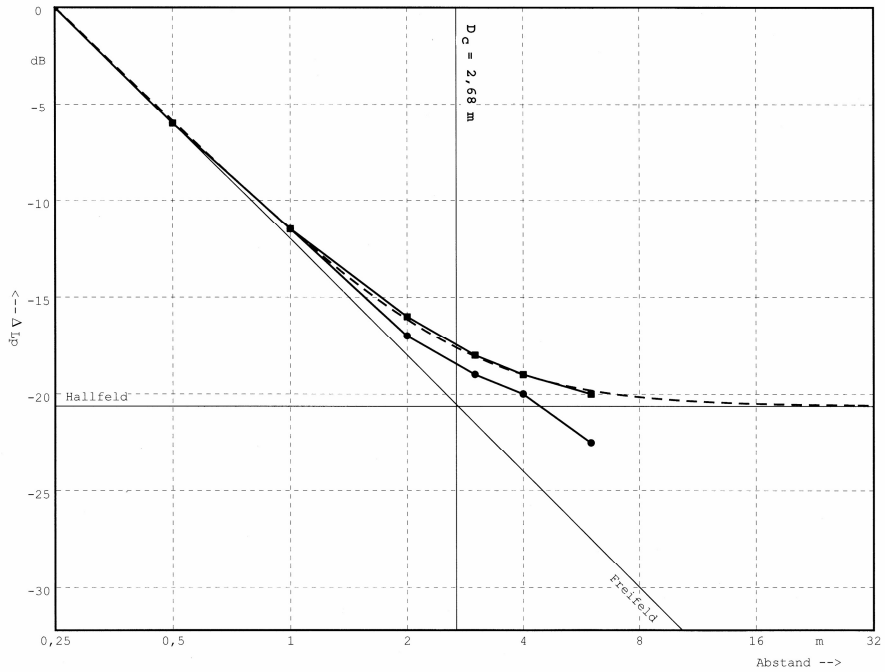

Abb. 4: Schallausbreitung in der Grund- und Hauptschule nach Abb. 3
oben: Klassenraum 6b ohne absorbierendes Rückwandpaneel,
hier entsteht eine Hallfeldsituation
unten: Klassenraum 6a mit absorbierendem Rückwandpaneel
hier liegen näherungsweise Freifeldbedingungen ohne
langverzögertes Rückwandecho vor

STANDARDRÄUME ERFORDERN STANDARDLÖSUNGEN

Klassenräume neuerer Bauart haben in den alten Bundesländern häufig eine Breite zwischen 7 und 8 m und eine Länge von 8 und 9 m. Damit liegt die Grundfläche im Allgemeinen zwischen 60 und 70 m² und zusammen mit der typischen lichten Raumhöhe von etwa 3 m beträgt das Raumvolumen etwa 200 m³. Räume mit größerem Volumen haben nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen nicht etwa eine größere Grundfläche sondern oft eine unangemessen große Höhe. Dies trifft auch für Altbauten zu. In den neuen Bundesländern ist nach den Untersuchungen von Behr und Schottke offenbar eine wesentlich größere Spannweite gegeben.

Nach den Vorgaben von DIN 18 041 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“ soll die mittlere Nachhallzeit in Unterrichtsräumen nicht mehr als T_m = 0,55 s betragen. Für den Unterricht hörgeschädigter Schüler empfiehlt die

Norm eine Nachhallzeit von etwa $T_m = 0{,}45$ s. Dann beträgt die erforderliche äquivalente Absorptionsfläche $A_{erf.} = 70$ m².

Nicht nur zur Schallabsorption, sondern darüber hinaus auch zur ganz wesentlichen Störgeräuschvermeidung ist es sinnvoll, einen strapazierfähigen Teppichboden, z. B. Nadelfilz oder Kugelgarn, zu verlegen. Die wesentlichen Schallabsorptionsflächen ergeben sich aber durch Maßnahmen an der Decke und an der Rückwand. Dabei hat es sich gezeigt, dass Berechnungen mit α_w ausreichend sind, weil insbesondere der Sprachfrequenzbereich zwischen 250 Hz und 2 000 Hz berücksichtigt werden muss.

Wenn der beratende Akustiker dann auch Hinweise aus einem Standardwerk der Hörgeschädigtenpädagogik über die (in vielen Fällen aber nicht immer) optimale Sitzanordnung (Abb. 5 nach Löwe) zitiert und auch zur technischen Ausstattung mit FM-Übertragung Hinweise gibt, so wundert dies die Bauherren und die Lehrerschaft häufig. Diese Hinweise gehören aber zu einem sinnvollen Gesamtkonzept der Integrativen Beschulung.

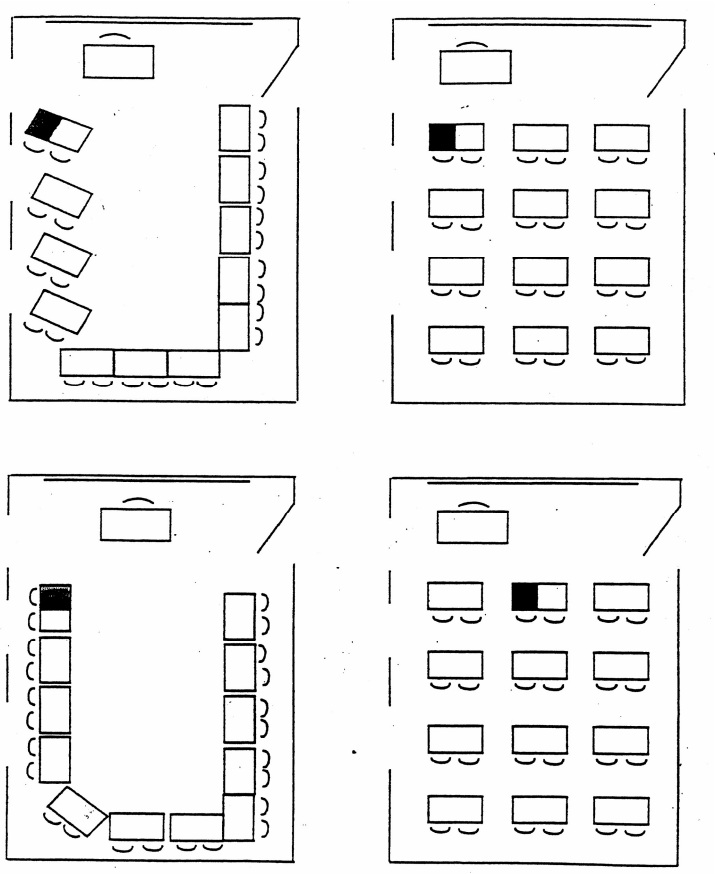

Abb. 5: Bestuhlungsvarianten für Klassenräume nach Löwe:
oben links: i.a. günstigster Sitzplatz
oben rechts: möglich bei bevorzugt konventioneller Sitzordnung
unten links: ungünstig, da die hörgeschädigte Schülerin bei den Mitschülerinnen an der Fensterseite nicht absehen kann
unten rechts: schlecht, die hörgeschädigte Schülerin kann nur bei der Lehrerin absehen , nicht aber bei den Mitschülerinnen

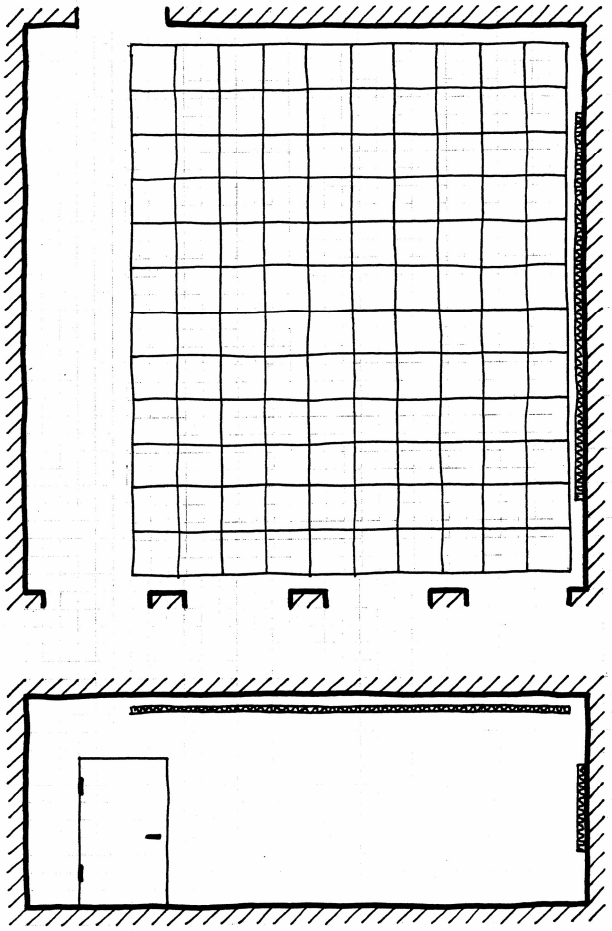

Abb. 6: Beispiel für die Anordnung eines schallabsorbierenden „Deckensegels“ aus Mineralfaserplatten im Standardformat und eines Rückwandpaneels in einem typischen Klassenraum
oben: Deckenspiegel, umlaufend offener Randfries, links Tafel, oben Flurseite, rechts Rückwand, unten Fensterseite
unten: Längsschnitt mit Blick auf die Flurwand, links Tafel, rechts Rückwand

Für eine möglichst breitbandige Wirkung der Schallabsorber sind generell große Bautiefen notwendig, die an der Decke mindestens 150 bis 200 mm betragen und auch an der Rückwand wären ebenfalls 150 mm anzustreben. Dort wird häufig aber aus Platzgründen auf 80 bis 100 mm reduziert. Bei den abgehängten Decken sind die Sturzhöhen der Fenster zu beachten, wenn die Deckenplatten vollflächig angebracht werden sollen. Keine baulichen Komplikationen gibt es, wenn man die Decke freischwebend wie ein „Segel“ einhängt. Siehe hierzu Abb. 6.

Man „verschenkt“ mit einer derartigen Bauweise aber die besonders wirksamen Randbereiche, die man auch gut als Tiefenabsorber nutzen kann. Bei den Hausmeistern und beim Reinigungspersonal ist der offene Rand wegen möglicher Schmutzablagerungen und wegen des Hinaufwerfens von Gegenständen nicht beliebt. Wenn aus diesem Grunde eine vertikale Abschottung hergestellt werden

müsste, ist es im Allgemeinen kostengünstiger, die Decke an den Rändern bis an die Wände heranzuführen und Plattenzuschnitte in Kauf zu nehmen.

WELCHE ANFORDERUNGEN BESTEHEN FÜR DIE MATERIALAUSWAHL?

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind die während der unterschiedlichsten Beratungsaufgaben diskutierten Anforderungen nachfolgend aufgeführt:

- hochgradige und breitbandige Schallabsorption
- gute Lichtreflexion
- optisch ansprechend
- hohe mechanische Stabilität
- Brandschutz-Klassifizierung mindestens B1
- Allergie, Hygiene und Reinigung
- Umweltverträglichkeit
- geringe Konstruktionshöhe
- gängige Rastermaße mit wenig Verschnitt
  aber optimaler Ausnutzung der Flächen
- schnelle Verfügbarkeit
- handwerksübliche Konstruktionen
- schneller Einbau (gegebenenfalls auch in Eigenhilfe)
- günstiger Preis

WIRKUNG DER MASSNAHMEN

Die durch die beschriebenen Maßnahmen erzielbaren Verbesserungen sind „eigentlich“ allgemein bekannt, so dass man sich wundern muss, warum immer noch wieder Fehlschläge auftreten. Einige Effekte kommen aber in Klassenräumen so ausgeprägt vor, dass sie nachfolgend besonders erwähnt werden sollen.

Durch die Schallabsorptionsmaßnahmen verkürzt sich die Nachhallzeit. Dadurch werden sowohl die Diffusschallanteile des Nutzsignals als auch die Störgeräusche gedämpft. Der geringe Diffusschall des Nutzsignals führt zu einer besseren Sprachdeutlichkeit und die niedrigeren Störgeräusche animieren die Schüler/innen auch zu einem ruhigeren Verhalten.

Noch weitgehend unbekannt ist der Effekt, dass die eintretende L_{eq}-Minderung oft mehr als doppelt so groß ist wie rechnerisch nach $\Delta L = 10 \lg (T_1/T_2)$ zu erwarten wäre. Schallpegelmessungen vor und nach einer raumakustischen Klassenraumsanierung haben Verbesserungen bis zu 10 dB nachgewiesen. Dies ist durch einen „positiven Rückkoppelungseffekt“ zu begründen, der dadurch entsteht, dass man in einem ruhigeren Raum selbst auch leiser sprechen kann und dennoch gut verstanden wird.

Durch diesen Effekt ist trotz des geringeren (Freifeld-)Nutzsignalpegels an den hinteren Plätzen ein besseres Signal/Rausch-Verhältnis gegeben. Auf diese Weise wird ein entspanntes Reden und Zuhören in einer angenehmen Unterrichts- und Lernatmosphäre ermöglicht.

AUSBLICK

Bei der raumakustischen Gestaltung (und insbesondere bei der raumakustischen Sanierung) von Klassenräumen sind neben den rein akustischen Anforderungen zahlreiche weitere Aspekte zu beachten. Hier hat der Beratende Ingenieur einen Spagat auszuführen zwischen

- akustischen Anforderungen
- Zeitbedarf für Messungen, Auswertung, Berechnung, Begutachtung
- Zeitbedarf für Ausschreibung, Angebot, Beauftragung, Materialbeschaffung, Montage
- Finanzierungsbedarf für den Gutachter und die Handwerker (2. Jahreshälfte = Haushaltssperre)
- optischem Gestaltungswillen des Gebäudeplaners
- Dauer der Sommerferien / Geduld von Eltern und Lehrer/innen

LITERATUR

DIN 18 030 „Barrierefreies Bauen“ Entwurf 2002-11

DIN 18 041 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“ Entwurf 2002-11

DIN EN ISO 11 654 „Akustik, Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden, Bewertung der Schallabsorption“, 1997-07

Behr, Thomas: Raumakustische Maßnahmen bei der Sanierung von Altbauschulen der Baualtersgruppe 1860 - 1920, IEMB 2001

Gesetz zur Gleichstellung behinderter Menschen und zur Änderung anderer Gesetze (Bundes-Behinderten-Gleichstellungsgesetz, BBGG) vom 27. April 2002, Bundesgesetzblatt 2002 Teil I Nr.28 vom 30. April 2002

MacKenzie, David J. und Airey, Sharon: Classroom-Acoustics - a research project: Summary report, Heriot-Watt University, Edinburgh 1999

Löwe, Armin: Pädagogische Hilfen für hörgeschädigte Kinder in Regelschulen, Universitätsverlag C. Winter, Heidelberg 1996,

Mecklenburg-Vorpommern, Sozialministerium: Leitfaden Raumakustik in Unterrichtsräumen - ein aktuelles Thema der Schulhygiene - (Auswirkungen auf die Sprachverständlichkeit und Stimmbelastung), Verf.: H. Schottke, März 2001

Ruhe, Carsten: Günstige Raumakustik hilft Hörgeschädigten, Beratende Ingenieure 12/2000, Seiten 45 - 50

Ruhe, Carsten: Kommunikationsräume - AUCH für Hörgeschädigte! Vortragsveröffentlichung anlässlich des IVSS-Kongresses in Wien, 2000

Ruhe, Carsten: Klassenraum-Gestaltung und -Akustik für die Integrative Beschulung schwerhörender Kinder, Juni 2002

Ruhe, Carsten: Öffentliche Veranstaltungen - AUCH für Menschen mit Hörschädigungen! eine Ausarbeitung anlässlich der Eröffnung des EJMB2003 in Magdeburg am 22. Februar 2003

Ruhe, Carsten: Anforderungen und Vorgaben zum Barrierefreien Bauen, Vortrag an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg am 17. Oktober 2003

Sohn, Dr. med. Wolfgang: Schwerhörigkeit in Deutschland,
Repräsentative Hörscreening-Studie 1999, DSB-Report 3/2000, Seiten 10 bis 14

Dieser Artikel ist erschienen unter

„Beiträge zur psychologischen Akustik
Ergebnisse des neunten Oldenburger Symposiums zur psychologischen Akustik
Hören in Schule“

Herausgegeben von August Schick, Maria Klatte, Markus Meis und Christian Nocke
bis der Universität Oldenburg 2003

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Carsten Ruhe
TAUBERT und RUHE GmbH
Bickbargen 151
25469 Halstenbek
Tel.: 04101 465 25
Fax: 04101 430 75
e-Post: carsten.ruhe@taubertundruhe.de
http//:www.taubertundruhe.de