

Hörgeschädigte Kinder in Regelschulen: Klassenraumakustik und -gestaltung

Carsten Ruhe

Wenn ein hörgeschädigtes Kind den Regelunterricht besuchen soll, so sind häufig die baulichen und technischen Unterrichtsbedingungen im Klassenraum darauf anzupassen. Nur selten ist die wohnortnahe Schule bereits optimal baulich ausgestattet. Oft ist der Unterricht an einer Förderschule wegen der großen Entfernungen und Fahrzeiten keine Alternative.

Nicht nur Schüler/innen können schwerhörig sein, auch ein erheblicher Anteil der Lehrerinnen (zum großen Teil leider, ohne es zu wissen) ist schwerhörig. Viel zu selten wird bedacht, dass bei der Altersstruktur der heutigen Lehrerschaft im Mittel in jeder 4. oder 5. Klasse eine schwerhörende Lehrerin* unterrichtet. Somit sind akustisch gut gestaltete Klassenräume für diese Personen auch ein Beitrag zur Arbeitsplatzergonomie und für ein besseres Verstehen der Schüler/innen-Beiträge.

Ein schwerhörender Mensch kann auch mit Hörhilfen (Hörgerät/CI) niemals so hören wie Guthörende. Dabei ist die größte Schwierigkeit das Verstehen im Störgeräusch. Bei der Klassenraumgestaltung sind deshalb zunächst die Störgeräusche von außen und im Klassenraum zu minimieren. Auch der Nachhall ist für Schwerhörende ein Störgeräusch; sie benötigen eine möglichst „trockene“ raumakustische Situation. Trotz optimaler Raumakustik sind ggf. weitere Hörhilfsmittel, z. B. in Form von Funkübertragungsanlagen erforderlich. Sie bringen das Sprachsignal direkt zu den Ohren/Hörgeräten/CIs der hörgeschädigten Schüler/in.

Auch die Sitzposition der Schüler/in ist entscheidend, da trotz guter Raumakustik und technischer Unterstützung das Absehen vom Mund der Lehrerin und der Mitschüler/innen zum Sprachverständnis absolut erforderlich sind. Lehrerinnen und Mitschüler/innen müssen im Sprechverhalten geschult werden; deutliche Aussprache und Sprechen in Richtung des schwerhörenden Kindes sind wichtig.

Das „Fachreferat Barrierefrei“ des DSB hat zu diesem Thema den referATgeber 6 (Ruhe und Kiupel 2016) erarbeitet. Im vorliegenden Artikel werden dessen wesentliche Inhalte dargestellt und durch einige weitere Erkenntnisse ergänzt.

Auswirkungen von Störgeräuschen und Nachhall

Ein schwerhörender Mensch kann im Störgeräusch nur sehr schlecht verstehen. Das Nutzsignal der Sprache ($S = \text{Signal}$) muss ausreichend hoch über dem Störsignal ($N = \text{Noise}$) liegen. Der sogenannte Signal-Rausch-Abstand S/N sollte mindestens +15 dB betragen. Guthörende Muttersprachler können ganze Sätze aufgrund großer Redundanzen auch noch bei einem S/N von -5 dB verstehen; Fremdsprachler – und somit auch die Kinder ausländischer Mitbürger – benötigen mindestens ein S/N von +5 dB.

Um diesen Signal-Rausch-Abstand einzuhalten, wird eine „trockene“ Raumakustik mit minimiertem Nachhall benötigt; eine Raumakustik, die fast ausschließlich Direktschallanteile enthält. Die Diffusschallanteile des Nachhalls müssen noch geringer sein, als es für Guthörende günstig wäre. Jeder Diffusschall verschlechtert die Sprachverständ-

lichkeit, weil er bereits wieder als Störgeräusch wirkt. Dies gilt bei Guthörenden erst für Schallsignale, die mehr als 35 ms (Millisekunden) gegenüber dem Direktschall verzögert sind. Bei ihnen wirken sie bis etwa 35 ms lautstärke- und verständlichkeitserhöhend. Eine sehr trockene Akustik ist für Guthörende jedoch kein Nachteil, da sich alle Schüler/innen in gedämpften Räumen erheblich ruhiger verhalten als in hallenden und weil dadurch die Lehrerinnen- bzw. die Schüler/innen-Beiträge besser verstanden werden. Messungen haben gezeigt, dass durch die kürzere Nachhallzeit nicht nur (bei gleichem Stimmaufwand der Störer/innen) der dadurch bewirkte Schallpegel abnimmt, sondern dass wegen des geringeren Störschallpegels auch der Stimmeinsatz der Sprecher/innen zurückgeht. Deshalb ist die insgesamt eintretende Pegelminderung oft mehr als doppelt so groß wie rechnerisch zu erwarten (sog. Lombard-Effekt). Klassenräume mit starker Dämpfung sind insgesamt leiser und heben das Sprachsignal deutlicher aus dem Störgeräusch hervor.

Die „trockene“ Raumakustik ist auch für die Kommunikation in einer Sprache erforderlich, die nicht als Muttersprache gelernt wurde und/oder bei der Kommunikation mit Personen, die Deutsch als Fremdsprache sprechen sowie mit Personen, die auf andere Weise einen Bedarf nach erhöhter Sprachverständlichkeit haben, z. B. Personen mit Sprach- oder Sprachverarbeitungsstörungen, Konzentrations- bzw. Aufmerksamkeitsstörungen, Leistungsbeeinträchtigungen.

Schallpegelmessungen in Klassenräumen haben gezeigt, dass die Vorgabe aus § 15 der Arbeitsstättenverordnung, einen mittleren Schallpegel von 55 dB(A) bei überwiegend geistiger Tätigkeit einzuhalten, in Schulen im allgemeinen Unterrichtsgeschehen nicht erreicht wird, allenfalls bei Stillarbeitsphasen. Dies gilt insbesondere, wenn die Klassenräume nicht den raumakustischen Erfordernissen entsprechen. Somit sind Klassenräume, deren Bedingungen für die hörgeschädigte Schüler/in gut sind, in Bezug auf gut hörende Personen sogar ausgezeichnet. In diesem Sinne ist barrierefreies Bauen auch hier „Bauen für Alle“.

Störgeräusche von außen

Der Störgeräuschpegel im Raum durch Störschall von außen oder aus benachbarten Räumen soll so niedrig wie möglich sein. Für den Schallschutz durch Fenster, Wände und Decken gibt die Schallschutznorm DIN 4109 Anforderungen vor, die in inklusiv gestalteten Klassenräumen keinesfalls unterschritten werden dürfen, sondern günstiger Weise etwa 5 dB übererfüllt sein sollten. Klassenräume mit starker Außenlärmbelastung benötigen nicht nur schalldämmende Fenster, sondern auch störgeräuscharme (und wirksame) Be- und Entlüftungen.

Pegelminderungen durch Schallabsorption

Welche Nachhallzeit (im Verhältnis zum baulichen Aufwand) für Hörgeschädigte optimal ist, ist im wissenschaftlichen Sinne mess-

* Für die leichtere Lesbarkeit wird hier ausschließlich die Form „Lehrerin“ verwendet. Damit wird (auch) dem Umstand Rechnung getragen, dass in vielen Schulen, vorrangig in der Primarstufe, der Anteil von Lehrerinnen deutlich höher ist als der von Lehrern.

technisch noch nicht zu belegen, weil die Hörschädigungen zu unterschiedlich sind. Umso beeindruckender ist aber die Einheitlichkeit der Aussagen aller Betroffenen hinsichtlich der Höreignung von Räumen mit unterschiedlichen Nachhallzeiten. Für die Aufnahme von Sprachinformationen werden immer wieder diejenigen Räume am günstigsten beurteilt, welche (insbesondere im Frequenzbereich ≥ 250 Hz) die kürzesten Nachhallzeiten haben und damit auch die niedrigsten Störgeräuschpegel aufweisen.

Ein besonders beeindruckendes Beispiel für die Auswirkung einer Nachhallzeitverkürzung auf den Nutzsignalpegel und auf den Schallpegel der Störgeräusche zeigt die Abbildung 1 (Canning und James 2012). In der „Essex-Studie“ wurden vier baugleiche Klassenräume im Ursprungszustand belassen bzw. an die Anforderungen dreier unterschiedlicher in Großbritannien geltender Regelwerke angepasst. Jeweils über das Wochenende erfolgte wechselweise die Umrüstung auf einen anderen Standard. Während der Woche unterrichteten dieselben Lehrer dieselben Schüler in den gleichen Fächern (aber in raumakustisch immer wieder unterschiedlichen Räumen). In dieser Zeit wurden die Nutzsignalschallpegel (L_{Aeq}) und die Hintergrundschallpegel (L_{A90}) gemessen.

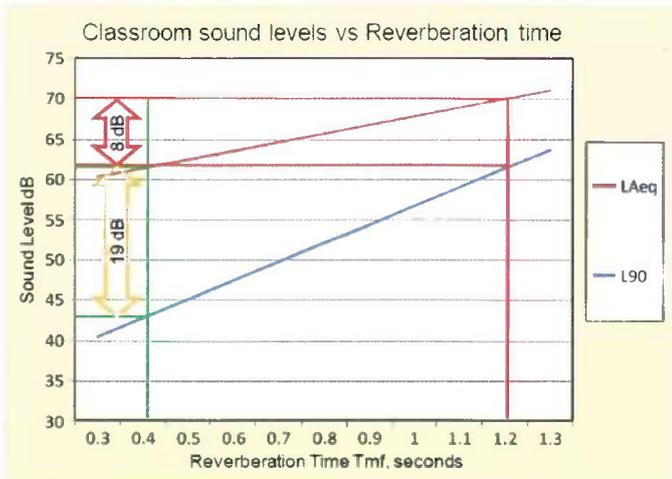


Abbildung 1: Schallpegel des Nutzsprachsignals L_{Aeq} und des Hintergrundgeräusches L_{A90} in Abhängigkeit von der Nachhallzeit RT nach Canning und James (2012).

Die Regressionsgeraden zeigen, dass bei einer Verkürzung der Nachhallzeit von 1,2 s auf 0,4 s der L_{Aeq} von 70 dB auf 62 dB abnimmt, während sich der Hintergrundschallpegel L_{A90} von 62 dB auf 43 dB verringert. Der Signal-Rausch-Abstand beträgt zunächst nur $L_{Aeq} - L_{A90} = 8$ dB. Er vergrößert sich jedoch bei der sehr kurzen Nachhallzeit von 0,4 s auf $L_{Aeq} - L_{A90} = 19$ dB, einen auch für Hörgeschädigte ausgezeichneten Wert ($S/N \geq 15$ dB). Hinzu kommt, dass durch den deutlich verringerten Hintergrundschallpegel nicht mehr so laut gesprochen werden muss, sodass auch der Stimmaufwand zurückgeht. Damit verringert sich die Sprechanstrengung und die Sprecherstimme wird geschont, so dass der Anteil der Stimmband- und Stimmerkrankungen zurückgeht.

Einen sehr interessanten Zusammenhang haben Oberdörster und Tiesler (2006) beschrieben. Die dort untersuchten Klassenräume waren hinsichtlich Volumen, Raumform, Möblierung, Besetzung und Nutzung sehr ähnlich. Deshalb haben sie den Sprachübertragungs-

index STI der jeweiligen Nachhallzeit RT gegenüber gestellt (Abbildung 2). Die Regressionsanalyse führte zu $STI = 0,949 - 0,361 \cdot RT$ mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,977. Demnach wird die Sprachverständlichkeit umso besser, je kürzer die Nachhallzeit ist. Die mittlere Nachhallzeit von $RT = 0,5$ s markiert die Grenze zwischen „sehr guter“ ($STI > 0,75$) und „guter“ ($STI < 0,75$) Sprachverständlichkeit. Und so heißt es völlig richtig in DIN 18041:2016-03: Abschnitt 4.2.3: *Im Zweifelsfall sollten in Räumen zur Sprach-Information und -Kommunikation eher kürzere als längere Nachhallzeiten realisiert werden.*

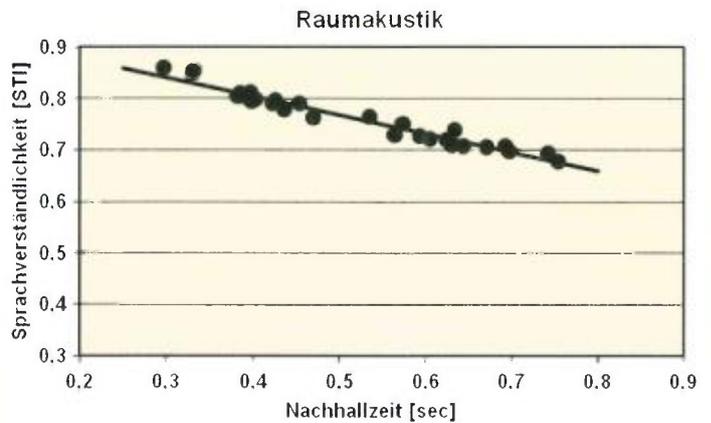


Abbildung 2: Sprachverständlichkeit STI in Abhängigkeit von der Nachhallzeit RT nach [3] Maßnahmen gegen Störgeräusche und Nachhall

Raumakustische Maßnahmen

Decke

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 65 m^2 und zusammen mit der typischen lichten Raumhöhe von etwa 3 m beträgt das Raumvolumen knapp 200 m^3 . Je nach Schüler/-innen-Anzahl beträgt das spezifische Raumvolumen 6 bis 9 m^3 /Platz, ist also recht groß. Nach den Vorgaben der Raumakustik-Norm DIN 18041 soll die mittlere Nachhallzeit in neu zu bauenden inklusiv gestalteten Unterrichtsräumen nicht mehr als $T_m = 0,45$ s betragen. Damit wird von vornherein der Unterricht hörgeschädigter Schüler/-innen ermöglicht. Für Sanierungen lässt die Norm noch die seit 2004 anzustrebende Nachhallzeit von etwa $T_m = 0,55$ s zu. In bestehenden Schulgebäuden sind aber bisher Nachhallzeiten auch über 1,0 s keine Seltenheit (Ruhe 2003). Für die inklusive Nebausituation beträgt die erforderliche äquivalente Absorptionsfläche $A_{erf} = 70$ m^2 , das ist mehr als die Deckenfläche des Raumes.

Um die bisherige Standardanforderung von $T_m = 0,55$ s zu erfüllen, war es schon erforderlich, etwa 80 % der Deckenfläche (vorrangig im hinteren und seitlichen Raumbereich) mit hochgradig schallabsorbierenden Deckenplatten zu belegen. Der genaue Umfang ist von dem jeweils gewählten Materialtyp abhängig. Für die hörgeschädigten-gerechte Ausstattung mit $T_m = 0,45$ s sind hochgradig schallabsorbierende Deckenplatten jetzt auf der gesamten Deckenfläche vorzusehen. Dafür kommen alle Mineralfaserplatten mit offenerporiger Oberfläche und einige offenporige Schäume in Frage. Der mittlere Schallabsorptionsgrad sollte $\alpha_w > 0,9$ betragen (Schallabsorptionsklasse A nach DIN EN ISO 11654). Die gesamte Konstruktionshöhe (für Plattendicke

und Luftraum) sollte mindestens 15 cm, besser mehr als 20 cm sein. Gelebte Platten sind häufig nur 4 cm dick. Sie haben im Tieftonbereich eine deutlich geringere Schallabsorption. Wenn aus gestalterischen Gründen Platten mit geringerem Schallabsorptionsgrad ($\alpha_w \approx 0,70$) verwendet werden sollen, dann muss eine deutlich größere Fläche – mehr als die gesamte Deckenfläche – mit diesem Material verkleidet werden.

Dieselbe Aussage gilt auch für Gipskartonlochplatten und zwar auch dann, wenn sie den aus schalltechnischer Sicht optimalen Lochflächenanteil von 20 % oder mehr aufweisen. Viele Architekten bevorzugen aus gestalterischen Gründen die sogenannte „Streulochung“ mit einem Lochflächenanteil von nur 6 %. Aufgrund der Materialdicke und der relativ breiten Stege zwischen den Löchern wird die schallabsorbierende Mineralwollauflage stark abgeschirmt. Lochplatten ohne Mineralwollauflage, die rückseitig nur mit einem Vlies beklebt sind, haben einen zu geringen Schallabsorptionsgrad. Die schallabsorbierenden Randbereiche einer Decke sind besonders wirksam. Deshalb sind sie sowohl zu den Seiten als auch zur Rückwand unbedingt absorbierend zu belegen und nicht – z. B. aus gestalterischen Gründen – nur mit einem breiten Randfries zu versehen.

Zusätzlich zu der oben beschriebenen Lösung einer flächig abgehängten Decke gibt es auch die Möglichkeit, Deckensegel oder Baffeln einzubauen. In manchen Räumen kann so etwas sinnvoll sein, z. B. bei sehr großer Deckenhöhe oder thermischer Speicherung der Betondecke. Die vollflächig abgehängte Decke ist aber in der Regel die wirksamere und kostengünstigere Variante, zumal sie das akustisch wirksame Raumvolumen verkleinert. Auch die Dämpfung im Bereich niedriger Frequenzen ist bei der vollflächigen horizontalen Decke besser als bei Baffeln und Segeln. Noch ein Hinweis zum Brandschutz: Alle Materialien müssen der Baustoffklasse A (nicht brennbar) oder B1 (schwer entflammbar) nach DIN 4102 entsprechen.

Wenn eine Unterdecke bereits vorhanden ist, so ist zu prüfen ob und wie weit diese den obigen Anforderungen (weiche Platten, harte Platten, Lochplatten) entspricht und ob sie noch wirksam ist. Bei Klassenraumrenovierungen, oft auch in Eigenhilfe durch die Elternschaft, werden häufig nicht nur die Wände, sondern auch die Schallabsorptionsplatten an der Decke mit angestrichen. Da die Platten sehr saugfähig sind, müssen mehrere Anstriche aufgetragen werden, bis die



Abbildung 3: Akustisch sanierter Klassenraum, harte Deckenplatten unter Beibehaltung des Tragschienensystems gegen hochgradig absorbierende ausgetauscht, schallabsorbierendes Rückwandpaneel zusätzlich angebracht, Kugelgarn-Teppichboden

Platten wieder fleckenlos sind. Durch den mehrfachen Farbauftrag werden aber 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 Renovierung“ nur durch Austausch der Deckenplatten möglich, gegebenenfalls unter Beibehaltung der Tragschienenkonstruktion (Abbildung 3).

Rückwand

Eine stehende Lehrerin und die vorne sitzenden Schüler/innen hören bei horizontaler Schallausbreitung über die Köpfe der anderen Schüler/innen hinweg ein Rückwandecho mit einer Zeitverzögerung von fast 50 ms. Es verschlechtert nicht nur die Sprachverständlichkeit – insbesondere für hörgeschädigte Personen – sondern es veranlasst oft auch die Lehrkraft, unbewusst leiser zu sprechen. Die Lösung ist ein schallabsorbierendes Rückwandpaneel. Dieses sollte eine Breite von etwa 5 m und eine Höhe zwischen etwa 0,8 m und 2 m erhalten. Dann befindet es sich im Bereich der Mund- und Ohrhöhe sitzender und stehender Personen. Wenn man das Rückwandecho nicht durch ein schallabsorbierendes Wandpaneel beseitigt, wird man es deutlich wahrnehmen, weil es nicht mehr von dem Nachhall verdeckt wird. Hierauf wird auch in DIN 18041 unter 5.4, Positionierung akustisch wirksamer Flächen, ausdrücklich hingewiesen.

Die Paneelplatten sollen einerseits einen hohen Schallabsorptionsgrad von im Mittel $\alpha_w > 0,8$ aufweisen. Sie müssen andererseits für den rauen Schulbetrieb auch ausreichend mechanisch widerstandsfähig sein und preisgünstig nachgebessert werden können. Hierfür haben sich zwei Materialien als besonders geeignet erwiesen. Dies sind einerseits Mineralfaserwandpaneele mit Glasgewebe- oder Stoffkaschierung und andererseits Leichtbauplatten aus feinwolliger Holz- wolle mit Mineralfaserhinterlegung. Die Mineralfaserwandpaneele werden mit einem Metall- oder Holzrahmen gefasst und mit einer Bautiefe von 40 mm bis 100 mm (40 mm Materialdicke und bis zu 60 mm Hohraumtiefe) vor der Wandfläche angebracht. Mit Glasfaser- gewebe kaschierte Wandpaneele sind zwar ballwurfsicher, aber empfindlich gegen spitze Gegenstände und scharfe Kanten. Noch stabilere Leichtbauplatten aus Holz- wolle sind 35 mm dick und benötigen für eine gute Wirksamkeit etwa 40 mm Mineralwolle im dahinterliegenden Hohlraum.

Schallabsorbierende Wandpaneele aus Mineralwolle werden gern als Pinnwände genutzt, da sich Stecknadeln sehr leicht eindrücken lassen. Durch das Papier wird das dahinterliegende Material zu einem gewissen Grade abgeschirmt. Bei 80-g-Papier ist eine Belegung bis zu etwa einem Drittel der Fläche ohne nennenswerte Verschlechterung der Schallabsorption zulässig, weil das Papier auch bei hohen Frequenzen nur eine sehr geringe Schallreflexion hat. Die dahinterliegende Mineralwolle bleibt also weitgehend wirksam. Die schallabsorbierenden Wandpaneele umfassen in vielen Fällen aus baupraktischen Gründen nur eine Fläche von etwa 6,5 m². Das ist im Verhältnis zur Deckenfläche ein Anteil von lediglich etwa 10 %. Deshalb wird oft vermutet, man könne darauf verzichten, weil die damit erzielte Verminderung der Nachhallzeit marginal sei. Das stimmt aber nicht, wie ein messtechnisch belegtes Beispiel aus einem Büroraum zeigt.

In Abbildung 4 sind als obere Kurven Nachhallzeiten im Ursprungszustand mit zwei parallelen schallharten Flächen und den dadurch bewirkten Flatterechos dargestellt. Die oberste Kurve ist der Mittelwert von Messungen, bei denen das Messmikrofon sich vor einer der

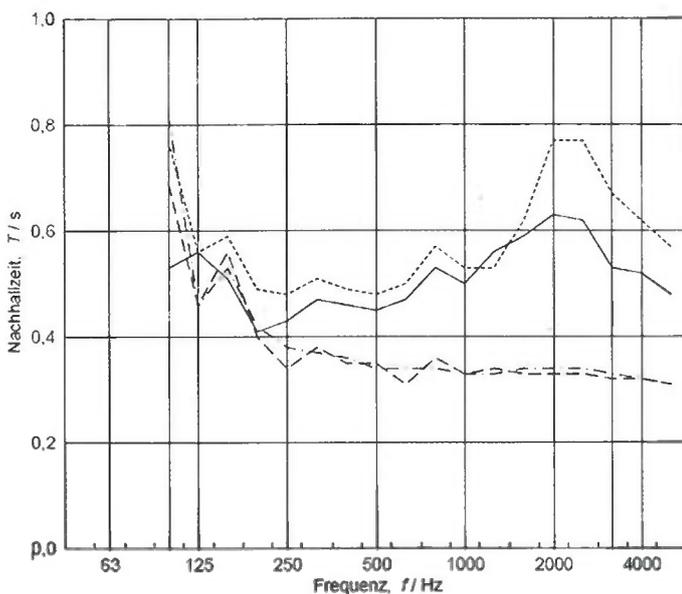


Abbildung 4: Ergebnisse von Messungen der Nachhallzeit aus einem Büroraum. Obere Kurven ohne schallabsorbierendes Wandpaneel mit Flatterechos insbesondere bei 2000 und 2500 Hz, untere Kurven mit schallabsorbierendem Wandpaneel ohne Flatterechos.

beiden Wände befand. In dem durch die Flatterechos beeinflussten Frequenzbereich beträgt die Nachhallzeit 0,78 s. Bei Aufstellung des Messmikrofons auf Ohrhöhe einer sitzenden Person in zwei diagonal gegenüber liegenden Raumkanten ergibt sich ein Mittelwert von etwa 0,63 s, obwohl man die Flatterechos hier nicht mehr deutlich wahrnehmen kann. Nach Montage eines schallabsorbierenden Wandpaneels (Abbildung 5) von nur 2,4 m² Fläche verkürzt sich die

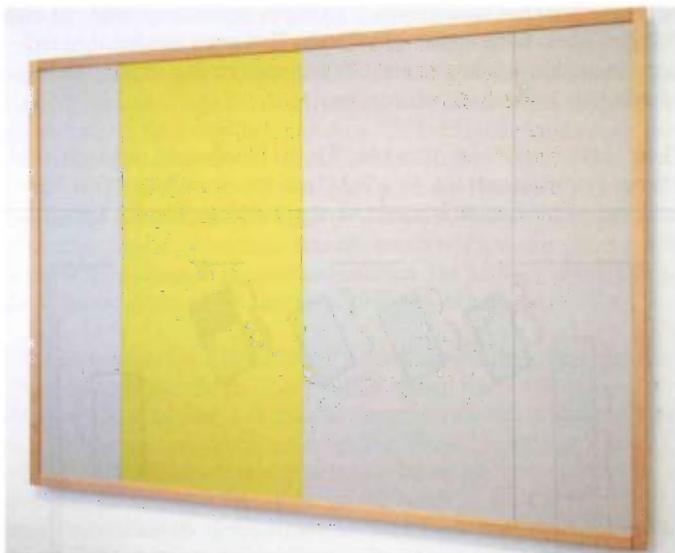


Abbildung 5: Schallabsorbierendes Wandpaneel im Büroraum. Aus dem Vergleich der Messkurven ohne und mit Wandpaneel wird deutlich, dass dessen Wirkung sich nicht allein auf den Frequenzbereich der starken Flatterechos beschränkt, sondern bis hinunter zu 250 Hz deutlich nachweisbar ist. Dort beträgt der Schallabsorptionsgrad etwa 0,65, was recht gut mit den Messergebnissen im Labor übereinstimmt.

Nachhallzeit entsprechend den beiden unteren Kurven für beide Messpositionen auf 0,33 s, also auf weniger als den halben Wert. Rechnerisch müsste das schallabsorbierende Wandpaneel einen Absorptionsgrad von mehr als 2 haben, was physikalisch unmöglich ist. Diese Situation und ihre nachhaltige Verbesserung sind ausschließlich durch das nicht-diffuse Schallfeld bestimmt. Solch eine Situation ist in Klassenräumen unbedingt zu vermeiden, weil das Gehör Schwerhörender über eine deutlich schlechtere zeitliche Auflösung verfügt.

Boden

Die Störgeräuschentwicklung durch die Schüler/innen ist natürlich einerseits vom Unterrichtsgeschehen (Frontalunterricht, Gruppenarbeit, Stillarbeit) abhängig, andererseits sorgen aber auch die Bewegungen im Raum, z. B. Tische- oder Stühlerücken, Fußescharren, umfallende Ranzen oder herunterfallende Stifte für Geräusche, die man mit einem weichen Oberbelag vermeiden kann. Bisweilen wird der Bodenbereich auch für Gruppenarbeit mitgenutzt, indem die Schüler/innen auf Sitzkissen auf dem Boden arbeiten. Daher ist es sinnvoll, mit einem strapazierfähigen Teppichboden, z. B. Nadelfilz oder Kugelgarn, Störgeräusche zu vermeiden.

In der Praxis zeigt sich, dass Teppiche in Schulen mit geeignetem Gerät nicht schwieriger zu reinigen sind als z. B. Linoleumböden. Häufig ist auch das Mitnehmen von Softgetränken in solche Klassenräume nicht gestattet, sondern ausschließlich Wasser. Verunreinigungen des Teppichs lassen sich auch durch das Tragen von Pantoffeln reduzieren. Abbildung 6 zeigt einen raumakustisch beispielhaft ausgestatteten Klassenraum.

Diffuse Schallstreuung

Sofern in einem bestehenden Klassenraum vor der Rückwand geschlossene Schränke stehen, ist „dahinter“ eine absorbierende Verkleidung nicht sinnvoll. Bisweilen werden aber – insbesondere im Primärbereich – 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. In diesen Fällen sollte man absorbierende Rückwandflächen einem zweiten Ausbauschritt vorbehalten. In vielen Fällen wird die Absorptionsfläche dann



Abbildung 6: Beispielhafter Klassenraum der Elbschule, Hamburg: vollflächig hochgradig schallabsorbierende Decke, schallabsorbierendes Rückwandpaneel, Kugelgarn-Teppichboden.

als Fries mit ebenfalls recht guter Wirkung im oberen Wandbereich angebracht, häufig an der Rückwand und an der Flurwand.

Ungeeignete Maßnahmen: Weichfaser, Korkpinnwände und Eierpappen

Die beiden beschriebenen Schallabsorptionsplatten sind zwar auch als Pinnwände nutzbar, aber nicht jede Pinnwand ist auch ein guter Schallabsorber. Beispielsweise sind Weichfaserplatten aus Holz oder Kork nicht offenporig genug, haben keine nennenswerte Schallabsorption und sind deshalb ungeeignet.

Bisweilen wird in Eigenhilfe versucht, schallabsorbierende Rückwandpaneele aus Eierpappen herzustellen. Die Eierpappen sind akustisch weitgehend unwirksam, insbesondere, wenn sie von den Kindern mit Plakatfarbe verziert wurden. Aus Brandschutzgründen muss vor einer derartigen Maßnahme dringend gewarnt werden, denn die Eierpappen sind B3-Material, also „leicht entflammbar“! Solche Maßnahmen sind in Schulen absolut unzulässig.

Technische Maßnahmen mit Hörhilfsmitteln

Funkübertragungsanlagen werden in der Regel durch die Krankenkasse finanziert und von schwerhörenden Schüler/innen mitgebracht. Wenn derartige Geräte vorhanden sind, sollte die Lehrerin sie unbedingt einsetzen. Persönliche Befindlichkeiten („Wie sehe ich denn damit aus“/zu umständlich/Druckgefühl am Kopf), sollten hinter dem angestrebten Unterrichts- und Lernerfolg zurückstehen. Vielmehr sollte die Lehrerin Vorbild für innovative Technik sein und ihre Schüler/innen anhalten, diese Geräte anzuschaffen und konsequent zu benutzen. Die seit einigen Jahren üblichen digitalen Anlagen übertragen das Sprachsignal ohne Störungen/Aussetzer und sind daher ein Fortschritt zu den analogen Anlagen. Das Sprachsignal wird vorwiegend von der Lehrerin direkt zum Ohr/Hörgerät/CI der hörgeschädigten Schülerin übertragen.

Die Funkübertragungsanlagen (FM-Anlagen) haben in der Regel ein Headset oder ein Ansteckmikrofon. Für den Unterrichtsablauf ist es sehr hinderlich, den Sender herumzureichen und für Schüler/innen-Beiträge zu nutzen. Hierfür sollte mindestens ein zusätzliches Schüler/innen-Handmikrofon eingesetzt werden. Idealerweise sind sogar mehrere Hand- oder Tischmikrofone vorhanden, die jeweils von mehreren Schüler/innen genutzt werden. Bei nur einem Handmikrofon wird der Unterrichtsablauf verlangsamt. Man muss allerdings bedenken, dass im Grundschulalter der Einsatz von Schüler/innen-Mikrofonen von den Mitschüler/innen erst langsam erlernt werden muss. Erfahrungsgemäß kann man in der 2. Klasse mit einem Handmikrofon beginnen. Eine Wiederholung der Schüler/innen-Beiträge durch die Lehrerin ist daher insbesondere im Grundschulalter sehr wichtig.

Beim Arbeiten mit Lernspielen am Computer kann die FM-Anlage direkt mit dem Computer verbunden werden, so dass die hörgeschädigte Schülerin störungsfrei hören kann. Wird im Unterricht mit CDs gearbeitet (häufig im Sprachunterricht), ist eine Anlage erforderlich, die mit der FM-Anlage verbunden werden kann, ohne dass der Ton für die Mitschüler/innen ausgeblendet wird. Mit einem unterrichtsüblichen CD-Spieler funktioniert dies nicht. Eine einfache und kostengünstige Lösung ist ein tragbarer CD-Spieler ohne Lautsprecher, an den über einen T-Klinkenstecker sowohl eine FM-Anlage für das hörgeschädigte Kind als auch ein externer Lautsprecher für die Mitschüler/innen angeschlossen werden können.

Ungeeignete technische Hilfen

Seit einiger Zeit sind Beschallungsanlagen (Soundfield-Anlagen) erhältlich, die in Regelschulen zur Erhöhung des Schallpegels der Lehrerinnenstimme eingesetzt werden sollen. Die Hersteller behaupten zwar, dass der Direktschallanteil zunehme, sodass die Sprachverständlichkeit verbessert werde. Dieser höhere Direktschallpegel am Platz der Schüler/innen ist aber, je nach Anzahl der aufgestellten Lautsprecher, mit einem Anstieg des Diffusfeldschallpegels um bis zu 9 dB verbunden. Das für die Sprachverständlichkeit maßgebende Verhältnis von Direktschall zu Diffusfeldschall wird also nicht besser sondern schlechter. Diese Lautsprecheranlagen sind dann keine *Deutlich*sprecheranlagen. Kurzfassungen der messtechnischen Untersuchungen wurden bereits veröffentlicht (Ruhe 2013a und 2014). Solche Anlagen können raumakustische Verbesserungen nicht ersetzen! Erst wenn der Diffusfeldschall durch eine kurze Nachhallzeit niedrig ist, könnte man Soundfield-Anlagen einsetzen. Dann ist die Akustik allerdings meist schon so gut, dass man auch darauf verzichten kann.

Organisatorische Maßnahmen zur optimalen Einbindung in den Unterricht: Sitzposition

Für die Erkennbarkeit des Mundbildes ergeben sich einerseits Anforderungen an die Beleuchtung und andererseits an eine optimale Anordnung des Schüler/innen-Sitzplatzes. Der Mund der Lehrerin darf sich deshalb bei natürlicher Beleuchtung nicht im Gegenlicht befinden (kein Fenster im Rücken). Außerdem müssen für schwerhörende Schüler/innen die Münder der Mitschüler/innen sichtbar sein. Hieraus resultiert der abgebildete Vorschlag von Löwe (1996) für die Anordnung der Sitzplätze (Abbildung 7). Wenn man – ausgehend von einer U-förmigen Anordnung der Tische um das Lehrerinnenpult herum – auf der Fensterseite jeden Tisch um 30... 40° dreht, so können die in Pultnähe sitzenden Schüler/innen beim Blick nach hinten auch die Münder der auf dieser Seite sitzenden Schüler/innen erkennen. Dies wäre bei einer echten U-förmigen Aufstellung nicht der Fall. Hilfreich ist an solch einem Sitzplatz ein Drehstuhl. Bei der U-Anordnung kann das Schüler/innen-Mikrofon auch einfacher und störgeräuschfreier herumgegeben werden.

Ganz sicher wird dieser Vorschlag für die Möblierung nicht jeder Hörgeschädigten gerecht. Eine Schülerin mit einer einseitigen Hörschädigung muss zum Beispiel mit dem besseren Ohr der Lehrerin

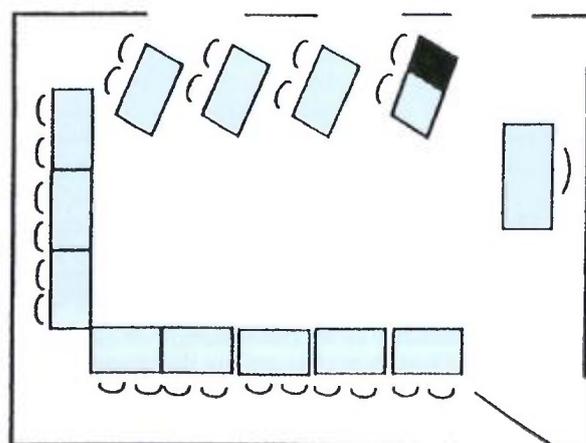


Abbildung 7: Vorschlag für die optimale Anordnung der Sitzplätze nach Löwe (1996)

zugewandt sitzen. Auf der Abbildung ist eine Klasse mit 24 Kindern dargestellt. In der Realität sitzt das hörgeschädigte Kind in der Regelschule aber häufig in einer Klasse mit bis zu 30 Kindern. Dann ist die hier dargestellte U-Form nicht mehr möglich. Zum Zeitpunkt der Anmeldung in einer Schule ist die Klassengröße noch unbekannt und kann sich im Laufe der Schulzeit auch noch ändern. Auch wenn Eltern sich im Vorfeld eine Schule aussuchen, die in den letzten Jahrgängen relativ kleine Klassen hatte, kann niemand voraussagen, wie groß die Klasse tatsächlich sein wird.

Wenn aufgrund der Klassenfrequenz und/oder Klassenraumform damit zu rechnen ist, dass sich die Lehrerin oder Mitschüler/innen im Gegenlicht befinden können, so ist für das Absehen vom Mund ein günstigerweise außen liegender Blendschutz notwendig. Alternativ sind auch Vorhänge denkbar, die zudem in geringem Maße akustischen Vorteile bieten. Wichtig ist, dass die Lehrerin und die für das Kind zuständige Förderschullehrerin des Mobilen Dienstes gemeinsam eine Sitzordnung entwickeln, welche die oben genannten Kriterien am besten erfüllt.

Sprechverhalten

Über die räumlichen 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 Schüler/innen sichtbar ist. Darüber hinaus müssen sie sich auch dessen bewusst sein, dass bei hörgeschädigten Kindern die Informationsaufnahme und Verarbeitung in drei Phasen nicht 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 und
- Aufschreiben der so erarbeiteten Kenntnisse.

Durch diese drei aufeinander folgenden Schritte ist für Hörgeschädigte kein Mitschreiben wie bei Guthörenden möglich, sondern tatsächlich ist es Satz für Satz ein Nachschreiben. Die Informationsaufnahme und Verarbeitung dauert also wesentlich länger als bei Guthörenden. Dies hat aber nichts mit mangelnder Intelligenz der Hörgeschädigten zu tun, sondern ausschließlich mit ihren Kommunikationsproblemen. Insbesondere bei Diktaten muss deshalb deutlich langsamer und mit den erforderlichen Pausen gesprochen werden. Die Lehrerin sollte dabei die hörgeschädigten Schüler/innen im Blick behalten.

Die sich meldenden Schüler/innen sollten namentlich aufgerufen werden und nicht nur durch zeigen. Dann wissen die hörgeschädigten Schüler/innen, bei wem sie bei der Antwort vom Mund absehen können. Früher war es üblich, dass Schüler/innen bei den Antworten aufstanden. Damit war eine wesentlich bessere Absehmöglichkeit gegeben. In mehreren Fällen hat es sich bewährt, bei den Mitschüler/innen wiederholt an deren Fürsorgepflicht gegenüber den hörgeschädigten Schüler/innen zu appellieren. Die Mitschüler/innen artikulieren dann deutlicher und wenden sich den hörgeschädigten Schüler/innen zu.

Messergebnisse

In der Hamburger Elbschule wurden nach Fertigstellung im Klassenraum, der in Abbildung 6 dargestellt ist, Messungen der Sprach-

verständlichkeit/des Sprachübertragungsindex (STI: Speech Transmission Index) ausgeführt (Ruhe 2013b). Der Messlautsprecher als Nachbildung des Mundes der Lehrerin stand zunächst vor der Tafel mit Sprechrichtung zu den Schüler/innen und das Messmikrofon wurde in Abständen von 1 m bis 6 m aufgestellt (Abbildung 8, rote Kurve). Bei der folgenden Messung war der Lautsprecher seitlich in Richtung zur Flurtür versetzt. Die Messung in diagonaler Richtung konnte sogar Abstände bis 8 m erfassen (Abbildung 8, blaue Kurve). Im Nahbereich wurde $STI > 0,9$ gemessen und der niedrigste Wert betrug $STI = 0,76$. Damit ergibt sich für alle im Raum möglichen Hörerplätze die Einstufung „ausgezeichnet“.

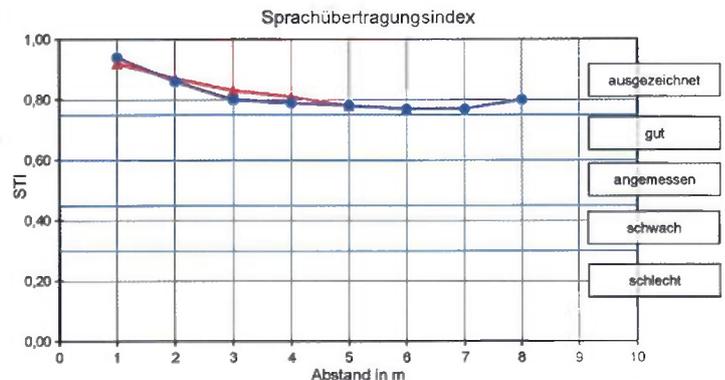


Abbildung 8: Sprachübertragungsindex (STI: Speech Transmission Index) im Klassenraum der Elbschule, Hamburg: bei Messung in Längsrichtung des Raumes von der Tafelseite nach hinten und in der Raumdiagonalen wird an keiner Stelle $STI = 0,75$ unterschritten, was der Bewertung „ausgezeichnet“ entspricht.

Spezielle Aspekte bei Kindertageseinrichtungen

Schulklassen sind bei weitem nicht die einzigen Räume, in denen es nicht nur um das Hören, sondern insbesondere um das Verstehen geht. Aus einem der Landesbildungszentren in Niedersachsen wurde z. B. mitgeteilt, dass hörgeschädigte Kinder zuvor schon eine Krippe und/oder einen Kindergarten besuchen. Die Hörfrüherförderung erlebe dort oft katastrophale baulich-akustische Zustände. Deshalb seien die Einrichtungen sehr daran interessiert, entsprechende Handreichungen zur Argumentation gegenüber ihrem Kostenträger zu bekommen.

Für die Planung von Klassenräumen in Schulen kann man die akustischen Anforderungen sehr einfach formulieren, weil Klassenräume typischerweise Grundflächen zwischen 60 und 65 m² und Raumhöhen von im Mittel 3,0 m haben. Sowohl die Raumform als auch das Raumvolumen sind sehr ähnlich und wenn man einen Klassenraum berechnet hat, dann kann man das Ergebnis auf alle anderen übertragen. Zusätzlicher Berechnungsaufwand ergibt sich dann zum Teil für Fach-Klassenräume sowie für die Aula und die Mensa.

Bei Kindertageseinrichtungen ist die Vorgehensweise deshalb nicht vergleichbar einfach, weil der architektonische Gestaltungsspielraum viel größer ist und von den Architekten auch immer wieder ausgenutzt wird. Die Räume sind dann nicht quaderförmig, haben unterschiedlich große Grundflächen und oft auch geneigte Decken. Somit unterscheiden sich die Größen der Raumbegrenzungsflächen und der Volumina nicht nur gegenüber Klassenräumen sondern häufig auch untereinander innerhalb eines Gebäudes deutlich. Deshalb ist eine raumakustische Beratung in den allermeisten Fällen sehr sinnvoll.

Dann geht es nicht nur um die Frage, wie groß die Schallabsorptionsflächen sein müssen, sondern auch darum, welches Material eine besonders gute Schallschluckwirkung hat und wie diese Materialien gestalterisch in die Räume so zu integrieren sind, dass das architektonische Konzept nicht beeinträchtigt wird (oder jedenfalls nicht gravierend).

In Kindertageseinrichtungen und auch in Schulen sind nicht nur die Gruppenräume bzw. Klassenräume, sondern auch die Flure unbedingt in die raumakustische Gestaltung mit einzubeziehen. Hier geht es nicht nur um die Sprachverständlichkeit einer gegebenenfalls erforderlichen Sprach-Alarmierungs-Anlage, sondern auch um die Lärm-minderung in den Pausenzeiten bzw. beim Hinbringen und Abholen der Kinder und auf dem Weg durch den Flur nach draußen.

Die Anforderungen in DIN 18041 sind im Wesentlichen für Klassenräume formuliert. Sie gelten aber nach Auffassung des gesamten Normenausschusses mindestens in gleicher Weise auch für Kindertageseinrichtungen. Dort wird zwar kein schulischer Unterricht betrieben. Dennoch findet hier Lernen in einer Intensität statt, und zwar insbesondere das Lernen von Sprache, wie sie weder in Grundschulen noch im Bereich der weiterführenden Schulen vorkommt. Der größte Teil des Spracherwerbs ist bereits bis zum Schulbeginn erfolgt. Insbesondere die Kinder ausländischer Mitbürger haben aber häufig erst mit Beginn der Kindergartenzeit das erste Mal Kontakt zur deutschen Sprache. Deshalb ist für diese Kinder das Verstehen der ihnen noch unbekannt Sprache besonders wichtig. Auch hier kann also mit einer guten Raumakustik sehr viel Gutes getan und im anderen Fall eben auch versäumt werden.

Zusammenfassung

Abschließend sind die erforderlichen Maßnahmen noch einmal stichwortartig zusammengestellt:

- Den Störgeräuschpegel von außen oder aus benachbarten Räumen so niedrig wie möglich halten.
- Die Nachhallzeit für die inklusive Beschulung hörgeschädigter Schüler/innen nicht optimal nach DIN 18041 auslegen, sondern so kurz wie möglich planen.
- Dafür eine hochgradig schallabsorbierende Decke auf mindestens etwa 80 % bis 100 % der Fläche einbauen.
- Schallabsorbierende Flächen nicht nur an der Decke anbringen, sondern auch mindestens an der Rückwand, ggf. auch an der Flurwand.
- Schallreflexionen von der Rückwand vermeiden, z. B. mit absorbierenden Wandpaneelen oder diffus reflektierender Wandfläche gegenüber der Tafel, z. B. durch offene Regale.
- Den Störgeräuschpegel im eigenen Klassenraum durch Verlegen eines Teppichbodens mindern, dadurch ergeben sich auch positive Auswirkungen auf die Nachhallzeit.
- Das Zwei-Sinne-Prinzip unterstützen (das Auge hört mit). Dazu geeigneten Sitzplatz für die hörgeschädigten Schüler/innen, sowohl zum Hören als auch für das Sehen zur Tafel, zur Lehrerin und zu den Mitschüler/innen auswählen.
- Tafel und Gesichter gut beleuchten, aber Blendungen vermeiden.
- Auch in abgedunkelten Räumen, z. B. bei Bildprojektionen, muss der Mund des Sprechers/der Sprecherin erkennbar sein.
- FM-Anlagen, so vorhanden, immer einsetzen.
- Soundfield-Anlagen nicht als Ersatz für die unbedingt notwendigen raumakustischen Maßnahmen verwenden.

Ein Appell zum Schluss

Eine Hörbehinderung ist eine unsichtbare Behinderung und wird daher immer wieder übersehen. Hörbehinderte fragen auch nicht immer nach, wenn sie etwas nicht verstanden haben, da sie häufig gar nicht wissen, dass sie etwas überhört haben. Daher müssen die Lehrerin und die Mitschüler/innen sich der Probleme sehr bewusst sein. Je entspannter die Schüler/innen dem Unterricht folgen können und je besser der „Hörstress“ vermieden wird, desto besser werden alle Schüler/innen, nicht nur die hörgeschädigten, das Dargebotene verarbeiten und desto größer werden auch ihre Freude und der Erfolg am Lernen sein.

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 erste Anleitung, mit gezielten Maßnahmen ohne großes Probieren und mit vernünftigem Einsatz der begrenzten Geldmittel eine gute raumakustische Lösung schnell zu erreichen. In manchen Fällen sind sicher auch spezielle Lösungen notwendig, aber die Mehrzahl der Räume in Bildungstätten wird mit den hier beschriebenen Maßnahmen gut abgedeckt.

Keinesfalls soll dieser Artikel den Eindruck erwecken, als ob Inklusion ausschließlich in Regelschulen erfolgen kann. Hier sind lediglich die in allen Fällen erforderlichen akustischen und technischen Notwendigkeiten und Lösungen beschrieben. 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.

Literatur

- Canning D, James A (2012) Essex Study Final Report: Optimised classroom acoustics for all. London South Bank University, The Association of Noise Consultants, St Albans
- DIN 4109-1:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen, Beuth, Berlin
- DIN EN ISO 11654:1997-07 Akustik – Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden – Bewertung der Schallabsorption, Beuth, Berlin
- DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen, Anforderungen und Hinweise für die Planung, Beuth, Berlin
- Löwe A (1996) Pädagogische Hilfen für hörgeschädigte Kinder in Regelschulen. Universitätsverlag C. Winter, Heidelberg
- Oberdörster M, Tiesler G (2006) Akustische Ergonomie in der Schule. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 1071
- Ruhe C (2003) Schulraum-Akustik aus der Sicht der Beratungspraxis. 9. Oldenburger Symposium zur psychologischen Akustik, Hören in Schulen, BIS, Oldenburg
- Ruhe C (2013a) Manches Beschallungssystem bleibt besser ausgeschaltet. Spektrum Hören (4): 6ff
- Ruhe C (2013b) Schalltechnische Abschluss-Messungen nach Fertigstellung der Elbschule Hamburg. unveröffentlicht
- Ruhe C (2014) Echter Zusatznutzen oder reine Geldverschwendung? Hörakustik (2): 26ff
- Ruhe C, Kiupel K (2016) Hörgeschädigte Kinder in Regelschulen, Klassenraum-Akustik, Klassenraum-Gestaltung, Klassenraum-Organisation, DSB-Druckschrift referATgeber 6, Berlin



Dipl.-Ing. Carsten Ruhe
Beratungsbüro für Akustik, hörgerecht
planen und bauen
E-Mail: carsten.ruhe@hoeren-und-bauen.de