Freifeldbeschallungsanlagen im Test

Echter Zusatznutzen oder reine Geldverschwendung?

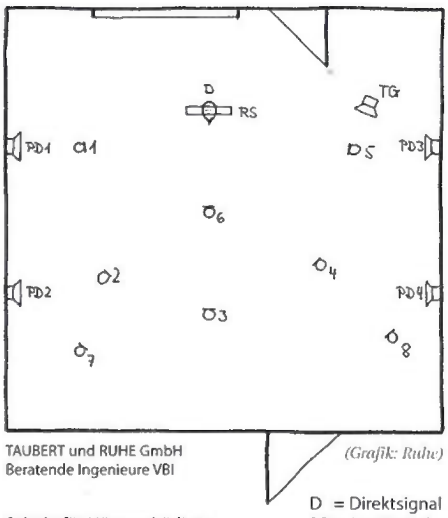
Die Zusammenführung der Hamburger Schwerhörigen- und der Gehörlosenschule an einem neuen Standort zum Bildungszentrum Hören und Kommunikation (BZHK, jetzt Elbschule) bot die Gelegenheit, durch umfangreiche Tests das optimale Beschallungssystem zu finden. Insgesamt drei Freifeldbeschallungsanlagen konnten durch ein spezialisiertes Ingenieurbüro untersucht werden. Die Federführung hatte Diplom-Ingenieur Carsten Ruhe, der auch das Referat „Barrierefreies Planen und Bauen" vom Deutschen Schwerhörigenbund e.V. (DSB) leitet. Die Testergebnisse überraschten sogar den Experten.

Allen Schülern, nicht nur hörbeeinträchtigten, nützt gutes Hören und Verstehen im Unterricht. Können Freifeldbeschallungsanlagen hierfür einen entscheidenden Beitrag leisten?

Für die Untersuchung wurde in einem Klassenraum probeweise eine Freifeldbeschallungsanlage (auch Soundfieldanlage genannt) von der Firma resEARch fest installiert. Daneben standen zum Vergleich zwei Anlagen des Herstellers PhonicEar (FrontRow pro digital, FrontRow to go) kurzfristig zur Verfügung, weshalb diese beiden Anlagen nur provisorisch im selben Klassenraum eingebaut und aufgestellt werden konnten. Ziel des Tests war es, die Vorteile und Unterschiede der verschiedenen Systeme aufzuzeigen.

Abbildung 1 zeigt eine Skizze des getesteten Klassenraums. Dieser ist von der Tafel bis zur Rückwand 7,20 Meter lang und zwischen den beiden Wänden mit Fenstern beziehungsweise Oberlichtern 7,50 Meter breit. Die Grundfläche beträgt somit 54 Quadratmeter. Die Höhe vom Teppichboden bis zur schallabsorbierenden Decke beträgt 2,72 Meter. Der Raum hat damit ein Volumen von 147 Kubikmetern.

Die überprüften Anlagen sind nachfolgend in der aus messpraktischen Gründen gewählten Reihenfolge aufgeführt, nicht in der Reihenfolge der Montage.



TAUBERT und RUHE GmbH
Beratende Ingenieure VBI

(Grafik: Ruhe)

Schule für Hörgeschädigte
Schultzweg 9
20097 Hamburg

D = Direktsignal
PD = Pro Digital
TG = To Go
RS = ReSearch

(Foto: PhonicEar)

Die PhonicEar-Anlage, Typ FrontRow pro digital, besteht aus einem vom Lehrer zu tragenden Umhängemikrofon mit Infrarotsender und mehreren im Raum verteilten Infrarotempfängern. Ob diese Empfänger innerhalb der Verstärkereinheit über ein Mischpult geleitet werden oder ob die Eingänge lediglich parallel geschaltet sind, wurde anlässlich der Messungen nicht erläutert und konnte auch nachträglich nicht von dem bei den Messungen anwesenden Firmenmitarbeiter geklärt

(Foto: contrastwerkstatt/fotolia.com)

www.hansaton.de

werden. Die von den Infrarotempfängern aufgenommenen Sprachsignale werden verstärkt und an vier unterhalb der Decke im Raum verteilte (im vorliegenden Fall an den beiden Längswänden paarweise angebrachte), kleine Lautsprecherboxen geleitet. Diese Lautsprecherboxen haben eine sehr geringe Bündelungswirkung, sodass prinzipiell ein sehr gleichmäßiges Schallfeld entstehen soll. Mit einem dreistufigen Umschalter kann man den Frequenzgang zwischen den Stufen low, medium und high verändern.

(Foto: PhonicEar)

Die PhonicEar-Anlage, Typ FrontRow to go, besteht aus einem Headset-Mikrofon mit Taschensender und einer kleinen Lautsprechersäule mit nach Herstellerangaben lediglich zwei Breitbandsystemen und einer integrierten Empfänger-Verstärker-Einheit. In gleicher Weise wie die fest installierte Anlage bietet auch dieser Verstärker die Möglichkeit, nicht nur die Lautstärke zu regeln, sondern mit einem dreistufigen Umschalter den Frequenzgang zwischen den Stufen low, medium und high zu verändern. Diese Anlage wurde von dem Firmenmitarbeiter am Messtag mitgebracht und auf dem Lehrerpult aufgestellt. Zu Beginn der Messungen traten einige Störungen durch einstrahlenden Polizeifunk auf. Daraufhin wurden noch einmal die Sende- und Empfangsfrequenzen geändert. Zusätzlich zu dem Lehrer-Headset kann ein weiteres Funkmikrofon mit Handsender auf einer zweiten Frequenz betrieben werden. Dieses Mikrofon soll bei Unterrichtsgesprächen zwischen den Schülern umhergegeben werden.

Die bereits im Raum installierte resEARch-Anlage besteht ebenfalls aus einem Headset-Mikrofon mit Taschensender und einem weiteren Mikrofon mit Handsender. Die zugehörigen Empfänger und ein Mischverstärker sind in einem Flightcase (kompakter, stabiler Koffer zum sicheren Transport) zusammengefasst. Von dort aus wird eine einzelne an der Decke montierte Lautsprechereinheit mit vier Breitbandlautsprechern und einem mittigen Hochtonlautsprecher angesteuert. Üblicherweise soll dieser Lautsprecher als „Säule" (also senkrecht) montiert werden. Im vorliegenden Fall ist er wegen der geringen Deckenhöhe aber als „Zeile" (also waagerecht) angebracht.

Das Messverfahren

Die Schallmessungen fanden in der Zeit von 13 bis 17 Uhr in dem beschriebenen Klassenraum statt, den die Kinder kurz vorher verlassen hatten und der deshalb auch für die Messungen nicht besonders „geschönt" war. Der einzige Unterschied gegenüber dem üblichen Unterricht bestand darin, dass der Raum nicht mit Schülern besetzt war.

Der Messlautsprecher bildet aufgrund seiner Gehäuseform den Mund und Kopf eines Sprechers und dessen Richtwirkung nach. Er wurde an einer festen Position am Lehrerstehpult auf einem Stativ in Kopfhöhe in etwa 1,50 Meter Höhe aufgestellt. Dies entspricht in etwa der Mundhöhe eines

(Foto: Ruhe)

Sprechers. Vor Beginn der Messungen wurde der Messlautsprecher mit allen drei Funkmikrofonen der getesteten Beschallungsanlagen ausgestattet (siehe Abbildung unten). Im Anschluss daran wurde dieser Lautsprecher während der gesamten Messzeit nicht mehr angetastet.

Der Messlautsprecher strahlte stationäres Rosa Breitbandrauschen ab. Die Schallpegel wurden von jeweils einem Messmikrofon in verschiedenen Abständen vom Messlautsprecher zu acht exemplarisch ausgewählten Zuhörerpositionen im Raum (Messpunkten) gemessen.

Für die Messung der Schallpegelverteilung im Raum wurde der Messlautsprecher mit Rauschen angesteuert und in ein Meter Abstand sowie in 1,50 Meter Höhe auf der Bezugsachse vor dem Lautsprecher auf einen Schalldruckpegel von 63 Dezibel (A) kalibriert. Über einen Terzband-Equalizer wurde an diesem Bezugspunkt für den Messlautsprecher allein ein möglichst linearer Frequenzgang zwischen 100 und 10 000 Hertz eingestellt. Auch an dieser Einstellung wurde dann während der gesamten Messzeiten nichts mehr verändert.

Die Aufnahme der Schallpegel erfolgte mit einem Echtzeit-Terzanalysator. Das zugehörige Mikrofon war auf einem Stativ in Ohrhöhe sitzender Zuhörer, also in etwa auf 1,20 Meter Höhe, aufgestellt. Alle Messpunkte befinden sich außerhalb der Bezugsachse, weil das Messmikrofon nicht auf der Mundhöhe eines stehenden Sprechers stand, sondern auf der Ohrhöhe einer sitzenden Person.

Für die Sprachverständlichkeitsmessungen wurde von demselben Messlautsprecher ein spezielles Rauschsignal abgestrahlt und der Sprachübertragungsindex STI (Speech Transmission Index) von einem Messmikrofon an den acht gewählten Zuhörerpositionen ausgewertet.

Auch die Nachhallzeiten wurden aus den Messergebnissen berechnet. Insgesamt wurden acht Sender-Mikrofon-Kombinationen verwendet.

Ergebnisse der Schallpegelmessungen

Die Messungen erfolgten zunächst bei ausgeschalteten Freifeldbeschallungsanlagen und mit Schallabstrahlung durch den Messlautsprecher allein. Zu Beginn der Messungen waren fünf Empfangsorte (vom Stehpult aus gesehen ganz rechts, halbrechts, mittig, halblinks und ganz links) vorgesehen. Auf Vorschlag des Firmenmitarbeiters von PhonicEar wurden drei weitere Messpunkte einbezogen (mittig vor dem Lehrerpult in 1,40 Meter Abstand sowie in einer rechten und linken hinteren Raumposition). Damit sollte versucht werden, nicht nur die für eine Hörgeschädigtenschule typischen Schülerpositionen nachzubilden, sondern auch weitere, die in üblichen Klassenräumen vorkommen können. Diese acht Positionen wurden mit Klebestreifen auf dem Fußboden markiert und auch bei den anschließenden Messungen mit den drei getesteten Beschallungsanlagen die dortigen Werte ermittelt.

Als Referenzwert für die Lautstärkeeinstellung der Beschallungsanlagen diente der Messpunkt drei, mittig vor dem Lehrerpult in etwa 4,50 Meter Abstand. Die Beschallungsanlagen wurden so geregelt, dass sie an diesem Punkt einen um etwa fünf Dezibel höheren Schallpegel erzeugten als das Signal des Messlautsprechers allein. Auch hieran wurde anschließend nichts mehr verändert.

An den acht Positionen wurden sowohl Terzpegel-Spektren als auch Gesamtpegel in Dezibel (A) aufgenommen. Die letztgenannten Werte sind in Tabelle 1 aufgeführt. Dort sind ebenfalls die Ergebnisse für die acht Messpunkte zusammengestellt. Für die vier Messsituationen (natürliche Beschallung sowie die drei Beschallungsanlagen) sind jeweils zwei Spalten vorhanden. Die jeweils erste Spalte zeigt den am Messpunkt aufgenommenen Gesamtschallpegel in Dezibel (A).

Ergebnisse der Sprachverständlichkeitsmessungen

Die Aufnahme der Raumimpulsantworten zur Berechnung der STI-Werte (Sprachverständlichkeit) erfolgte an denselben acht Messpunkten. Hierbei wurde kein stationäres Breitbandrauschen, sondern Pseudorauschen als Messsignal verwendet. Die daraus ermittelten STI-Werte sind für jede Messsituation in der jeweils zweiten Spalte von Tabelle 1 aufgeführt.

Zusätzlich wurde auch die Anfangsnachhallzeit ermittelt. In Tabelle 2 sind diese Werte in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt.

Messpunkt	natürliche Beschallung		Front Row pro digital		Front Row to go		resEARch	
	dB(A)	STI	dB(A)	STI	dB(A)	STI	dB(A)	STI
1	54,7	0,76	63,5	0,78	62,1	0,77	60,9	0,80
2	55,4	0,79	64,3	0,79	62,4	0,79	60,3	0,79
3	56,7	0,82	64,3	0,78	62,9	0,81	62,7	0,87
4	56,1	0,80	63,2	0,78	65,6	0,84	59,1	0,80
5	55,7	0,74	63,4	0,78	70,4	0,92	59,3	0,78
6	59,5	0,84	64,2	0,77	65,3	0,81	64,4	0,87
7	54,3	0,76	64,4	0,79	62,1	0,79	58,5	0,80
8	55,2	0,76	62,7	0,77	62,2	0,80	59,4	0,80

Tabelle 1

Frequenz (Tonhöhe) in Hertz (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Nachhallzeit in Sekunden (s)	**0,43**	**0,34**	**0,34**	**0,31**	**0,31**	**0,29**
mittlere Nachhallzeit in s	0,34					

Tabelle 2

Schalltechnische Anforderungen gemäß DIN

Die Anforderung an die einzuhaltende Nachhallzeit in dem geprüften Klassenraum lautet nach DIN 18041 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen", Stand Mai 2004, für den Unterricht guthörender Kinder Tsoll = 0,52 Sekunden. Nach den Vorgaben dieser Norm soll in Klassenräumen für den Unterricht hörbeeinträchtigter Kinder eine um 20 Prozent kürzere Nachhallzeit von lediglich Tsoll = 0,42 Sekunden eingehalten werden. Weil teilweise auch Wandflächen schallabsorbierend belegt sind, wird diese Nachhallzeit im vorliegenden Fall günstigerweise sogar noch deutlich unterschritten.

An allen Plätzen soll ein möglichst hoher Direktschallanteil und ein möglichst geringer Anteil diffuser Schalleinwirkungen erreicht werden. Dies ist einer von mehreren Gründen, warum in Schulen für Hörgeschädigte die Kinder mit geringen Abständen im Halbkreis um den Lehrerplatz herum sitzen.

Zur Beurteilung der Gleichmäßigkeit der Schallverteilung erfolgten die Schallpegelmessungen wie beschrieben an insgesamt acht verschiedenen Zuhörerplätzen – fünf im Halbkreis und drei an weiteren Zuhörerplätzen. Das Messmikrofon kann dabei aber nicht unterscheiden, ob es Direktschall von der Schallquelle oder diffusen Schall aus dem Raum aufnimmt, sondern es misst lediglich den Gesamtschalldruckpegel als Überlagerung beider Schallanteile.

Eine Aussage über das Verhältnis zwischen direktem und diffusem Schall ermöglicht dagegen die Messung des Sprachübertragungsindex STI. Die Bestimmung der STI-Werte beruht auf der Messung der Verringerung der Signalmodulation zwischen dem Ort der Schallquelle und dem Hörer bei Oktavmittenfrequenzen von 125 bis 8 000 Hertz. Die Sprachverständlichkeit wird nicht nur durch Nachhall und Störgeräusche, sondern allgemein durch alle fremden Signale beziehungsweise Signalveränderungen, die auf dem Weg zwischen Quelle und Hörerplatz auftreten, herabgesetzt. Das Messverfahren und die entsprechenden Einschränkungen der Anwendung von STI sind in der Norm DIN EN 60268-16 beschrieben.

Im Allgemeinen wird folgende qualitative Einstufung der STI-Werte vorgenommen:

- STI = 1,00 bis 0,75: Sprachverständlichkeit ausgezeichnet
- STI = 0,75 bis 0,60: Sprachverständlichkeit gut
- STI = 0,60 bis 0,45: Sprachverständlichkeit befriedigend
- STI = 0,45 bis 0,30: Sprachverständlichkeit schlecht
- STI = 0,30 bis 0,00: Sprachverständlichkeit sehr schlecht

Der Sprachübertragungsindex STI sollte im Regelfall in Räumen für Sprachdarbietungen größer sein als 0,6. In DIN 18041 wird STI ≥ 0,56 gefordert. Änderungen des STI von 0,03 werden gerade wahrgenommen.

Der diffuse Schallanteil ist überall im Raum etwa gleich hoch. Bei Annäherung an eine Schallquelle steigt der Schallpegel an. Deshalb ist nahe am Lautsprecher der Direktschall im Verhältnis zum diffusen Schall sehr hoch, aber bei großen Abständen ist der Direktschall unter Umständen leiser als der diffuse Schall (siehe Abbildung links auf Seite 27). Demnach wirkt bei ein und derselben Beschallungssituation an den festgelegten Messpunkten im Raum, die – gegenüber anderen Messpunkten – einen besonders hohen Gesamtschallpegel haben, ein starker Direktschall ein und damit ist auch der STI günstig.

Diese Aussage gilt allerdings nur für die Relation der Messergebnisse untereinander. Man kann daraus aber nicht ableiten, dass dann, wenn man den Gesamtschallpegel im Raum durch Anheben der Verstärkung vergrößert, auch der STI zunimmt. Gelegentlich ist sogar das Gegenteil der Fall. Mit einer größeren Verstärkung regt man nämlich auch in gleichem Maß den diffusen Schall mit an.

www.hansaton.de

Meine Welt ...

HANSATON
hearing & emotions

Hansaton Akustik GmbH · Sachsenkamp 5
20097 Hamburg · www.hansaton.de
Tel.: 040 29 80 11-110 · Fax: 040 29 80 11-850

Beurteilung der Messergebnisse

Die Schallpegelverteilungen entsprechen der Situation, wie sie aufgrund der räumlichen Anordnung der Lautsprecher zu erwarten war. Die erste Messung ohne Beschallungsanlage allein mit dem Messlautsprecher zeigt eine gewisse Pegelanhebung nach vorne an den Messpunkten drei und sechs und einen leichten Abfall zu den Seiten.

Deutlich gleichmäßiger stellt sich die Situation bei zusätzlicher Verwendung der FrontRow pro digital dar. In diesem Fall waren insgesamt fünf Lautsprecher in Betrieb, nämlich der Messlautsprecher als Sprechernachbildung und vier an der Decke angebrachte Lautsprecher. Damit ergab sich eine sehr gleichmäßige Pegelverteilung, wie sie üblicherweise dann vorliegt, wenn der diffuse Schallanteil groß, der Direktschallanteil aber gering ist.

Eine völlig andere Situation ergab sich bei Verwendung der Anlage FrontRow to go. Hier lagen die höchsten Schallpegel in unmittelbarer Nähe der Lautsprecherbox am Messpunkt fünf vor. Sie waren noch lauter als die vom Sprecher ausgesandten Schallpegel auf der Bezugsachse. Nach den obigen Überlegungen ist zu erwarten, dass es einige Plätze in unmittelbarer Nachbarschaft der Lautsprecherbox geben wird, bei denen ein hoher bis sehr hoher STI erreicht werden wird, dass es aber auch andere Plätze gibt, an denen sich der direkte Schall vom Sprecher und der diffuse Schall vom Lautsprecher überlagern und an denen der Direktschall im Verhältnis zum diffusen Schall sehr gering ist. An solchen Punkten kann prinzipiell sogar eine Verschlechterung des STI gegenüber der unverstärkten Sprache eintreten.

Die Schallpegelverteilung für den Lautsprecher der resEARch-Anlage ist aufgrund der aus baupraktischen Gründen erfolgten falschen Anordnung des Lautsprechers sehr unausgeglichen. In der Bezugsachse, also an den Messpunkten drei und sechs, liegen sehr hohe Schallpegel vor. Sie fallen zu den Seiten hin deutlich ab. Würde man den Lautsprecher nicht als „Zeile", sondern wie eigentlich vorgesehen als „Säule" anbringen, so wäre eine wesentlich gleichmäßigere Direktschallverteilung zu erwarten.

Messpunkt	natürliche Beschallung		Front Row pro digital		Front Row to go		resEARch	
	dB(A)	STI	dB(A)	STI	dB(A)	STI	dB(A)	STI
1	54,7	0,76	63,5	0,78	62,1	0,77	60,9	0,80
2	55,4	0,79	64,3	0,79	62,4	0,79	60,3	0,79
3	56,7	0,82	64,3	0,78	62,9	0,81	62,7	0,87
4	56,1	0,80	63,2	0,78	65,6	0,84	59,1	0,80
5	55,7	0,74	63,4	0,78	70,4*	0,92*	59,3	0,78
6	59,5	0,84	64,2	0,77	65,3	0,81	64,4	0,87
7	54,3	0,76	64,4	0,79	62,1	0,79	58,5	0,80
8	55,2	0,76	62,7	0,77	62,2	0,80	59,4	0,80
Mittelwert	55,95	0,78	63,75	0,78	63,23	0,80	60,58	0,82

* bei der Mittelwertbildung wegen unrealistisch geringen Abstands nicht berücksichtigt

jeweils höchster Messwert einer Beschallungsanlage

jeweils zweithöchster STI-Messwert einer Beschallungsanlage

Tabelle 3

In der Bezugsachse hatte dieser Lautsprecher von allen untersuchten Typen den ausgeglichensten Frequenzgang. Auch die seitlichen Plätze beschallt dieser Lautsprecher sehr ausgeglichen.

Extrem ungünstig ist die Anlage FrontRow pro digital, die an den Plätzen eins und fünf (vorne links und vorne rechts) sowie sieben und acht (hinten links und hinten rechts) sehr starke tieffrequente Schallpegel erzeugt, während die hohen Frequenzen abnehmen. Diese Darbietung ist für eine gute Sprachverständlichkeit deutlich zu basslastig.

Aufgrund der sehr kurzen Nachhallzeit von nur Tm = 0,34 Sekunden in dem kleinen Klassenraum von lediglich 147 Kubikmeter war auch ohne elektroakustische Unterstützung allein durch den Sprecher ein günstig hoher Sprachübertragungsindex STI zu erwarten. Tatsächlich ist dies mit Werten zwischen 0,74 und 0,84 auch der Fall. Alle Messergebnisse sind als „ausgezeichnet" einzustufen. Aus diesem Grunde war von vornherein anzunehmen, dass durch die zusätzlichen Freifeldbeschallungsanlagen keine wesentliche Verbesserung mehr erreicht werden kann. Die Wirkung könnte in ungünstigeren Klassenräumen, die größer und/oder halliger sind, möglicherweise noch deutlicher ausfallen.

Für die Beurteilung der Messergebnisse sind die Werte in Tabelle 3 farbig unterlegt. Zusätzlich wurden arithmetische Mittelwerte des Schallpegels und des Sprachübertragungsindex STI in die unterste Zeile der Tabelle eingetragen.

Mit einer grünen Hinterlegung sind für jede Beschallungssituation die Messergebnisse gekennzeichnet, bei denen der höchste STI auftrat. Dies ist immer auch jeweils das Messergebnis, bei dem der höchste Gesamtschallpegel gemessen wurde, womit die obigen Überlegungen bestätigt werden.

Mit einer gelben Hinterlegung wurden diejenigen Messpunkte gekennzeichnet, bei denen der jeweils nächst niedrigere STI-Wert ermittelt wurde. In allen Fällen mit zusätzlicher Beschallung gibt es nicht nur ein gelb markiertes Feld, sondern mehrere. Besonders auffällig ist dies bei der Anlage FrontRow pro digital. Hier treten überhaupt nur drei verschiedene STI-Werte auf, die mit 0,77, 0,78 und 0,79 unmittelbar beieinanderliegen. Der Platz sechs, an dem ohne Zusatzbeschallung mit 0,84 der günstigste STI erreicht wurde, erzielt mit der diffusen pro Digital-Beschallung lediglich 0,77 und somit den schlechtesten Wert dieser Beschallungssituation. Er wird von allen fünf Schallquellen etwa gleich stark getroffen. Damit wird die obige Aussage

bestätigt, dass eine ungünstige Lautsprecheranordnung sogar zu einer Verschlechterung des Sprachübertragungsindex führen kann. Im räumlichen Mittel führt diese Anlage zu keiner Verbesserung des Sprachübertragungsindex. Als Mittelwert über acht Messpunkte bleibt er bei 0,78.

Etwas günstiger ist die Situation bei Verwendung der FrontRow to go. Der Messpunkt fünf blieb bei der Mittelwertbildung unberücksichtigt, da ein Abstand von nur 1,40 Meter zwischen dem Lautsprecher und dem nächsten Schülerplatz für Regelschulen als ungewöhnlich gering und praxisfremd erscheint. Bei der Mittelung über die sieben weiteren Punkte steigt der STI von 0,78 auf 0,80, also um 0,02, obwohl der mittlere Schallpegel im Raum sogar etwas geringer ist als bei der FrontRow pro digital-Anlage. Auch dies ist wiederum ein Hinweis darauf, dass nicht der Gesamtschallpegel am Hörerplatz für die Sprachverständlichkeit wichtig ist, sondern nur der Pegel des Direktschallanteils.

Bei der FrontRow to go wurde an einem Messpunkt ein gleich guter STI erzielt wie (an einem anderen Messpunkt) auch ohne elektroakustische Unterstützung. Bei der Anlage FrontRow pro digital liegen aber (aufgrund des großen diffusen und geringen Direktschallanteils) die STI-Werte alle niedriger als ohne elektroakustische Unterstützung.

Noch auffälliger ist die Situation bei der resEARch-Anlage. Hier liegt der mittlere Schallpegel um nochmals drei Dezibel niedriger. Dennoch steigt der STI um weitere 0,02 auf 0,82. Durch die starke Bündelung des hier verwendeten Lautsprechers wird im Verhältnis zum Direktschall deutlich weniger diffuser Schall angeregt als bei den beiden anderen Anlagen und insgesamt kann der Unterricht leiser ablaufen. In diesem Zusammenhang ist interessant, dass die Anlage im vorgefundenen Zustand sogar noch leiser eingestellt war. Sie wurde für eine bessere Vergleichbarkeit der Messergebnisse untereinander am Bezugspunkt auf denselben Soll-Wert eingeregelt und somit lauter gestellt als standardmäßig im Schulbetrieb üblich.

Bei der resEARch-Anlage wurde an zwei Messpunkten, nämlich den Punkten drei und sechs, auf der Bezugsachse mit 0,87 ein um 0,03 höherer STI ermittelt als bei der Schallausbreitung ohne zusätzliche Beschallungsanlage.

Fazit

Die Anlagen konnten im vorliegenden Fall – aufgrund der ohnehin sehr guten Messergebnisse auch ohne eine elektroakustische Unterstützung – nicht zeigen, was möglicherweise „in ihnen steckt". Die Messungen müssten daher eigentlich in normal großen Klassenräumen sowohl mit günstiger als auch mit ungünstiger raumakustischer Situation nochmals ausgeführt werden. Die Messungen erfolgten bereits Ende 2008. Inzwischen sind schon einige Jahre vergangen, ohne dass die Firmen Interesse gezeigt hätten, diese Zusammenhänge weiter zu untersuchen.

Wenn man unbedingt Freifeldbeschallungsanlagen in Klassenräume einbauen will, dann müssen folgende Voraussetzungen erfüllt und Randbedingungen bedacht werden:

1. Der Klassenraum muss eine möglichst kurze Nachhallzeit aufweisen (Tm < 0,5 s).
2. Die Freifeldbeschallungsanlage darf nur einen einzigen Lautsprecher haben, weil mit mehreren Lautsprechern nur der diffuse Schall erhöht wird, nicht aber der Direktschall.
3. Dieser eine Lautsprecher muss als Säule (also fast senkrecht) angebracht werden und nicht als Zeile (also nicht horizontal).
4. Der Lautsprecher muss eine leichte Neigung haben, um die Zuhörerebene der Schüler mit Direktschall zu versorgen.
5. Damit bei den Schülern viel Direktschall und nur wenig diffuser Schall ankommt, dürfen deren Sitzabstände zum Lautsprecher nicht zu groß sein.
6. Günstig ist deshalb eine Anbringung kurz vor dem Lehrerstandort vor der Tafel in Richtung zu den Schülern und deren halbkreisförmige Anordnung um diese Lehrer- und Lautsprecherposition.
7. Die Übertragung von den Lehrer- und Schülermikrofonen zum Verstär-

ker muss über Funk erfolgen und (wegen der Störanfälligkeit und Abschattungen) nicht über Infrarot.
8. Wenn mehrere Anlagen in einer Schule eingesetzt werden sollen, dann muss ein Frequenzverteilungsplan erstellt werden. Die dafür zulässigen Frequenzen werden von der Bundesnetzagentur nach der sogenannten Frequenzbereichszuweisungsplanverordnung verteilt.

Es gilt also: Zunächst eine kurze Nachhallzeit für die Klassenräume schaffen (Tm < 0,5 Sekunden) und erst anschließend eine Freifeldbeschallungsanlage installieren. Aber meistens kommt man bei einer kurzen Nachhallzeit schon ohne Beschallungsanlage gut zurecht.

Carsten Ruhe

Hinweis
Nicht berücksichtigt werden konnte bei diesen Messungen die digitale Freifeldbeschallungsanlage Dynamic SoundField von Phonak, die zu diesem Zeitpunkt noch nicht erhältlich war. Zwar liegen dazu keine vergleichbaren Messungen vor. Erfahrungen dazu vermittelt ein aktuelles Interview zu praktischen Erfahrungen mit dieser Anlage im Schulalltag (siehe Folgebeitrag). Außerdem können Sie die Ergebnisse einer Untersuchung dieser Anlage in besetzten Klassenzimmern mit einer Mail an redaktion@hoerakustik.net anfordern.

„Das System ist eine große Hilfe"

Im Interview schildert Max Dimpflmeier, selbst hörbeeinträchtigter Betreuer hörgeschädigter Schüler sowie Lehrer am Gisela-Gymnasium in München, seine Erfahrungen mit der Freifeldbeschallungsanlage Dynamic SoundField von Phonak. Das Gisela-Gymnasium ist eine Schule mit Inklusionsklassen, in denen Schülerinnen und Schüler mit und ohne Hörschädigung bis zum Abitur gemeinsam unterrichtet werden.

Hörakustik: Vor welchen Herausforderungen stehen Sie als hörgeschädigter Lehrer für Inklusions- und Regelklassen im täglichen Schulalltag?

Max Dimpflmeier: Die Arbeit mit Kindern und Jugendlichen ist für jeden Pädagogen eine Herausforderung. Als hörgeschädigter Lehrer kämpfe ich zudem mit Hintergrundlärm im Unterricht und der Aussprache der Schüler. Daneben muss ich natürlich sicherstellen, dass die schwerhörigen Kinder dem Unterricht folgen können. Und dann versuche ich beide Lebenswelten – die der Schwerhörigen und die der Normalhörenden – in Einklang zu bringen. Die Balance zu halten, ist nicht immer einfach, aber die Anerkennung ist groß, wenn es gelingt.

Hörakustik: Inwiefern erleichtert Ihnen das Beschallungssystem den Unterrichtsalltag?

Max Dimpflmeier: Die Akustik im Klassenzimmer ist viel besser und Störgeräusche werden ausgeblendet. Den Schülern und mir selbst fällt es leichter, Gesprochenes zu verstehen. Und als Lehrer ist es mir natürlich sehr wichtig zu hören, was die Schüler zu sagen haben – schließlich muss ich das ja auch bewerten. Vor allem in Unterrichtsfächern wie Ethik, in denen viel diskutiert wird, ist das System eine große Hilfe. Ein weiterer angenehmer Effekt: In gewissen Situationen muss ich nicht mehr die Stimme erheben. Das schont Stimme und Nerven. Insgesamt gibt das System allen im Klassenraum mehr Sicherheit.

Hörakustik: Sie selbst haben 1990 am Gisela-Gymnasium das Abitur gemacht. Können Sie uns erklären, warum es für hörgeschädigte Kinder so wichtig ist, mit Normalhörenden Abitur zu machen?

Max Dimpflmeier: Das hat vor allem mit Selbstfindung und Identitätsentwicklung zu tun: Schaffe ich es, mit Guthörenden die gleiche Ausbildung beziehungsweise das gleiche Abitur zu machen, ist mein Selbstbewusstsein für alle künftigen Herausforderungen gestärkt. Mein Entschluss, von der Samuel-Heinicke-Realschule für Hörgeschädigte an das Gisela-Gymnasium zu wechseln, wurde damals primär von dem Gedanken getragen, das Abitur machen zu wollen. Unbewusst verspürte ich auch das Bedürfnis, mich mehr in der Welt der Hörenden zu bewegen, um der zunehmenden sozialen Isolation entgegenzuwirken.

Für mich war es sehr wichtig, zu erkennen, dass auch die normal hörenden Schüler ihre menschlichen und schulischen Probleme haben. Und auch ihnen fiel es schwer, darüber zu reden. Das Gefühl, als Behinderter eine Sonderbehandlung zu genießen, für die ich stets dankbar war, wurde korrigiert. Ich lernte, dass ich nicht nur Hilfe annehmen, sondern auch geben konnte. Und, dass der Kontakt mit Normalhörenden nicht nur Verunsicherung in mir auslöst, sondern auch Freude und Leidenschaft.

Das heißt aber nicht, dass Inklusion für jeden der richtige Weg ist. Um das herauszufinden, führen wir am Gisela-Gymnasium intensive Vorabgespräche mit den potenziellen Schülern und ihren Eltern. Erst danach können wir abschätzen, ob unser Modell zu ihnen passt.

Hörakustik: Welche Voraussetzungen muss eine Schule haben, um hörgeschädigte Kinder in den allgemeinen Unterricht zu integrieren?

Max Dimpflmeier: Dazu gehören gewisse Rahmenbedingungen wie spezielle Unterrichtsräume und einige technische Hilfsmittel. Im Gisela-Gymnasium verfügen wir über schallgedämmte Klassenzimmer, die mit einer Hörsprechanlage ausgestattet sind. Die Schüler sitzen im Halbkreis, sodass auch von den Lippen abgelesen werden kann. Unsere neueste Errungenschaft für die Inklusionsklassen ist das mobile Beschallungssystem Dynamic SoundField von Phonak. Mittels FM-Übertragung können wir gleichzeitig schwerhörige Schüler direkt auf dem Hörgerät und die Normalhörenden über einen Lautsprecher ansprechen.

Ferner werden Lehrkräfte mit sonderpädagogischen Zusatzqualifikationen benötigt. Besonders wichtig für die schwerhörigen Schüler ist der Betreuungslehrer als Vertrauensperson – am Gisela-Gymnasium bin ich das.

Redaktion