

Gestaltung von Klassen- und Fachklassenräumen für die inklusive Beschulung hörgeschädigter Kinder

Ein Streifzug durch mehrere Teilgebiete der Akustik und Pädagogik

Carsten Ruhe

Die Bedingungen des Hörens und die Veränderungen bei Hörgeschädigten gegenüber den Hörfähigkeiten guthörender Personen führen aus dem Blickwinkel eines Raumakustikers zu ganz anderen Maßnahmen als bei dem eines Audiologen. Mit entsprechenden Kenntnissen lassen sich die technischen Begründungen für spezielle Maßnahmen herleiten und Hinweise beschreiben, wo und wie man Maßnahmen zur Hörgerechtigkeit baulich/handwerklich umsetzen kann. In vielen Fällen müssen bestehende Schulgebäude oder Unterrichtsräume (rechtzeitig vor dem Eintreffen der Schülerin und deshalb oft auch kurzfristig mit wenig Aufwand) angepasst werden. Auch kann man vorhandene Räume hinsichtlich ihrer Eignung für den akustisch integrativen Unterricht einschätzen, ohne aufwändige Schallmessungen ausführen zu müssen.

Anmerkung

Für die bessere Lesbarkeit wurde hier wegen des erheblichen Anteils von Pädagoginnen (insbesondere im Primarstufen-Bereich) – sowohl für diese als auch für die Kinder – ausschließlich die weibliche Schreibweise gewählt. Die männliche und dritte Variante sind natürlich immer in gleicher Weise gemeint.

Einleitung

Menschen mit Behinderungen haben für die aktive Teilhabe am täglichen Leben spezielle Bedarfe. Dies gilt nicht nur für Menschen mit eingeschränkter Motorik, sondern in gleicher Weise auch für Menschen mit eingeschränkter Sensorik (insbesondere Hör- und Sehschädigungen). Wenn ein Kind mit Hörschädigung an seinem Wohnort die allgemeine Schule besuchen und somit integrativ beschult werden soll, so sind häufig zunächst die baulichen und technischen Unterrichtsbedingungen im Klassenraum darauf anzupassen. Dieser Artikel will dazu die Kenntnisse zur Verfügung stellen, welche sich im Laufe zahlreicher Beratungen angesammelt haben, um positive Erfahrungen weiterzugeben und kosten- und zeitaufwändige Fehlschläge (zum Nachteil der Schülerin und der Kommune) zu vermeiden. Hier gehen nicht nur die Kenntnisse aus einer 16jährigen

Design of class and subject classrooms for including schooling of hearing impaired children

The conditions of hearing and the transformations in hearing-impaired persons in comparison to the hearing ability of well-hearing persons connote very different methodical conclusions if looked upon by a room acoustician or, in contrast, by an audiologist. With respective knowledge, the technical reasoning for special methods can be deduced and evidence can be described of how and where methods facilitating hearing equality can be technically implemented. With respective knowledge, the technical reasoning for special methods can be deduced and evidence can be described of how and where methods facilitating hearing equality can be technically implemented. In many cases, existing school buildings or classrooms need to be adjusted (in good time before the arrival of students and therefore often at short notice and with limited expenses). Also, existing rooms can be estimated regarding their suitability for inclusive teaching without the need of elaborate noise measurement.

Tätigkeit im Fachreferat „Barrierefreiheit“ des Deutschen Schwerhörigenbundes e. V. ein, sondern darüber hinaus auch Kenntnisse aus der inzwischen mehr als 20jährigen Tätigkeit des integrativen/inklusiven Planens und Bauens für Menschen mit Hörschädigungen. Allein über 200 Schul- und Hochschul-Neubauten bzw. -Sanierungen wurden betreut.

Zu allen Themenbereichen gibt es umfangreiche hörakustische bzw. raumakustische Spezialliteratur. Der vorliegende Artikel wendet sich nicht nur an berufsmäßige Akustikerinnen, sondern auch an die Nutzerinnen. Er beschreibt deshalb in kurzer und allgemein verständlicher Form die wesentlichen Aspekte, ohne dass sich eine Planerin vertieft in die Thematik einarbeiten muss. Damit besteht natürlich die Gefahr, ein „Kochbuch“ mit sehr einfachen Rezepten zu erstellen. Sie wird aber im Sinne einer größeren Verständlichkeit und einer einfachen,

aber guten Umsetzung bewusst in Kauf genommen. Auch stehen hier nicht die gestalterisch-optischen Architektur-Aspekte im Vordergrund, sondern die akustisch-funktionalen einer hörgerechten Raumausstattung. Nicht alle Vorschläge lassen sich bei jeder aktuell anstehenden Umbaumaßnahme konsequent umsetzen. Wichtig ist es deshalb, die „prinzipiell richtigen“ Maßnahmen zu treffen.

Die bisher beratenen Projekte 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 Architektin und der Bauherrenschaft zu einer ausführlichen Erörterung und zur angemessenen Berücksichtigung der akustischen Belange gefordert. Für Kindertageseinrichtungen gelten prinzipiell dieselben akustischen Bedingungen und Maßnahmen. Die Gebäude- und Raumformen sind aber viel uneinheitlicher, sodass sie sich einer pauschalen Beschreibung entziehen.

Neben der Raumakustik sind weitere Hörassistenzsysteme, z. B. in Form von Funkübertragungsanlagen erforderlich. Sie bringen das Sprachsignal direkt zu den Ohren bzw. Hörsystemen (Hörgeräten oder Hör-Implantaten) der hörgeschädigten Schülerin. Auch die Sitzposition der Schülerin ist entscheidend, da neben guter Raumakustik und technischer Unterstützung das Absehen vom Mund der Lehrerin und der Mitschülerinnen zum Sprachverständnis äußerst hilfreich ist. Lehrerinnen und Mitschülerinnen müssen im Sprechverhalten geschult werden, deutliche Aussprache und Sprechen in Richtung des schwerhörenden Kindes sind dabei wichtig.

Bei den Diskussionen über bestehende Notwendigkeiten wird noch immer vergessen, dass nicht nur Schülerinnen schwerhörend sein können, sondern dass (nach Sohn [1]) in der Altersstufe zwischen 40 und 60 Jahren etwa 15 bis 20% der Bevölkerung (und damit auch der Lehrerinnen) schwerhörend sind. Akustisch gut gestaltete Klassenräume sind für diese Personen ein Beitrag zur Arbeitsplatz-Ergonomie und für ein besseres Verstehen der Schülerinnen-Beiträge.

Anmerkung

In vielen Veröffentlichungen werden Menschen ohne Höreinschränkungen als „normalhörend“ bezeichnet. Hier wird stattdessen „guthörend“ verwendet. In der Altersstufe über 70 Jahre ist es normal, schwerhörend zu sein (54% der Bevölkerung). Somit ist der Autor – weil jenseits der 70 – zwar schwerhörend, aber für sein Alter dennoch „normalhörend“.

Hören und Höreinschränkungen

Die hohen Töne sind wichtig

Bei der Innenohr-Schwerhörigkeit, die bei mehr als 80 % aller Menschen mit Hörschädigung vorliegt, treten Hörverluste vorwiegend im hochfrequenten Bereich auf, während sie häufig bei den tieffrequenten Tönen weitaus geringer sind. Dies bedeutet, dass entsprechend an den Hörverlust angepasste Hörgeräte vorwiegend die mittleren und hohen Frequenzen verstärken müssen. Das typische Audiogramm von Innenohr-Schwerhörigen ist in Abbildung 1 dargestellt (nach Plath [2]). Dort ist zu erkennen, dass bei den hohen Tönen eine deutliche Absenkung der Hörempfindlichkeitskurve gegenüber der Normal-Hörschwelle vorliegt.

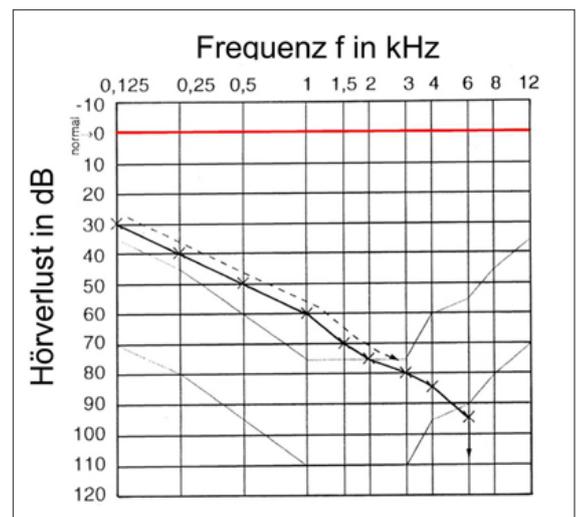


Abb. 1: Audiogramm

Die rote Null-Linie („normal“) entspricht der mittleren Hörschwelle guthörender Personen. Der Hör„verlust“ wird im Audiogramm nach unten aufgetragen. Eingezeichnet ist als dicke schwarze Linie beispielhaft eine Hörverlustkurve bei Innenohr-Schwerhörigkeit (nach Plath [2]).

Viele Störgeräusche enthalten – ebenso wie Sprache – starke hochfrequente spektrale Anteile. Beispielhaft werden hier einerseits das Flüstern und andererseits das Knistern benannt.

Die Vokale, welche im Wesentlichen die Lautstärke der Stimme ergeben, haben starke niederfrequente Spektralanteile mit Grundton, Obertönen und – je nach Phonem – mehr oder weniger starken hochfrequenten Anteilen (Abbildung 2). Für die Sprachverständlichkeit sind aber insbesondere die Zisch- und Explosivlaute (p, t, k, f, β, z, sch) wichtig. Sie enthalten in ihrem Spektrum vorwiegend hochfrequente Signalanteile (Abbildung 3). Wie wichtig diese für die Sprachverständlichkeit sind, lässt sich durch Flüstern gut demonstrieren. Dann fehlen im Sprachsignal die Grund- und Obertöne der Stimmbänder,

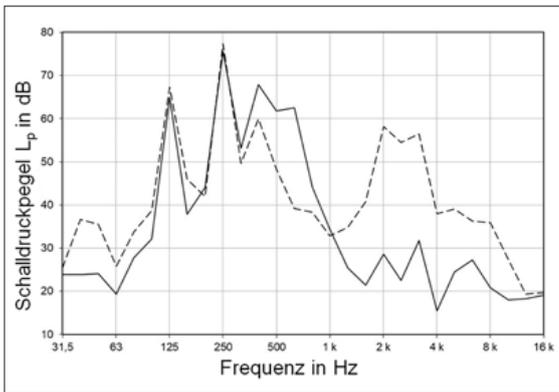


Abb. 2: Spektren der Vokale /I/ und /U/. Sie bestehen aus dem Grundton, einigen Obertönen und – je nach Vokal – unterschiedlich starken Anteilen im zweiten Formanten oberhalb von 1.500 Hz.

denn geflüsterte Worte setzen sich nur aus Hauch-, Zisch- und Explosivlauten zusammen. Trotz der fehlenden stimmhaften Vokalanteile ist geflüsterte Sprache ausgesprochen gut verständlich, sofern sie ausreichend laut im Verhältnis zum Störgeräusch ist. Deshalb müssen für eine gute Sprachverständlichkeit insbesondere die hochfrequenten Störgeräuschanteile gut gedämpft werden. Das Signal/Rausch-Verhältnis zwischen Sprache und Störgeräusch sollte

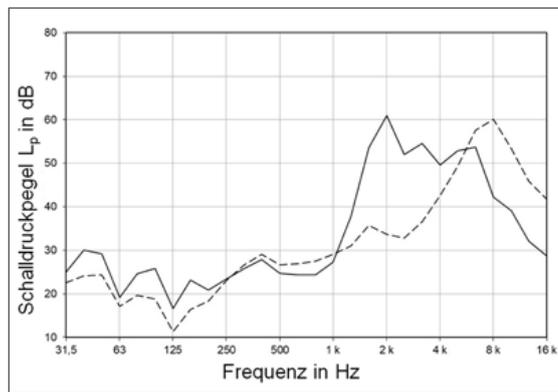


Abb. 3: Spektren der Phoneme /SCH/ und /TZ/. Sie bestehen nur aus Rauschen und enthalten ausschließlich hohe Frequenzen.

mindestens $S/N = 15$ dB betragen. Leider benennt DIN 18040-1 [3] als Mindestanforderung nur $S/N = 10$ dB.

Eine Schwerhörige nimmt mit Hörhilfen (Hörgerät / Hör-Implantat) die Schallreize anders auf als Guthörige. Dabei ist die größte Schwierigkeit das Verstehen im Störgeräusch. Das gilt übrigens auch für viele Guthörige und „Noch-ganz-gut-Hörnde“; sie trauen sich nur seltener, diese Schwierigkeiten auch zu artikulieren.



WIE SCHAFFEN WIR NEUE LEBENSÄRÄUME? GEMEINSAM.

Effektive Baulandaktivierung

Der Zugriff auf Bauland wird bei zunehmender Flächenverknappung schwieriger und damit auch teurer.

Durch elastische Gebäudelagerungen können zusätzliche Fläche nahe Schieneninfrastruktur nutzbar gemacht werden. Die bauaufsichtlich zugelassenen Baulager **REGUPOL** und **REGUFOAM vibration** bieten dafür technisch sichere und wirtschaftliche Lösungen, wie beim Projekt Tassiloplatz in München.

Fragen Sie die Experten.

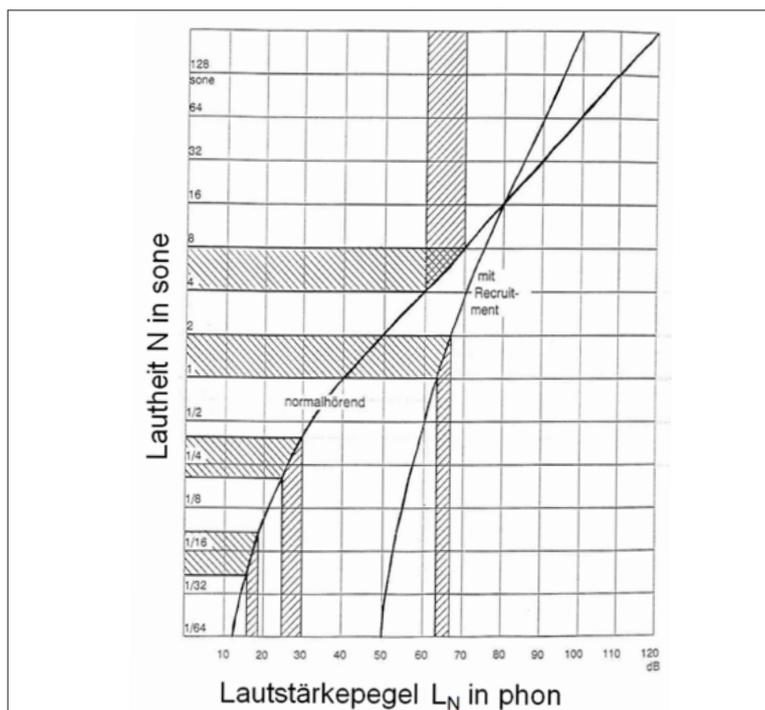
akustik@regupol.de
www.regupol.com

Deshalb muss zunächst mit baulichen und raumakustischen Maßnahmen für eine möglichst geringe Störsignalentstehung im Raum bzw. Störsignaleinstrahlung aus benachbarten Räumen gesorgt werden. Hier geht es vorrangig um Fragen des baulichen Schallschutzes. Da Hörgeräte (zum Ausgleich des individuellen Hörverlustes) oft die hohen Töne besonders verstärken müssen, um auf diese Weise die Verständlichkeit der Konsonanten zu erhöhen, kommt den Fragen des baulichen Schallschutzes und der raumakustischen Maßnahmen gerade für diese hohen Töne besondere Bedeutung zu.

Schwerhörende sind oft lärmempfindlich

Bei Hörgeschädigten erhöht sich im Allgemeinen nur die Hörschwelle, die Unbehaglichkeits- oder Schmerzschwelle erniedrigt sich dagegen oft. Weil der nutzbare Dynamikbereich des Gehörs zwischen „noch nichts hören“ und „unbehaglich laut“ deutlich eingeschränkt ist, empfinden Hörgeschädigte den Lautstärkeunterschied verschiedener Schallpegel subjektiv erheblich krasser als Guthörende (sogenanntes Recruitment). Dadurch steigt die Lautheit (die subjektiv empfundene Lautstärke) mit zunehmendem Pegel bei Schwerhörenden deutlich stärker an als bei Guthörenden. Dies bedeutet, dass die

Abb. 4: Zusammenhang zwischen Lautstärkepegel L_N [in phon] und empfundener Lautheit [in sone] für Guthörende [nach 4] und für Personen mit Hörverlust sowie Recruitment. Oberhalb von 40 phon empfinden Guthörende im Mittel eine Pegelsteigerung um etwa 10 phon als Verdoppelung der Lautstärke; Personen mit Recruitment benötigen hierfür u.U. nur eine Pegelsteigerung um 3 phon und haben bei einer Pegelerhöhung um 10 phon bereits eine achtfach höhere Lautheitsempfindung.



betroffenen Personen zwar hörgeschädigt sind, aber innerhalb des für sie hörbaren Pegelbereiches lärmempfindlich. Den betroffenen Personen müssen die Hörsignale möglichst mit gleichmäßiger Lautstärke angeboten werden, weil sonst bei leisen Signalen das Verstehen stark eingeschränkt ist, bei lauten Signalen aber bereits die Unbehaglichkeitsgrenze erreicht/überschritten wird („Du musst doch nicht gleich schreien!“). Beispielhaft ist Recruitment in Anlehnung an [4] für einen Rest-Dynamikbereich von 50 dB in Abbildung 4 dargestellt. Vereinfachend werden die damaligen phon-Angaben mit den heute gebräuchlichen dB(A) gleichgesetzt.

Interessanterweise haben auch Guthörende bei niedrigen Schallpegeln (also bei Schallpegeln wenig über ihrer Hörschwelle) Recruitment [4]. Während oberhalb von etwa 40 dB(A) jede Schallpegelanhebung um etwa 10 dB zu einer Verdoppelung der empfundenen Lautstärke führt (also von 1 auf 2 sone, von 2 auf 4 sone usw.), so reicht bei einem Schallpegel von etwa 30 dB(A) eine Pegelsteigerung um 5 dB und bei etwa 20 dB(A) sogar eine Steigerung um nur 3 dB aus, um ein Geräusch doppelt so laut zu empfinden. Deshalb lohnte es sich in der Bauakustik durchaus, bei der Festlegung von Grenzwerten für Geräuscheinwirkungen haustechnischer Anlagen, im Normenausschuss zu DIN 4109 [5] jahrelang um 3 dB zu streiten.

Diese Eigenschaft des Gehörs ist entwicklungs-geschichtlich bedingt: leise Geräusche konnten Hinweise auf Beute sein (lebenswichtig) oder sie konnten Gefahren durch Feinde oder wilde Tiere ankündigen (überlebenswichtig). Unsere Vorfahren mussten also wachsam sein, konnten zwar die Augen, nicht aber die Ohren schließen. Noch heute reagieren Guthörende auf das leise Surren einer Mücke im Schlafzimmer schreckhaft. Nahte tatsächlich ein Feind, so wurde Lärm geschlagen (Klirren mit der Rüstung, Rasseln mit den Säbeln oder Läuten der Glocken), damit wurde „Alarm“ gegeben. *Al arme* ist die italienische und *ad armas* die lateinische Form für *zu den Waffen!* In *Lärm* und in *Alarm* kann man denselben Wortstamm entdecken. In gleicher Weise, wie bei Alarm das Stresshormon Adrenalin ausgeschüttet wird, geschieht dies auch unter Lärm. **Leben im Lärm** heißt also **Leben im Stress**.

Raumakustische Notwendigkeiten: viel Direktschall, wenig Diffusschall

Personen, die darauf angewiesen sind, das Sprachsignal mit dem Hörsystem aus dem Raum heraus aufzunehmen, benötigen eine möglichst „trockene“ raumakustische Situation, die fast ausschließlich Direktschall-Anteile enthält. Die Diffusschall-Anteile sollten noch geringer sein, als dies für Guthörende

günstig wäre. Jeder Diffusschall verschlechtert die Verständlichkeit, weil er bereits wieder als Störsignal wirkt. Dies gilt – nach landläufiger Akustiker-Meinung – bei Guthörenden erst für Schallsignale, die mehr als 35 ms gegenüber dem Direktschall verzögert sind. Zahlreiche Aussagen schwerhörender Personen lassen aber den Schluss zu, dass solche „Kurzzeit-Echos“ schon viel eher störend sind.

Rückwandecho vermeiden

Eine stehende Lehrerin und die vorne sitzenden Schülerinnen hören bei horizontaler Schallausbreitung über die Köpfe der Mit-Schülerinnen hinweg ein Rückwandecho mit einer Zeitverzögerung zwischen 35 und 50 ms. Dieses verschlechtert – insbesondere für Personen mit Hörschädigung – die Sprachverständlichkeit. Wenn man das Rückwandecho beseitigen kann, entstehen für diese Schallausbreitungsrichtung angenäherte Freifeldbedingungen. Damit nimmt der Sprachschallpegel gemäß Abbildung 5 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, denn auf diese Weise sind entsprechend geringere Diffusschallanteile vorhanden. Der etwas geringere Nutzsignalpegel wird durch den deutlich geringeren Störgeräuschpegel mehr als wettgemacht. Zunächst erscheint es unglaublich, dass durch eine derartige Maßnahme trotz des niedrigeren Nutzsignal-Pegels das Signal/Rausch-Verhältnis sogar günstiger wird. Dies ist dadurch begründet, dass sich Schülerinnen in gedämpften Klassenräumen erheblich ruhiger verhalten als in hallenden.

Abb. 5: Schallausbreitung in baugleichen Klassenräumen, Abstand logarithmisch
oben: Klassenraum ohne schallabsorbierendes Rückwandpaneel, hier liegt im hinteren Bereich eine Hallfeldsituation vor
unten: Klassenraum mit schallabsorbierendem Rückwandpaneel, hier liegen auch im hinteren Bereich näherungsweise noch Freifeldbedingungen vor

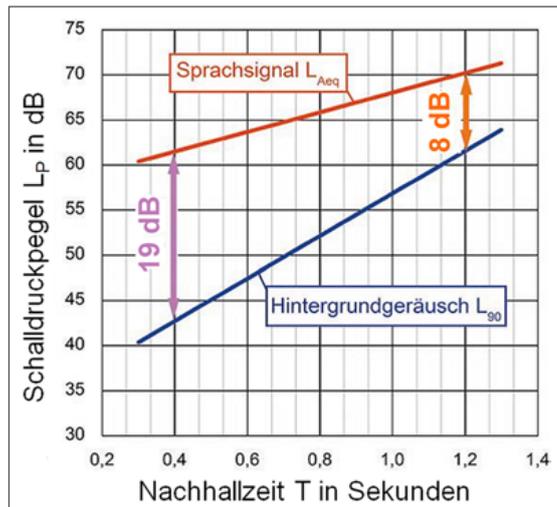
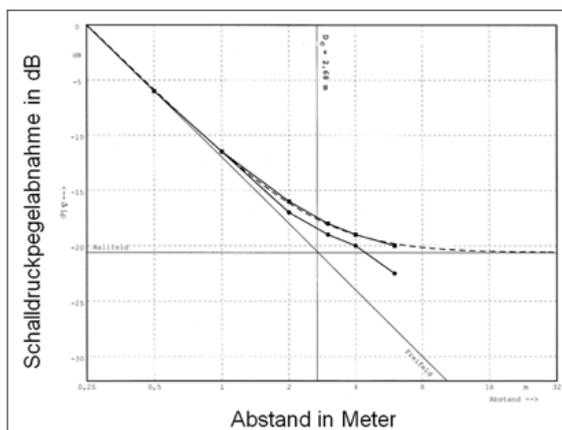


Abb. 6: Regressionsgeraden für die Schallpegel des Nutz-Sprachsignals L_{Aeq} und des Hintergrund-Schallpegels L_{A90} in Abhängigkeit von der Nachhallzeit (aus der „Essex-Studie“) [6], übernommen aus [7]

Ein besonders beeindruckendes Beispiel für die Auswirkung einer Nachhallzeit-Verkürzung auf den Nutzsignal-Schallpegel und auf den Schallpegel der Störgeräusche zeigt die Abbildung 6.

In der „Essex-Studie“ [6] wurden von vier baugleichen Klassenräumen einer im Ursprungszustand belassen und die anderen an die Anforderungen dreier unterschiedlicher in Großbritannien parallel geltender Regelwerke angepasst. Nach einigen Wochen Unterricht erfolgte jeweils über das Wochenende wechselweise die Umrüstung auf einen anderen Standard. Dann unterrichteten dieselben Lehrerinnen dieselben Schülerinnen in den gleichen Fächern (aber in raumakustisch immer wieder unterschiedlichen Räumen). In dieser Zeit wurden die Nutzsignal-Schallpegel (L_{Aeq}) und die Hintergrund-Schallpegel (L_{A90}) gemessen.

Im Ergebnis zeigen die Regressionsgeraden, dass bei einer Nachhallzeit-Verkürzung von 1,2 s auf 0,4 s der L_{Aeq} von 70 dB auf 62 dB abnahm, während sich der L_{A90} von 62 dB auf 43 dB verringerte. Der Signal-Rausch-Abstand betrug zunächst nur $S/N = L_{Aeq} - L_{A90} = 8$ dB. Er vergrößerte sich bei der sehr kurzen Nachhallzeit von 0,4 s auf $S/N = 19$ dB, einen auch für Hörgeschädigte ausgezeichneten Wert.

Die Nachhallzeit-Drittelung von 1,2 s auf 0,4 s lässt „physikalisch“ eine Pegelminderung um knapp 5 dB erwarten. Tatsächlich war der L_{eq} aber um 8 dB niedriger. Hier macht sich sehr deutlich der „Lombard-Effekt“ bemerkbar, dass in ruhiger Umgebung leiser gesprochen wird (und in lauter Umgebung auch lauter), dass also die tatsächlich eintretende Pegelminderung deutlich größer ist, als nach den phy-

sikalischen Gesetzmäßigkeiten zu errechnen. Auf diese Weise wird die Sprecher-Stimme geschont, so dass der Anteil der Stimmband- und Stimm-Erkrankungen zurückgeht.

„Absehen“: die Augen hören mit

Mit einer entsprechenden Hörtaktik versuchen Hörgeschädigte die fehlenden Schallsignale durch Nutzung optischer Informationen auszugleichen. Hierzu gehören einerseits Gebärden (Deutsche Gebärdensprache oder lautsprachbegleitendes Gebärden), andererseits schriftliche Informationen und schließlich als ganz wesentliches Hilfsmittel (das unbewusst auch jede Guthörende nutzt) das Absehen vom Mund. Für die Erkennbarkeit des Mundbildes ergeben sich einerseits Anforderungen an die Beleuchtung und andererseits für eine optimale Anordnung des Schülerinnen-Sitzplatzes (Sichtlinien).

Direktschall zum Ohr: Übertragungsanlagen

Für die Übertragung von Schallsignalen zu den Hörsystemen hörgeschädigter Schülerinnen sind gegebenenfalls technische Zusatzmaßnahmen, z. B. in Form einer Funkübertragung vorzusehen. Einige Hersteller von Hörgeräten propagieren eine Zusatzbeschallung der Klassenräume mit Lautsprecheranlagen, um auf diese Weise dem Lehrer ein „Übertönen“ der Störgeräusche zu ermöglichen. Sie verkennen dabei, dass dann der Diffusschall-Anteil des Nachhalls in gleicher Weise angehoben wird. Die zu diesem Thema laufenden Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen. Sie lassen aber bereits jetzt erkennen, dass solche Anlagen nicht nur Direktschall zu den Schülerinnen bringen (können).

Oft unterschätzt: der Anteil hörgeschädigter Schülerinnen

Nach der Hörscreening-Studie von Sohn [1] ist bei Personen bis 20 Jahre etwa 1 % der Bevölkerung hörgeschädigt. Dies bedeutet, dass sich in etwa jeder 4. Klasse eine hörgeschädigte Schülerin befindet, deren Schwerhörigkeit möglicherweise gar nicht bekannt ist. Temporäre Hörschwellenverschiebungen durch Infektionskrankheiten kommen zu bestimmten Jahreszeiten bei bis zu 30 % der Schülerinnen einer Klasse vor. Im Jahresmittel soll der Anteil bei etwa 12 % liegen. Dies bedeutet, dass ständig in jeder Klasse etwa 3 Schülerinnen eine zeitweilige Höreinschränkung haben. Auch sie werden durch akustisch gut gestaltete Räume besser in den Unterricht einbezogen. Frühkindliche Hörstörungen, die nicht rechtzeitig erkannt und versorgt werden, können nach Walger u. A. [8] zu nicht mehr kompensierbaren Spätfolgen führen. Aufgrund einer mangelhaften oder sogar fehlenden Aufnahme akustischer Reize kann es zu einer

Reifungsverzögerung der Hörbahn, dem zentralnervösen Teil im auditorischen System, kommen. Dies hat sekundäre Funktionsstörungen der Informationsverarbeitung zur Folge, die für die betroffenen Kinder lebenslange Konsequenzen haben können. Diese Kinder haben unter anderem eine verzögerte Sprachentwicklung. Fast die Hälfte der Hörstörungen der untersuchten Kinder ist nicht angeboren sondern erworben und betrifft in 75% der Fälle beide Ohren. Die Ursachen sind in den meisten Fällen eine Mittelohrentzündung oder Kinderkrankheiten wie Masern, Mumps, Röteln oder Scharlach.

Noch gar nicht untersucht: der Anteil schwerhörender Lehrerinnen

Die Sohn-Studie [1] weist für die Altersgruppe zwischen 40 und 60 Jahren aus, dass bereits zwischen 15 und 20 % der Bevölkerung von Schwerhörigkeit betroffen ist. Da nach der derzeitigen Personalstruktur in Schulen der Hauptanteil der Lehrerinnen dieser Altersstufe angehört, ist damit zu rechnen, dass in etwa jeder fünften bis sechsten Klasse eine schwerhörige Lehrerin unterrichtet (häufig ohne es zu wissen oder wahrhaben zu wollen). In diesem Sinne ist Barrierefreies Bauen für hörgeschädigte Schülerinnen auch ein Beitrag zur Arbeitsplatz-Ergonomie für die Lehrerschaft und für ein besseres Verstehen der Schülerinnen-Beiträge.

Was muss man tun?

Nach den oben beschriebenen Zusammenhängen kann man die erforderlichen Maßnahmen wie folgt zusammenfassen:

- bauliche Maßnahmen gegen Störgeräusche und Nachhall
- organisatorische Maßnahmen zur optimalen Einbindung der hörgeschädigten Schülerinnen in den Unterricht
- technische Maßnahmen mit Hörassistenzsystemen

Baulicher Schallschutz

Der Störgeräuschpegel im Raum, der von außen oder aus benachbarten Räumen hereindringt, soll so niedrig wie möglich sein. Für den Schallschutz von Wänden, Decken und Fenstern gibt es in der Schallschutznorm DIN 4109 [5] „Anforderungen“. Eine Belüftung der Räume ist bei starkem Außenlärm nicht durch geöffnete Fenster möglich, sondern erfordert eine Lüftungsanlage, welche wiederum Geräusche erzeugt. Die Störgeräuschentwicklung durch die Schülerinnen selbst ist natürlich einerseits vom Unterrichtsgeschehen abhängig, andererseits sorgen aber auch die Bewegungen im Raum, z. B. Tische- oder Stühlerücken, Fußescharren, Fallenlassen

von Gegenständen, quietschende oder knirschende Sohlen – insbesondere auf harten Fußbodenbelägen – für Geräusche, die man mit einem weichen Oberbelag vermeiden kann.

Raumakustik

Zu den für Hörgeschädigte störenden Geräuschen gehören auch die diffusen Signalanteile des Nachhalls und gegebenenfalls auch kurzfristig verzögerte Schall-Rückwürfe. Deshalb sollen Unterrichtsräume für Hörgeschädigte eine möglichst kurze Nachhallzeit aufweisen und Echos, insbesondere von der Raumrückwand, sind zu vermeiden.

In DIN 18041 [9] heißt es hierzu: *Die Anforderungen kommen nicht nur Personen mit Hörschäden zugute, sondern sie sind auch hilfreich für die Kommunikation in einer Sprache, die nicht als Muttersprache gelernt wurde [fremdsprachlicher Unterricht für deutsche Kinder aber auch Unterricht auf Deutsch (DaZ) für Kinder ausländischer Abstammung] und bei der Kommunikation mit Personen, die auf andere Weise einen Bedarf nach erhöhter Sprachverständlichkeit haben, z. B. Personen mit Sprach- oder Sprachverarbeitungsstörungen, Konzentrations- bzw. Aufmerksamkeitsstörungen, Leistungsbeeinträchtigungen. Im Zweifelsfall sollten in Räumen zur Sprach-Information und -Kommunikation eher kürzere als längere Nachhallzeiten realisiert werden.*

Anordnung der Sitzplätze im Raum

Für die Anwendung des Zwei-Sinne-Prinzips, bei dem der eingeschränkte Hör-Sinn (teilweise) durch den Seh-Sinn ausgeglichen wird, sind durch organisatorische Maßnahmen die Sichtbeziehungen zu den für die Kommunikation maßgeblichen Bereichen herzustellen bzw. zu optimieren. Zu diesen Bereichen gehören:

- die Tafel oder Projektionswand
- der Stand- oder Sitzplatz der Lehrerin
- die Sitzplätze der Mitschülerinnen.

Sichtlinien sollen nicht oder nur wenig verdeckt und durch Kopfbewegungen leicht auszugleichen sein. Durch Optimierung der natürlichen und künstlichen Beleuchtung ist dafür zu sorgen, dass (auch bei wechselnden Beleuchtungssituationen, z. B. durch Tages- oder Jahreszeit) alle wichtigen Bereiche sichtbar sind und sich nicht im Schatten oder im Gegenlicht befinden.

Technische Hilfen für Hörgeschädigte

Hörassistenzsysteme, z. B. in Form von Funkübertragungsanlagen, werden in der Regel durch die Krankenkasse finanziert und von schwerhörenden Schülerinnen mitgebracht. Sie bringen das Sprachsignal (vorwiegend das der Lehrerin) direkt zum

Ohr/Hörsystem der Schülerin mit Hörschädigung. Dies erfordert bei der Lehrerin die Bereitschaft, sich mit dieser „Technik“ zusätzlich zu befassen, was häufig als „zu belastend“ empfunden wird. Hier muss sich die Lehrerschaft dessen bewusst sein, dass zum Nachteilsausgleich der Schülerin die persönlichen Befindlichkeiten („Wie sehe ich denn damit aus“ / zu umständlich / Druckgefühl am Kopf) hinter dem angestrebten Unterrichts- und Lernerfolg zurückstehen müssen. Vielmehr sollte die Lehrerin Vorbild für innovative Technik sein und ihre Schülerinnen ermahnen, diese Geräte zu benutzen oder sich sogar zu beschaffen.

Nachteilig ist, dass häufig für den Funkempfang am Hörgerät die dort eingebauten Mikrofone ausgeschaltet werden müssen. Damit wird ein Unterrichtsgespräch sehr erschwert, weil die hörgeschädigte Schülerin jetzt nur das Schallsignal hört, welches von dem Mikrofon des Funksenders aufgenommen wurde. In diesem Fall muss also das Mikrofon von der Lehrerin im Unterricht herumgereicht werden, was den Unterrichtsablauf erheblich behindern kann. Bei einigen Geräten schalten die Hörgeräte zwischen Mikrofon und Funkempfänger hin und her. In den Umschaltzeiten können Silben(-teile) verloren gehen und die Lautstärke kann zwischen beiden Kanälen schwanken.

Die Funkübertragungsanlagen haben in der Regel einen Taschensender mit Kopfbügelmikrofon oder Ansteckmikrofon. Für den Unterrichtsablauf ist es sehr hinderlich, diese Geräte herumzureichen und für Schülerinnen-Beiträge zu nutzen. Hierfür sollte mindestens ein zusätzliches Schülerinnen-Handmikrofon eingesetzt werden. Idealerweise sind sogar mehrere Hand- oder Tischmikrofone vorhanden, die jeweils von mehreren Schülerinnen genutzt werden. Bei nur einem Handmikrofon wird der Unterrichtsablauf deutlich langsamer. Man muss allerdings bedenken, dass im Grundschulalter der Einsatz von Schülerinnen-Mikrofonen von den Mitschülerinnen erst erlernt werden muss. Erfahrungsgemäß kann man in der 2. Klasse mit einem Handmikrofon beginnen. Ein Lehrer-Echo (Wiederholung der Schülerinnen-Beiträge durch die Lehrerin) ist im Grundschulalter daher sehr wichtig. Wenn man für ein sachgerechtes Unterrichtsgespräch mehrere Mikrofone beschaffen will, entsteht oft eine lange Auseinandersetzung mit der zuständigen Krankenkasse. Bisweilen übernehmen die Schulträger die Kosten. Pädagogisch kann ein einzelner Handsender auch Vorteile haben. Er diszipliniert – ähnlich wie ein „Rede-Stein“ den Unterrichtsverlauf und macht unkontrollierte Zwischenrufe unwirksam.

Beim Arbeiten mit Lernspielen am Computer kann die Funkübertragungsanlage direkt mit dem Com-

puter verbunden werden, so dass die hörgeschädigte Schülerin störungsfrei hören kann. Wird im Unterricht mit Tonträgern (CD u.a.) gearbeitet (häufig im Sprachunterricht), ist ein Abspielgerät erforderlich, das mit der Funkübertragungsanlage verbunden werden kann, ohne dass der Ton für die Mitschülerinnen weggeblendet wird. Mit einem unterrichtsüblichen Gerät funktioniert dies meist nicht. Eine einfache und kostengünstige Lösung ist ein tragbares Abspielgerät ohne Lautsprecher, an das über einen T-Klinkenstecker parallel sowohl eine Übertragungsanlage für das Kind mit Hörschädigung als auch ein externer Lautsprecher für die Mitschülerinnen angeschlossen werden können.

Für Hörgeschädigte ungeeignete technische Hilfen

Seit einiger Zeit sind Beschallungsanlagen erhältlich, die in Regelschulen zur Erhöhung des Schallpegels der Lehrerstimme eingesetzt werden sollen (sog. SoundField-Anlagen). Von den Herstellern wird behauptet, dass der Direktschallanteil zunehme, so dass die Sprachverständlichkeit verbessert werde. An derartige Anlagen können bis zu acht Lautsprecher angeschlossen werden. Dann sind zusätzlich zu der Primärschallquelle (Lehrerinnenstimme) acht Sekundärschallquellen im Raum vorhanden. Man erreicht auf diese Weise zwar einen höheren Direktschallpegel am Platz der Schülerinnen. Dies ist aber, je nach Anzahl der Lautsprecher, verbunden mit einer Zunahme des Diffusfeldpegels um bis zu 9 dB. Das für die Sprachverständlichkeit maßgebende Verhältnis von Direktschall zu Diffusschall wird also nicht wesentlich verbessert. Untersuchungen mit einem System zur Klassenraum-Beschallung mit dynamischer (störgeräuschabhängiger) Anpassung des Sprachsignalpegels laufen derzeit.

Ein Hersteller schreibt, mit einer derartigen Anlage könne man bauliche Mängel [gemeint sind damit raumakustische Mängel], ausgleichen. Viel sinnvoller ist aber, derartige Mängel nicht auszugleichen sondern sie zu beseitigen, indem die raumakustischen Bedingungen – wie nachfolgend beschrieben – erfüllt werden. Dies kommt allen Schülerinnen zugute und ist im Allgemeinen preiswerter als die Beschaffung, der Betrieb und die Reparaturen von Beschallungsanlagen. Auch veralten derartige Anlagen viel schneller als eine sinnvolle raumakustische Baumaßnahme. Etliche Veröffentlichungen zur Klassenraum-Beschallung setzen eine „gute Raumakustik“ voraus oder fordern sie zumindest ein. Fritz Sennheiser hat dem Autor bereits während seines Studiums erklärt, warum man eine „schlechte“ Raumakustik nicht „gut“ beschallen kann.

Zu der Frage, wie sich „SoundField-Systeme“ von Funkübertragungsanlagen für Hörgeschädigte un-

terscheiden, schreibt ein Hersteller: *Ein SoundField-System für Klassenräume bietet ähnliche Vorteile für die ganze Klasse, wie ein FM-System für einen hörgeschädigten Schüler. Die zugrundeliegende Technologie beider Systeme ist ähnlich. Das FM-System überträgt die Lehrerstimme jedoch direkt an das Hörgerät eines einzelnen hörgeschädigten Schülers [ohne Umweg über den Raum], während vom SoundField-System alle [übrigen] Schüler profitieren [sollen].*

Aufwändige Längsschnittstudien, über die Meis et al. [10] berichten, wurden bisher nur an allgemeinen Schulen mit guthörenden Kindern durchgeführt. Dabei wurde verglichen, wie sich raumakustische Maßnahmen allein oder SoundField-Beschallungsanlagen allein oder raumakustische Maßnahmen mit SoundField-Anlagen gemeinsam auf zahlreiche Kenngrößen des Unterrichts auswirken. Aus diesen Untersuchungen ist recht eindeutig herauszulesen, dass die deutlichste Wirkung durch die raumakustischen Verbesserungen in den Klassenräumen erreicht wurde. Für Schülerinnen mit Hörschädigung dürfte das nach den bisherigen Erfahrungen aus der raumakustischen Beratungspraxis noch ausgeprägter gelten.

Wie sollen zuhörgerechte Klassenräume beschaffen sein?

Bauliche Maßnahmen

Klassenräume, deren akustische Bedingungen für den Unterricht von Schülerinnen mit Hörschäden gut sind, sind nicht auf eine ganz andere Art und Weise auszustatten, als dies typischerweise für akustisch gute Unterrichtsbedingungen ohnehin der Fall ist. Man muss lediglich die Vorgaben aus DIN 18041:2016-03 [9] erfüllen. Nach dieser Norm-Fassung gelten die früheren „ganz exklusiven Anforderungen“ für Personen mit Hörschädigung von 2004 jetzt bei Neu- und Umbauten einheitlich für den inklusiven Unterricht aller Kinder. Dies ist auch in dem Sinne richtig, als sich „exklusive Lösung“ und „Inklusion“ widersprechen. Mit der Normfassung von 2016 werden die Vorgaben der Behindertenrechts-Konvention der UN [11] und nationaler Gesetze (z.B. [12]) umgesetzt.

Klassenräume neuerer Bauart haben häufig eine Breite zwischen 7 und 8 m und eine Länge zwischen 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 nicht etwa eine größere Grundfläche, sondern oft eine unangemessen große Höhe. In den neuen Bundesländern ist nach den beiden Untersuchungen von Behr [13] und Schottke [14] offenbar eine wesentlich größere Spannweite ge-

ben.

Nach den Vorgaben von DIN 18041 soll die mittlere Nachhallzeit in inklusiv gestalteten Unterrichtsräumen $T_m = 0,45$ s betragen. Das erfordert eine äquivalente Absorptionsfläche $A_{\text{eff}} = 72$ m², also mehr als die Deckenfläche des Raumes. Um diesen Wert zu erreichen ist es zunächst notwendig, zwischen 80 und 100 % der Deckenfläche mit hochgradig absorbierendem Material auszustatten. Der genaue Umfang ist abhängig vom Absorptionsgrad des gewählten Materials.

Zusätzlich ist die der Tafel gegenüber liegende Raumrückwand eine etwa 5 m breite Schallabsorptionsfläche von etwa 1,2 bis 1,35 m (ab 0,8 m über dem Fußboden) zu belegen. Keinesfalls darf man bei einer vollflächig hochgradig absorbierenden Decke auf das schallabsorbierende Rückwandpaneel verzichten. Sonst werden die Lehrerinnen durch das Rückwändecho gestört, weil es nicht mehr von dem Nachhall verdeckt wird [15] [16]. Seit Mai 2018 fordern die Technischen Regeln für Arbeitsstätten – Lärm [17] im Sinne des Arbeitsschutzes für die Lehrerinnen raumakustische Maßnahmen, wenn die Anforderungen aus DIN 18041 nicht eingehalten werden. Leider beziehen sich die dort angegebenen Sollwerte auf die alte Norm-Fassung von 2004.

Weiterhin ist es für die Unterrichtsräume – sowohl zur Schallabsorption als auch zur Störgeräuschvermeidung – sinnvoll, einen strapazierfähigen Teppichboden, z. B. Kugelgarn, zu verlegen. Mit diesen „Standardmaßnahmen“ wird nicht nur die anzustrebende Nachhallzeit sicher erreicht, sondern durch die Verteilung der Absorber auf mehrere Raumbegrenzungsflächen wird auch die Schallfelddiffusität verbessert. Die besonders störenden Echos mit

deutlicher Verzögerung gegenüber dem Direktschall (dies ist vorrangig die Schallreflexion der Raumrückwand) werden vermieden.

Unterrichtsräume älterer Bauart sind häufig länger und höher als oben beschrieben. In derartigen Räumen müssen die Schallabsorptionsflächen proportional zur Zunahme des Raumvolumens größer hergestellt werden. Hilfreich ist darüber hinaus, die (im Vergleich zu den akustischen Anforderungen) unnötig großen Raumvolumina z. B. durch entsprechend tief abgehängte Unterdecken zu verkleinern. Wie überall im Barrierefreien Planen und Bauen für Menschen mit sensorischen Beeinträchtigungen ist auch bei den hörgerechten Klassenräumen das Zwei-Sinne-Prinzip zu verwirklichen. Dies bedeutet, dass die Aufnahme und Verarbeitung akustischer Informationen optisch unterstützt werden muss. Hierzu gehört nicht nur (wie für jede Schülerin) der freie Blick zur Tafel, sondern auch die freie Sicht zum Mund der Lehrerin und dessen Erkennbarkeit, um auf diese Weise das Absehen der Lippenbewegungen zu unterstützen. Der Mund darf sich deshalb bei natürlicher Beleuchtung nicht im Gegenlicht befinden. Der Sitzplatz der hörgeschädigten Schülerin muss also so angeordnet sein, dass sie die Fenster im Rücken hat. Auch bei Beleuchtung mit Kunstlicht während der dunklen Jahreszeit muss der Lehrerinnenmund hell genug (aber ohne Blendung von den Deckenlampen) erkennbar sein.

Organisatorische Maßnahmen

Über die Bedingungen der Klassenraumausstattung hinausgehend müssen die Lehrenden sich daran gewöhnen, nicht zu sprechen, während sie etwas an die Tafel schreiben, sondern nur dann, wenn ihr Mund für die hörgeschädigte Schülerin sichtbar ist. Darüber hinaus müssen sie sich auch dessen bewusst sein, dass bei hörgeschädigten Schülerinnen die Informationsaufnahme und Verarbeitung in drei Phasen nicht etwa parallel, sondern nacheinander abläuft:

- Hören der Information und Absehen vom Mund
- kognitive Verarbeitung des Gehörten und Zusammensetzen mit den vorangegangenen Informationen zu einem fortlaufenden Gedankengang
- Aufschreiben der so erarbeiteten Kenntnisse

Durch diese drei aufeinander folgenden Schritte ist für Hörgeschädigte kein Mit-Schreiben (wie bei guthörenden Menschen) möglich, sondern tatsächlich ist es Satz für Satz ein Nach-Schreiben. Die Informationsaufnahme und Verarbeitung dauern also wesentlich länger als bei einer guthörenden Schülerin. Dies hat aber nichts mit einer mangelnden Intelligenz der Hörgeschädigten zu tun, sondern ausschließlich mit ihren Kommunikationsproblemen.

Tab. 1: Raumakustische Ausstattung von Standard-Unterrichtsräumen

Raubbreite	ca. 7 bis 8 m
Raublänge	ca. 8 bis 9 m
Grundfläche	ca. 60 bis 70 m ²
Raubhöhe	ca. 3 m
Volumen	ca. 200 m ³
erforderliche Nachhallzeit	$T_m \leq 0,45$ s
erforderliche äquivalente Absorptionsfläche	$A_{\text{eff}} \geq 72$ m ²
Anteil hochgradig absorbierender Platten ($\alpha_w = 0,85$)	> ca. 80 % der Decke
absorbierendes Rückwandpaneel	ca. 5 m breit, ca. 1,35 m hoch
Bodenbelag	Nadelfilz oder Kugelgarn

Anmerkung

Wenn Personen mit Hörschädigung Informationen nicht vollständig hören und deshalb auch nicht verstehen, wenn sie damit also in der Informationsaufnahme und Kommunikation eingeschränkt sind, wird ihnen von anderen häufig eine geringe Bildungsfähigkeit unterstellt. Das ist falsch, aber nicht umsonst haben in der deutschen Sprache einerseits die Worte taub, thumb, dumm, (eng.) deaf, (schwed.) döv, andererseits aber auch „stumm“ und „dumm“ denselben Wortstamm. Im niederdeutschen Sprachraum ist „de Doove“ die plattdeutsche Form von „der Taube“. Schade, dass Konrad Duden aus dem Wort „doov“ das Wort „doof“ gemacht hat.

Insbesondere bei Diktaten muss deshalb deutlich langsamer und mit den erforderlichen Pausen gesprochen werden. Die Lehrerin sollte dabei die hörgeschädigte Schülerin im Blick behalten.

Für die optimale sprachliche Kommunikation im Unterrichtsgespräch sind nicht nur die Hör- und Blickbeziehungen zwischen der Lehrerin und der hörgeschädigten Schülerin wichtig, sondern in gleicher Weise auch die Hör- und Sichtbeziehungen zu den Mitschülerinnen. Hieraus resultiert ein Vorschlag von Löwe [18] für die Anordnung der Sitzplätze, wie er in Abbildung 7, oben links dargestellt ist. Wenn man – ausgehend von einer U-förmigen Anordnung der Tische um das Lehrerpult herum – auf der Fensterseite jeden Tisch um 30...40° dreht, so kann die in Pultnähe sitzende Schülerin beim Blick nach hinten auch die Münder der auf dieser Seite sitzenden Schülerinnen erkennen. Dies wäre bei einem rechteckigen U nach Abbildung 7 unten links nicht der Fall. Hilfreich ist für diese Schülerin ein Drehstuhl.

Ganz sicher werden diese Standardvorschläge für die Möblierung nicht jeder Hörgeschädigten gerecht. Schülerinnen mit einer einseitigen Ertaubung sind in einer allgemeinen Schule möglicherweise der Lehrerin gar nicht bekannt und tragen auch kein Hörgerät, weil sie mit dem anderen Ohr kompensieren. Sie haben wegen des nur monofonen Hörens mit einer verschlechterten Ortung und Sprachdiskrimination bei Störschall häufig bevorzugte Hörrichtungen und damit auch Hörplätze, die von den optimalen Sichtplätzen abweichen können. Dies gilt natürlich nur, wenn die Lehrerin einen relativ festen Standort oder Sitzplatz einnimmt. Durch Herumgehen werden die Sichtbeziehungen ständig verändert und das Absehen vom Mund wird schwierig.

Die sich meldenden Schülerinnen sollten namentlich aufgerufen werden und nicht nur durch zeigen. Dann weiß die hörgeschädigte Schülerin, bei wem

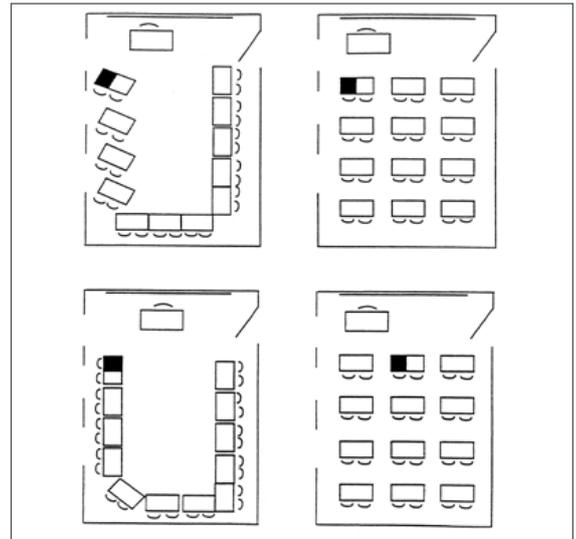


Abb. 7: Bestuhlungsvarianten für Klassenräume nach Löwe [18]:

oben links: im allgemeinen günstigster Sitzplatz

oben rechts: ggf. möglich, wenn die Lehrerin die konventionelle Sitzordnung bevorzugt oder beibehalten muss,

unten links: ungünstig, da die hörgeschädigte Schülerin bei ihren in der Fensterreihe sitzenden Mitschülerinnen nicht absehen kann,

unten rechts: schlechteste Lösung, da die hörgeschädigte Schülerin nur bei der Lehrerin aber nicht bei den Mitschülerinnen absehen kann. Teilweise schränkt Gegenlicht das Erkennen ein. Je nach Sitzplatz der sprechenden Mitschülerin ist ein Umdrehen nach links oder rechts nötig.

sie bei der Antwort vom Mund absehen kann. Früher war es üblich, dass Schülerinnen bei den Antworten aufstanden. Damit war eine wesentlich bessere Absehmöglichkeit (auch über die Köpfe der Klassenkameradinnen hinweg) gegeben.

Vielfach hat es sich bewährt, bei den Mitschülerinnen wiederholt an deren Fürsorgepflicht gegenüber der hörgeschädigten Schülerin zu appellieren. Auf die sozialen Aspekte eines derartigen Appells kann hier nicht eingegangen werden. Die Mitschülerinnen artikulierten aber nach den Beobachtungen der

Zitat

„Erziehung an sich ist weder gut noch schlecht. Deshalb ist es wichtig, dass die Lehrer mutig, aufrichtig und gerecht sind. Ob es nun die Eltern zu Hause oder die Lehrer an den Schulen oder Universitäten sind - Erzieher dürfen sich nicht damit begnügen, nur Informationen zu vermitteln. Der Erwerb von Wissen muss mit dem Entwickeln von Mitgefühl verbunden sein.“

(Dalai Lama)

Lehrerinnen deutlicher und wandten sich der hörgeschädigten Schülerin zu.

In Schulen für Hörgeschädigte ist die Anzahl der Schülerinnen je Klasse deutlich geringer. Dann ist es möglich, dass alle etwa im Halbkreis um das Lehrerinnenpult herum sitzen. Auf diese Weise können sie sich gegenseitig genauso gut sehen wie die Lehrerin. Diese Situation fördert das Unterrichtsgespräch sehr, weil alle von den Lippen absehen können. Wenn auch die Lehrerin an ihrem Pult sitzt, ist der Blick- und damit der Hörkontakt ebenfalls besser als in einer Standard-Schulklasse, bei der die Lehrerin (wegen des Sichtkontaktes zu den hinteren Plätzen) stehen muss und damit leicht über die vorne sitzende hörgeschädigte Schülerin hinwegspricht.

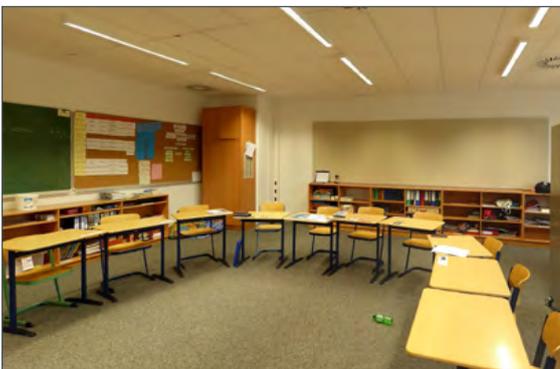


Abb. 8: U-förmige Anordnung von Sitzplätzen bei kleiner Schülerinnen-Anzahl

Technik erleichtert den Unterrichtsablauf

Wenn eine hörgeschädigte Schülerin mit einer Funkübertragungsanlage ausgestattet ist, wird der räumliche Abstand zur Lehrerin technisch ausgeglichen. Dann kann die Schülerin bei einer U-förmigen Tischanordnung durchaus auch der Tafel gegenüber sitzen und hat damit fast alle Mitschülerinnen und auch die Lehrerin im Blick. Die Gefahr, deren Mundbild nur undeutlich von der Seite zu sehen, wird auf diese Weise auch geringer. Darüber hinaus ist bei der „echten“ U-Anordnung das Mikrofon auch einfacher und störgeräuschfreier herumzugeben. Leider ist das in allgemeinen Schulen wegen der deutlich höheren Klassenfrequenz nur selten möglich.

Welche Auswirkung hat die Nachhallzeit auf den Schallpegel im Raum?

Für einen Klassenraum von etwa $V = 200 \text{ m}^3$ mit einer immer noch recht häufig vorkommenden Nachhallzeit von etwa $T_m = 1,0 \text{ s}$ lässt sich errechnen, dass der vom Sprecher ausgehende Direktschallpegel am hintersten Platz in 6 m Abstand von der Lehrerin etwa 6 dB niedriger liegt als in einem Meter

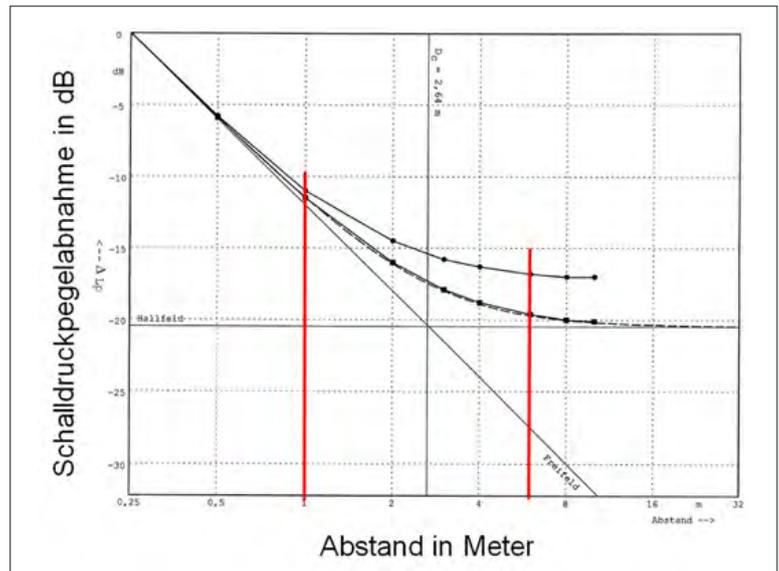


Abb. 9: rechnerisch ermittelte Schallausbreitungskurven für zwei Klassenräume, Abstand logarithmisch aufgetragen

obere Kurve: $T_m = 1,00 \text{ s}$, Pegelabfall bis 6 m um 6 dB gegenüber 1 m Abstand
untere Kurve: $T_m = 0,45 \text{ s}$, Pegelabfall bis 6 m um 9 dB gegenüber 1 m Abstand
 Freifeldgerade: Pegelabfall bis 6 m um 16 dB gegenüber 1 m Abstand

Abstand vom Mund (Abnahme von -11 dB auf -17 dB in Abbildung 9, obere Kurve). Bei entspannter Sprechweise beträgt der 1-m-Pegel etwa 65 dB(A), so dass hinten noch etwa 59 dB(A) ankommt. Das Signal/Rausch-Verhältnis am Hörerplatz soll für Hörgeschädigte $S/N \geq 15 \text{ dB}$ sein. Der dort vorherrschende Störschallpegel darf damit nicht mehr als 44 dB(A) betragen. Sind die Schülerinnen lauter, so muss die Lehrerin den Sprechaufwand erhöhen, was über längere Zeit die Stimme sehr beansprucht und schädigen kann. Stimm- und Hörprobleme stellen bei Pädagoginnen die häufigsten Berufskrankheiten dar.

Verringert man durch raumakustische Maßnahmen die Nachhallzeit auf den Norm-Wert von etwa $T_m = 0,45 \text{ s}$, so liegt der Schallpegel am 6 m entfernten Platz etwa 9 dB niedriger als in einem Meter Abstand vom Mund (von -11 dB auf -20 dB in Abbildung 9 untere Kurve), er ist also mit $S = 65 \text{ dB(A)} - 9 \text{ dB} = 56 \text{ dB(A)}$ nochmals um 3 dB leiser. Wo liegt also der Gewinn?

Durch die Verkürzung der Nachhallzeit geht der die Verständlichkeit erschwerende Diffusschall-Anteil des Sprachsignals (also ein Teil des Störsignals) zurück. Das ist einer der beiden wichtigen Effekte. Diese nachhallzeitbedingte Pegelabnahme entspricht der Differenz zwischen den beiden Kurven.

Der zweite (häufig noch „durchschlagendere“) Effekt ist, dass die Schülerinnen weniger Störgeräusche erzeugen. Messungen haben gezeigt, dass nicht nur bei gleichem Stimmaufwand der Störgeräusche (durch die kürzere Nachhallzeit) der von ihnen er-

zeugte Schallpegel abnimmt, sondern dass darüber hinaus wegen des geringeren Störschallpegels auch ihr Stimmaufwand zurückgeht (Lombard-Effekt). Deshalb ist die insgesamt eintretende Pegelminderung häufig mehr als doppelt so groß wie rechnerisch zu erwarten. Wenn aber durch eine Nachhallzeitverkürzung von 1,0 s auf 0,45 s eine Störgeräuschpegelminderung um (z. B.) 7 dB eintritt, dann erreicht man bei gleichem Stimmaufwand der Lehrerin eine größere Sicherheit gegen Störgeräusch-Verdeckung des Nutzsignals. Sehr eindrücklich wurde dies in der Essex-Studie [5] gemäß Abbildung 6 belegt. Durch diesen Effekt verringert sich die Stimmbelastung der Pädagoginnen (je nach Ausgangssituation bisweilen erheblich). Wie sehr sich raumakustische Maßnahmen in diesem Sinne bewähren, haben Oberdörster und Tiesler [19] schon 2006 nachgewiesen.

Wenn in einem Klassenraum für ein Kind mit Hörschädigung die raumakustische Ausstattung nachgerüstet wurde, möchten die Schulträger bisweilen auch einen „Beweis“ für die erreichte Verbesserung vorgelegt bekommen. Dann ist es durch Vorher-Nachher-Messungen im selben Klassenraum oder durch vergleichsweise Messungen in einem benachbarten möglich, außer der Nachhallzeit auch die Pegelabnahme im Raum und den Sprachübertragungsindex STI zu erfassen. Weil bei diesen Messungen

Abb. 10: Klassenräume ohne (oben) und mit Nachrüstung (unten)



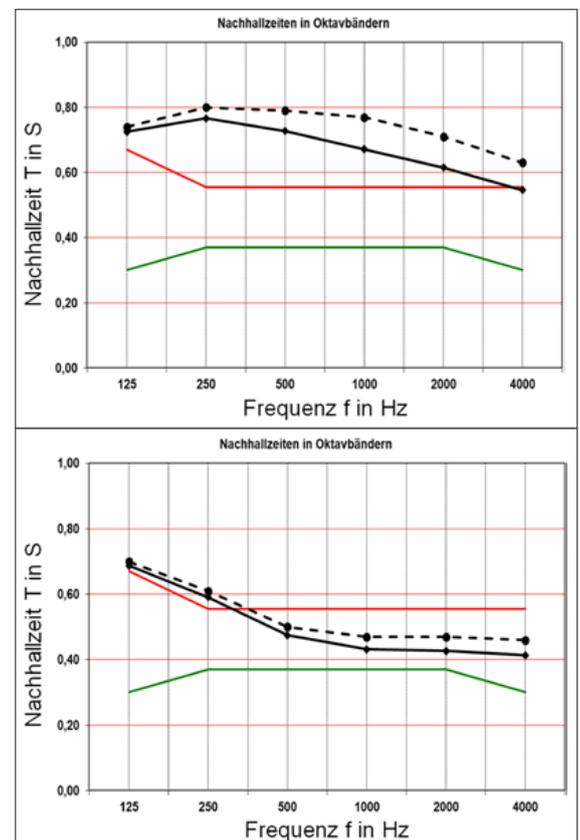
die Klassenräume unbesetzt sind, zeigt die vergleichende Schallpegelmessung die Wirkung der verringerten Nachhallzeit-Schleppes und die nach hinten hin immer größere Zunahme des STI gegenüber dem halligeren Klassenraum.

Fotos aus zwei benachbarten Klassenräumen zeigt Abbildung 10. Deutlich ist zu erkennen, dass durch die nachgerüsteten weißen Deckenplatten als positiver Nebeneffekt der Klassenraum heller wirkt. Das hat wiederum Auswirkungen auf die Erkennbarkeit von Tafel-Anschrieben und auch beim Absehen des Mundbildes bei der Lehrerin oder den Mitschülerinnen.

Für die Erfassung der Schallpegelverteilung und des Sprachübertragungsindex wird ein Messlautsprecher, dessen Richtwirkung etwa der des menschlichen Mundes entspricht, in ca. 1,5 m Höhe aufgestellt. Dies entspricht in etwa der Mundhöhe der Sprecherin. Diese Apparatur ist so kalibriert, dass das Messsignal, ein moduliertes Rauschen, in 1,0 m Abstand im Freifeld einen Schalldruckpegel von L_p

Abb. 11: Nachhallzeiten der beiden Klassenräume ohne (oben) und mit Nachrüstung (unten) nach Abbildung 10 mit Toleranzbereich nach DIN 18041 für Raumgruppe A4

gestrichelt - gemessen unbesetzt
durchgezogen - berechnet für 80% Besetzung
rot - obere Toleranzbereichsgrenze
grün - untere Toleranzbereichsgrenze



= 63 dB(A) erzeugt. An den jeweiligen Empfangspunkten auf gerader Linie mit jeweils 1 m Abstand wird das Messmikrofon auf einem Stativ fest aufgestellt, um Mess- Ungenauigkeiten durch leichte Bewegungen zu vermeiden. Bei jeder Messung werden gleichzeitig der STI (Verringerung der Signalmodulation auf dem Übertragungsweg von der Quelle zum Hörer) und der in dieser Messzeit einwirkende mittlere Sprachschallpegel erfasst.

In diesem Fall hat sich bei einer (leider nur teilflächigen) Belegung der Decke mit Schaumstoffplatten die mittlere Nachhallzeit im unbesetzten Zustand von $T_m = 0,75$ s verringert auf $T_m = 0,50$ s, also um ein Drittel. Die direkt angeklebten nur 40 mm dünnen Schaumstoffplatten haben zudem bei den tiefen Frequenzen nur wenig Wirkung.

Durch die kürzere Nachhallzeit verringert sich der Diffusfeld-Schallpegel gemäß Abbildung 12 um etwa 2 dB. In diesem Diagramm liegt die rote Kurve für den Ausgangs-Zustand oben. Im Unterschied zu den Abbildungen 5 und 9 mit (wegen der Hallfeld-Geraden) logarithmischem Abstand ist hier der Abstand linear aufgetragen. Deutlich ist zu erkennen, dass bei natürlicher Schallausbreitung (also ohne Unterstützung durch Lautsprecher) der Pegel von vorne nach hinten nur wenig abfällt.

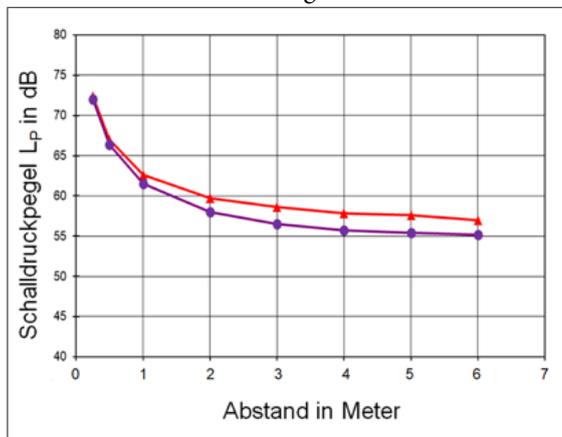


Abb. 12: Messung der Schallpegelabnahmen in den Klassenräumen, Abstände linear aufgetragen

obere Kurve: Klassenraum im Ausgangszustand

untere Kurve: Klassenraum im nachgerüsteten Zustand, Pegeldifferenz ca. 2 dB

Die Messungen des Sprachübertragungsindex STI finden im unbesetzten Raum – und damit auch ohne Störgeräusche von dritter Seite – statt. Sie kennzeichnen also nur die Qualität des Klassenraumes aber nicht die Situation im Unterricht. Der STI für beide Klassenräume ist in Abbildung 13 dargestellt. Jetzt liegt die rote Kurve für den Ursprungs-Zustand unten. Deutlich ist zu erkennen, wie sehr sich der STI – insbesondere bei den weiter entfernten Plät-

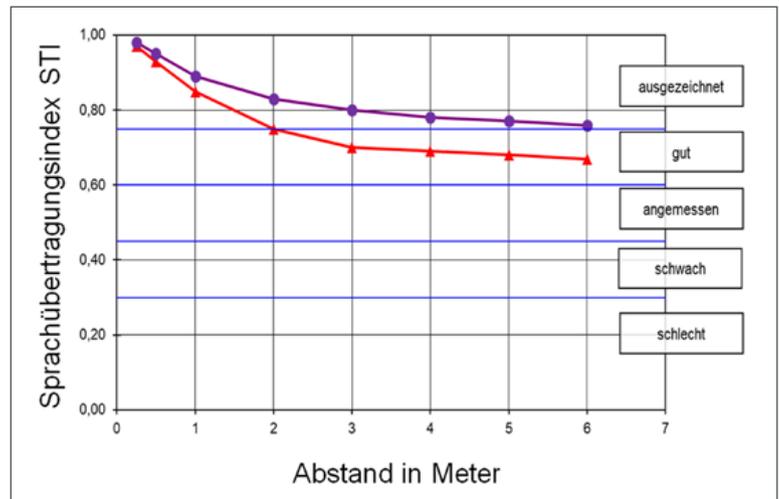


Abb. 13: Messung des Sprachübertragungsindex STI in den Klassenräumen, Abstände linear aufgetragen

untere Kurve: Klassenraum im Ausgangszustand

obere Kurve: Klassenraum im nachgerüsteten Zustand, bis zu den hinteren Sitzplätzen bleibt STI > 0,75

zen – gegenüber dem Ausgangszustand verbessert. Er fällt (ohne die von den Schülerinnen erzeugten Störgeräusche) nicht unter 0,75, entsprechend einer Einstufung als „ausgezeichnet“. Müller [20] hat bereits 2002 einen Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der PISA-Studie und den mittleren raumakustischen Situationen in den verschiedenen Ländern nachgewiesen.

Welche Anforderungen bestehen für die Auswahl der Absorber?

Der Schallabsorptionsgrad der einzubauenden Materialien ist natürlich ein ganz wesentliches Kriterium, aber bei weitem nicht das einzige. Bei den unterschiedlichsten Beratungsaufgaben der vergangenen Jahre wurden von verschiedenen Seiten folgende Anforderungen immer wieder benannt (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- hochgradige und breitbandige Schallabsorption
- gute Lichtreflexion
- optisch ansprechend
- hohe mechanische Stabilität
- Brandschutz-Klassifizierung mindestens B1
- Allergie, Hygiene und Reinigung
- Umweltverträglichkeit
- geringe Konstruktionshöhe (Decke ca. 150...200 mm, Wand ca. 40...100 mm)
- gängige Rastermaße mit wenig Verschnitt aber optimaler Ausnutzung der Flächen
- schnelle Verfügbarkeit
- handwerksübliche Konstruktionen
- schneller Einbau (gegebenenfalls auch in Eigenhilfe)
- günstiger Preis

Wie kann man bestehende Räume ergänzen?

Für Räume, die für eine Integrative Beschulung hörgeschädigter Schülerinnen umgebaut und angepasst werden sollen, muss zunächst erfasst werden, welche Maßnahmen über den Bestand hinaus noch zusätzlich erforderlich sind.

Wo liegt der Klassenraum im Gebäude?

Zur Störgeräuschvermeidung ist es hilfreich, wenn ein Klassenraum für Hörgeschädigte sich nicht an der Außenlärm-Seite des Gebäudes befindet. Wegen der besonderen Empfindlichkeit gegen Störgeräusche könnte man dann nicht einmal zeitweise die Fenster öffnen, auch wenn dies wegen der aktuellen Witterungsbedingungen wünschenswert wäre.

Wie ist es mit der Himmelsrichtung?

Wenn aufgrund der Klassenraumform damit zu rechnen ist, dass sich die Lehrerin oder Mitschülerinnen im Gegenlicht befinden können, so ist für das Absehen vom Mund ein (günstigerweise außenliegender) Blendschutz notwendig. Die Lage auf der Außenseite führt zu einer geringeren Raumerwärmung bei Sonneneinstrahlung und der Sonnenschutz ist auch dem Zugriff durch die Schüler entzogen. Alternativ sind auch Vorhänge denkbar (sogar mit geringen akustischen Vorteilen). Sie lassen aber die Sonnenwärme zunächst ungehindert in den Klassenraum. Weiterhin ist die Gefahr der Beschädigung größer.

Liegt ein Standard-Klassenraum vor?

Wenn das Volumen des aktuell zu betrachtenden Klassenraumes etwa mit dem Standardvolumen übereinstimmt, können alle Flächenangaben direkt übernommen werden. In anderen Fällen sind sie proportional umzurechnen.

Ist ein Teppich vorhanden?

Wenn im Klassenraum ein Teppichboden verlegt ist, ist damit eine Maßnahme erfolgt, die sich gleichermaßen auf die Störgeräuschvermeidung (Füßscharren, Sohlenquietschen, Stühlerücken, Schnallenklappern, umfallende Ranzen und dergleichen) und auf die Schallabsorption einer der beiden größten Flächen des Raumes bezieht. Bei Räumen, die noch nicht mit Teppichboden ausgestattet sind, ist dessen Einbau oft als erste Maßnahme anzustreben. Filzgleiter unter Tisch- und Stuhlbeinen helfen zunächst vor dem größten Lärm.

Ist eine schallabsorbierende Unterdecke vorhanden?

Als nächstes ist zu prüfen, ob der Raum bereits eine schallabsorbierende Unterdecke aufweist oder nicht. Wenn diese erstmalig eingebaut werden muss, gelten

die für den Neubau beschriebenen Hinweise. Bei vorhandener Unterdecke ist zu prüfen ob und wie weit sie den obigen Anforderungen entspricht. Hart vorgepresste Deckenplatten aus Mineralfaser (oder auch alte Holz-Weichfaserplatten mit Anstrich) haben häufig einen sehr hohen längenbezogenen Strömungswiderstand. Sie reflektieren deshalb einen größeren Anteil der auftreffenden Schallenergie, so dass der Absorptionsgrad geringer ist als bei weich gepressten Mineralfaserplatten oder Schaumstoffplatten. Direkt an der Rohdecke montierte (häufig schon sehr alte) Platten haben deutlich geringere Wirkung als moderne abgehängte Decken. Auch perforierte Abdeckungen vor Schallabsorptionsmaterial (z. B. Gipskartonlochplatten) reflektieren in den Stegbereichen einen Teil der hochfrequenten Schallenergien, deren Abbau zur Störgeräuschvermeidung für Hörgeschädigte besonders wichtig ist. Somit wird mit derartigen Platten (auch abhängig vom Lochflächenanteil) vielfach nicht die optimale Situation erzielt.

Ist die schallabsorbierende Unterdecke noch wirksam?

Schließlich gibt es auch eine Situation, mit der die Wirkung „eigentlich guter“ schallabsorbierender Deckenplatten zunichte gemacht worden sein kann. Dies ist dann der Fall, wenn bei Klassenraumrenovierungen (häufig durch die Elternschaft) auch die Schallabsorptionsplatten an der Decke mit angestrichen werden. Da die Platten sehr saugfähig sind, müssen mehrere Anstriche aufgetragen werden, bis die Platten wieder fleckenlos sind. Dann heißt es oft „Der Raum hört sich ganz anders an“. Durch diesen mehrfachen Farbauftrag werden die Poren verschlossen, der Schall wird an der Oberfläche reflektiert und nicht innerhalb des Plattengefüges absorbiert. Dadurch wird der Schallabsorptionsgrad der Deckenplatten ganz erheblich verschlechtert. In diesem Fall ist eine Sanierung der Deckenplatten nur durch Austausch möglich, gegebenenfalls unter Beibehaltung der Tragschienenkonstruktion. Generell sollte man dann bei einer Deckenerneuerung Platten mit einem breitbandig möglichst hohen Schallabsorptionsgrad einbauen.

Wo muss die schallabsorbierende Unterdecke angebracht werden?

Oben wurde bereits erwähnt, dass hochgradig schallabsorbierende Deckenplatten bei Standard-Klassenräumen mit 200 m³ für den hörgerechten Unterricht mindestens etwa 80 % der Grundfläche umfassen sollten. Die verbleibenden 20 % schallharter (oder tieffrequent absorbierender) Fläche sind entsprechend Abbildung 14 vorzugsweise in Tafel-

nähe zu belassen.

Die Schallabsorptionsplatten fast aller Hersteller haben Standardformate im Raster von 62,5 cm. Wenn die Raumbreite nicht dazu passt, so kann man bei einem z. B. 7,80 m breiten Raum zwölf vollformatige Platten (= 7,50 m) verwenden aber die restlichen 30 cm unbelegt lassen und auf beidseitig 15 cm ausmitteln. Auch an der Rückwand wird man dann einen entsprechenden Abstand wählen und auf diese Weise ein „eingehängtes Deckensegel“ schaffen. Damit vermeidet man einerseits Passelemente mit Platten- und Schienenzuschnitten, ist andererseits von der Höhe der Stürze über den Fenstern unabhängig und kann schließlich auch die Vorhangschieben davor unverändert lassen. Man „verschenkt“ damit aber die besonders wirksamen Randbereiche, die man auch gut als sogenannte „Tiefenabsorber“ nutzen kann (Auflage von 100 mm Mineralwolle im Deckenhohlraum entlang der Flurwand und der hinteren Querwand). Bei Hausmeistern und beim Reinigungspersonal ist der offene Rand wegen möglicher Schmutzablagerungen und wegen des Hinaufwerfens von Gegenständen nicht beliebt. Wenn aus diesem Grunde rundum vertikale Abschottungen hergestellt werden müssten, ist es im Allgemeinen kostengünstiger, die Decke an den Rändern bis an die Wände heranzuführen und Plattenzuschnitte in Kauf zu nehmen.

Abb. 14: Beispiel für die Anordnung eines schallabsorbierenden „Deckensegels“ aus Mineralfaserplatten im Standardformat 62,5 cm und eines Rückwandpaneels in einem typischen Klassenraum

oben: Deckenspiegel, umlaufend offener Randfries, links Tafel, oben Flurseite, rechts Rückwand, unten Fensterseite
unten: Längsschnitt mit Blick zur Flurwand, links Tafel, rechts Rückwand

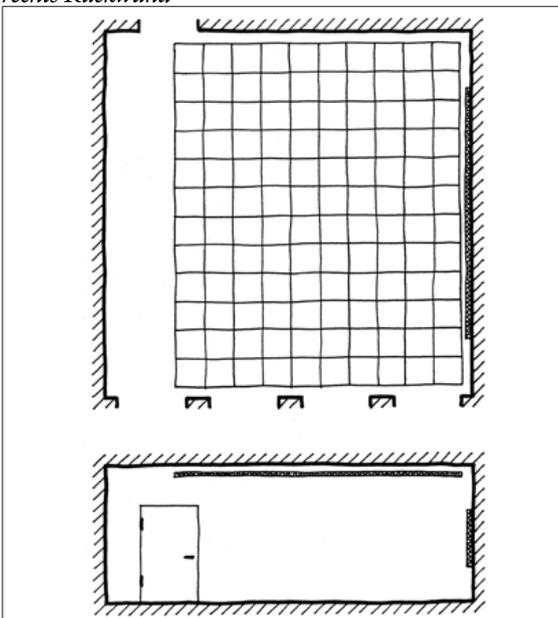


Abb. 15: Beispiel für eine Klassenraum-Rückwand mit diffus streuenden Regalen

Kann man Rückwandpaneele anbringen?

Eine zusätzliche Absorptionsfläche an der Raumrückwand macht aus einem mit den oben beschriebenen Maßnahmen schon guten Klassenraum einen, der von der Lehrerschaft üblicherweise als „sehr gut“ eingestuft wird [15]. Vorab ist aber zu prüfen, ob diese Fläche überhaupt für eine Verkleidung verfügbar ist. Sofern vor dieser Wand geschlossene Schränke stehen, ist „dahinter“ eine absorbierende Verkleidung nicht sinnvoll. Bisweilen werden aber – insbesondere in der Primarstufe – auch offene Regale mit Unterrichtsmaterial oder Bastelarbeiten aufgestellt. Dort ergibt sich aufgrund der diffusen Schallstreuung bereits eine deutlich günstigere raumakustische Situation, als bei geschlossenen Wand- oder Schrankflächen, siehe Abbildung 15. In diesen Fällen sollte man absorbierende Rückwandflächen in einem zweiten Ausbauschritt vorsehen.

In Fach-Klassenräumen für naturwissenschaftlichen (NaWi) Unterricht stehen häufig an der Rückwand Sammlungsschränke. Auch wenn damit die optimale Anbringungsfläche für schallabsorbierende Wandpaneele verdeckt ist (Abbildung 16), sollte

Abb. 16: Bsp. für eine NaWi-Raum-Rückwand mit Sammlungs-Schränken vor der Nachrüstung, oben und seitlich Platz für schallabsorbierende Wandpaneele



man dennoch keinesfalls darauf verzichten, an den senkrechten Flächen darüber und ggf. auch daneben Absorber anzubringen.

Zusammenfassung

Abschließend sind die für den Neubau oder die Ergänzung von Klassenräumen zur Inklusiven Beschulung hörgeschädigter Schülerinnen erforderlichen Maßnahmen noch einmal stichwortartig zusammengestellt, vergleiche auch [16]:

- Störgeräuschpegel von außen oder aus benachbarten Räumen sollen so niedrig wie möglich gehalten werden,
- ein Teppichboden im Klassenraum verringert den Störgeräuschpegel, dadurch ergeben sich auch erste positive Auswirkungen auf die Nachhallzeit,
- Nachhallzeit für die inklusive Beschulung hörgeschädigter Schülerinnen sollte nicht „optimal nach DIN“, sondern so kurz wie möglich sein,
- dafür eine hochgradig schallabsorbierende Decke möglichst vollflächig einbauen,
- Schallreflexionen von der Rückwand vermeiden, dazu absorbierende oder (z. B. durch offene Regale) diffus reflektierende Wandfläche gegenüber der Tafel anbringen,
- das Zwei-Sinne-Prinzip unterstützen (das Auge hört mit); deshalb geeigneten Sitzplatz für die hörgeschädigte Schülerin wählen, sowohl zum Hören als auch für das Sehen zur Tafel, zur Lehrerin und zu den Mitschülerinnen,
- die Tafel und die Gesichter gut beleuchten, aber Blendungen vermeiden,
- auch in abgedunkelten Räumen (z.B. bei Präsentationen) muss der Sprecherinnen-Mund erkennbar sein.
- Hörassistenzsysteme benutzen.

Abschließend ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass die beschriebenen raumakustischen Verbesserungen sich nicht nur für die hörgeschädigte Schülerin, sondern auch für alle guthörenden Mitschülerinnen positiv auswirken und für die Lehrerinnen einen erheblichen Beitrag zur Arbeitsplatz-Ergonomie liefern. Auch für sie verbessert sich die Sprachverständlichkeit, wobei man insbesondere bedenken muss, dass hörgeschädigte Schülerinnen häufig anders oder nicht so gut artikulieren wie guthörende Mitschülerinnen. Darüber hinaus muss nach den derzeit vorliegenden Kenntnissen davon ausgegangen werden, dass auch ein erheblicher Anteil der Lehrerinnen (zum großen Teil leider ohne es zu wissen) schwerhörend ist.

Wenn die Klassenräume an einer Schule für Aufnahme von Kindern mit Behinderung erst noch nachgerüstet werden müssen, dann darf man eigentlich

nicht von Inklusion sprechen, sondern nur von Integration. Johannes Eitner, langjähriger Leiter der Hamburger Elbschule hat es so formuliert: *Inklusion beginnt dann, wenn wir aufhören „sortiert“ zu denken.*

Ein Appell zum Schluss

Eine Hörbehinderung ist eine unsichtbare Behinderung und wird daher immer wieder vergessen. Hörbehinderte fragen auch nicht immer nach, wenn sie etwas nicht verstehen. Häufig wissen sie gar nicht, dass sie etwas überhört haben. Daher müssen die Lehrerin und die Mitschülerinnen sich der Probleme sehr bewusst sein. Wenn die Schülerin mit Hörschädigung über Hörassistenzsysteme zusätzlich zu den Hörgeräten/CIs verfügt, z. B. eine Funkübertragungsanlage, sollte die Lehrerin sie auch unbedingt einsetzen. Persönliche Befindlichkeiten, sollten hinter dem angestrebten Unterrichts- und Lernerfolg zurückstehen. Je entspannter die Schülerin dem Unterricht folgen kann und je besser der „Hörstress“ vermieden wird, desto besser wird die Schülerin das Dargebotene verarbeiten und desto größer werden auch ihre Freude und der Erfolg am Lernen sein. Das gilt (natürlich) auch für alle Mitschülerinnen.

Bei Inklusion im Bildungsbereich geht es nicht mehr um das OB und auch nicht um das WARUM, sondern nur noch um das WIE (und natürlich um das WANN ENDLICH). Für das WIE gibt der vorliegende Beitrag eine Anleitung, mit gezielten Maßnahmen ohne großes Probieren und mit vernünftigem Einsatz der begrenzten Geldmittel eine raumakustisch gute Lösung schnell zu erreichen. In manchen Fällen sind sicher auch spezielle Lösungen notwendig, aber eine Vielzahl der Räume in Bildungsstätten (und in gleicher Weise natürlich auch in Kinder-Tages-Einrichtungen) wird mit den hier beschriebenen Maßnahmen gut abgedeckt.

Keinesfalls soll hier der Eindruck erweckt werden, als ob Inklusion ausschließlich in allgemeinen Schulen erfolgen kann. Die Entscheidung, ob ein Kind die Regelschule oder ein Förderzentrum besuchen soll, treffen Eltern und Pädagogen gemeinsam. Auch haben erste Projekte zur „Inklusion anders herum“ (mit guthörenden Kindern an Förderzentren) begonnen und zeigen hervorragende Erfolge. Hier sind lediglich die (in allen Fällen erforderlichen) akustischen und technischen Notwendigkeiten und deren Lösungen beschrieben.

„In der Klassenraumakustik gibt es kein wissenschaftliches Erkenntnisproblem mehr, sondern nur (und noch immer) ein Umsetzungsproblem.“

Christian Nocke, Vorsitzender des Normenausschusses DIN 18041

Literatur

- [1] Sohn, Wolfgang: Schwerhörigkeit in Deutschland, Repräsentative Hörscreening-Studie 1999, DSB-Report 3/2000, Seiten 10 bis 14
- [2] Plath, Peter: Lexikon der Hörschäden, Edition Harmsen, Heidelberg 1993
- [3] DIN 18040-1:2010-10 „Barrierefreies Bauen, öffentlich zugängliche Räume“
- [4] Zwicker, E. und Feldtkeller, R.: Das Ohr als Nachrichtenempfänger, 2. Auflage, S. Hirzel, Stuttgart, 1967
- [5] DIN 4109-1:2018-01 „Schallschutz im Hochbau, Anforderungen“
- [6] D. Canning, A. James; Essex Study Final Report – „Optimised classroom acoustics for all“, London South Bank University, 2012, published by: The Association of Noise Consultants, The Old Pump House, 1A Stonecross, St Albans AL1 4AA, (dort Figure 11 – sound levels as a function of RT).
- [7] Nocke, C. (Hrsg.); Kirchner, T.; Moll, A.; Neubauer, R.; Ruhe C.: Kommentar zu DIN 18041, Beuth-Verlag, Berlin, 2018
- [8] Walger M, Tibussek D, Meister H, von Wedel H: Über den Einfluss peripherer Hörstörungen auf die Reifung der FAEP bei Kindern, Posterpräsentation, Jahrestagung Deutsche HNO-Gesellschaft, Aachen, 1999
- [9] DIN 18041:2016-03 „Hörsamkeit in Räumen“
- [10] Meis, Uygun, Janott, Hemmer-Schanze, Kahler, Hilge, Schick: Zur Wirkung von aktiven und passiven raumakustischen Maßnahmen auf die Geräuschwahrnehmung und Lebensqualität von Schülern: Ergebnisse aus einer prospektiven Längsschnittstudie, Aachen, DAGA 2003
- [11] UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen, Convention on the Rights of Persons with Disabilities (CRPD), vom 13.12.2006. Resolution 61/106 der Generalversammlung der UNO. In Kraft getreten am 03.05.2008, ratifiziert am 26.03.2009, hier Artikel 24 (Bildung)
- [12] 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 und entsprechende Landesgesetze
- [13] Behr, Thomas: Raumakustische Maßnahmen bei der Sanierung von Altbauten der Baualtersgruppe 1860 - 1920, IEMB 2001
- [14] Mecklenburg-Vorpommern, Sozialministerium: Leitfaden Raumakustik in Unterrichtsräumen - ein aktuelles Thema der Schulhygiene - (Auswirkungen auf die Sprachverständlichkeit und Stimmbelastung), Verf.: H. Schottke, März 2001
- [15] Ruhe, Carsten: Schallabsorbierende Wandpaneele? Ein MUSS in der Klassenraum-Akustik! DAGA-Proceedings (2019-04, S 1325 – 1328)
- [16] Ruhe, Carsten; Kiupel, Kathrin: refeRATgeber 6 „Hörgeschädigte Kinder in allgemeinen Schulen“ (4. Aufl. 2018) DSB Deutscher Schwerhörigenbund e. V., Fachreferat Barrierefreiheit
- [17] ASR A3.7 Technische Regeln für Arbeitsstätten – Lärm, Mai 2018
- [18] Löwe, Armin: Pädagogische Hilfen für hörgeschädigte Kinder in Regelschulen, Universitätsverlag C. Winter, Heidelberg 1996,
- [19] Markus Oberdörster, Gerhart Tiesler: Akustische Ergonomie der Schule, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 1071 (2006)
- [20] Müller, René Jacques: Pisa-Studie und Schul-Akustik, HörPäd 4/2002, Seiten 149 bis 153 ■



Carsten Ruhe
*hörgerecht planen
und bauen,
Prisdorf*

Das Ganze sehen.



Ihre unabhängigen Experten für das ganze Spektrum
der Schall- und Schwingungstechnik

Messung · Planung · Berechnung · Beratung · Gutachtenerstellung · Troubleshooting

Maschinendynamik:

- Anlagenschwingungen
- Dauerüberwachung
- Schwingungsisolierungen

Erschütterungen:

- Bauwerksdynamik
- Rammarbeiten
- Dauerüberwachung

Strömungstechnik:

- Pulsationen
- Mengemessfehler
- Strömungssimulation

Immissionsschutz:

- Lärminderungsplanung
- Verkehrslärm
- Gewerbe-/Freizeitlärm

Pulsationsstudien:

- Rohrleitungsschwingungen
- Kolben- und Turbokompressoren
- Kolbenpumpen

Windenergie:

- Prognosen (Schall & Schattenwurf)
- Schalltechnische Messungen
- Konstruktionsakustik

Technische Akustik:

- Forschung & Entwicklung
- Technischer Schallschutz
- Konstruktionsakustik

Bauphysik:

- Bauakustik
- Raumakustik
- Bauteilprüfung