

Kindertagesstätten

**Zu hohe Schallpegel
infolge zu
geringer
Schallabsorption**

D

er nachfolgende Bericht schildert einen Baumangel, der in den vergangenen Jahren im Ingenieurbüro des Verfassers bei mehr als 20 verschiedenen Gebäuden zu bearbeiten war: Unnötig und unerwünscht hohe Schallpegel infolge zu geringer Schallabsorption der raumbegrenzenden Flächen.

Die Erzieherinnen einer Kindertagesstätte und auch einige Eltern, deren Kinder sich wegen häufiger Kopfschmerzen weigerten, die Kindertagesstätte aufzusuchen, beanstandeten bei der Trägerschaft die unzumutbare Lärmsituation innerhalb der Räume. Nachhallmessungen in der auch als Essraum genutzten Halle und in einem beispielhaft ausgewählten Gruppenraum zeigten, dass trotz in Teilbereichen schallabsorbierender Unterdecken deutlich zu hohe Werte vorlagen. Im Verhältnis zu den Vorgaben der Arbeitsstättenverordnung § 15 [1] waren die Messwerte bei weitem zu hoch. Mit zusätzlichen Schallabsorptionsmaßnahmen, vorrangig im Deckenbereich, konnten Pegelminderungen in der Größenordnung von 4 dB bewirkt werden.

Sachverhalt

Bei einer neu errichteten Kindertagesstätte wurden zwei verschiedene Konstruktionsweisen verwendet. Während das Gebäudezentrum mit der Haupthalle aus massiven Wänden und einer Stahlbetondecke besteht, sind die Decken der angrenzenden Gruppenräume aus Stahlträgern mit unterseitiger Gipskartonbeplankung erstellt. An den Decken der Gruppenräume wurden gemäß Abbildung 1 in Teilflächen zur Schallabsorption auch Holzwole-Leichtbauplatten angebracht. Der Fußboden erhielt als leicht zu reinigenden Belag Linoleum.

Die zentrale Halle hat einen unregelmäßigen Grundriss mit einer Fläche von etwa 81 m². Bei einer Raumhöhe von 3 m beträgt das Volumen 243 m³. Die gleichhohen Gruppenräume haben bei einer Grundfläche von ca. 6 x 8 m ein Raumvolumen von 144 m³.

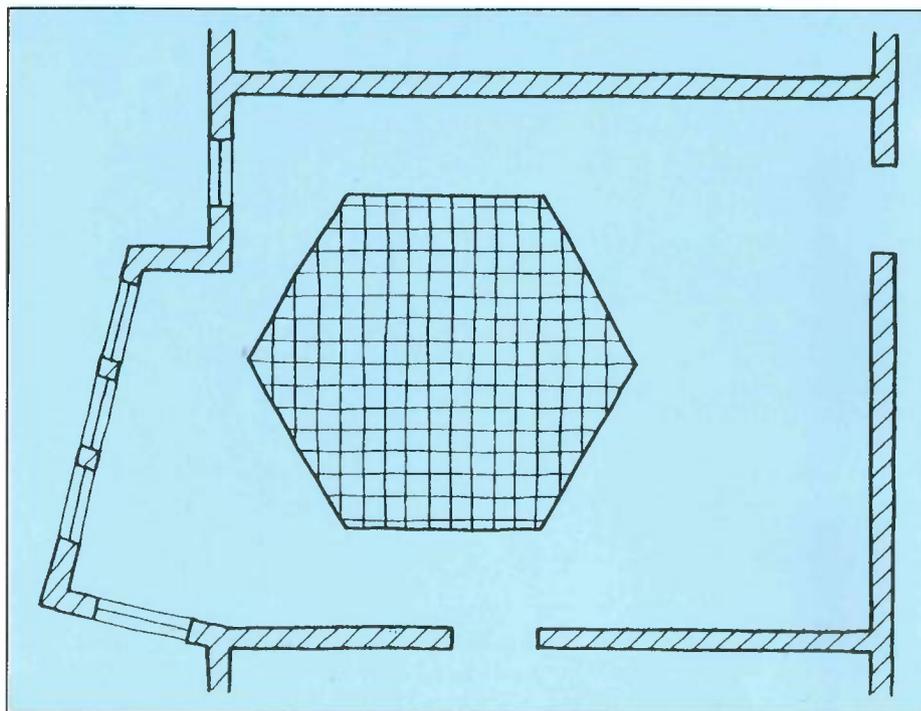


Abb. 1 Grundriss eines Gruppenraumes mit ursprünglicher Deckenbekleidung

DIN 18041 [2] von 1968 schlägt für Konferenz- und Klassenräume Nachhallzeiten zwischen 0,6 und 0,7 s vor. Gemessen wurden aber mittlere Werte von $T_m = 0,94$ s für den Gruppenraum und $T_m = 1,22$ s für die Halle. Die frequenzabhängigen Messergebnisse sind in den Abbildungen 2 und 3 für die beiden Räume im Ausgangszustand jeweils als obere Kurve dargestellt.

Einen Ausschnitt aus dem zeitlichen Verlauf des Momentan-Schallpegels während des Essens enthält Abbildung 4. Der Mittelungspegel betrug $Leq = 81$ dB(A). Vergleichswei-

se kann man aus [1] folgende Grenzwerte entnehmen:

- Bei überwiegend geistigen Tätigkeiten: 55 dB(A)
- Bei überwiegend mechanisierten Tätigkeiten und vergleichbaren Tätigkeiten: 70 dB(A)
- Bei allen sonstigen Tätigkeiten: 85 dB(A).

Nach den in VDI 2058-3 [3] beschriebenen Tätigkeitsmerkmalen sind Unterrichten und Erziehen keinesfalls als »sonstige« Tätigkeiten einzustufen, sondern eher den überwiegend geistigen Tätigkeiten zuzuordnen. Wenn Mittelungspegel von 55 dB(A)

Der Autor, Dipl.-Ing. Carsten Ruhe, ist beratender Ingenieur für Akustik und Thermische Bauphysik (VBI – Verband Beratender Ingenieure) bei der Taubert und Ruhe GmbH in Halstenbek. Seine Schwerpunkte sind: Baulicher Schallschutz, maschineller Schallschutz, Raumakustik, Thermische Bauphysik, barrierefreies Planen und Bauen für Schwerhörige. Ruhe hat an den Universitäten Hamburg und Hannover Physik studiert. 1977 machte er sein Diplom als Nachrichtentechniker. Seit 1983 ist er öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger und seit 1984 Leiter der VMPA-Güteprüfstelle (Verband der Materialprüfanstalten).



«...sieht gut aus, aber mit dem Hören hapert's...» (Foto MEV)

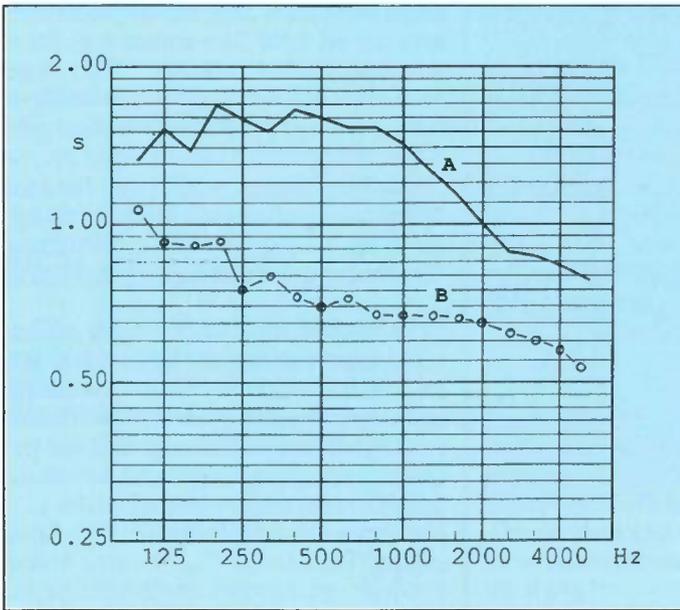


Abb. 2 Frequenzabhängige Nachhallzeiten in der Halle, Kurve A: Ausgangszustand, Kurve B: nach der Sanierung

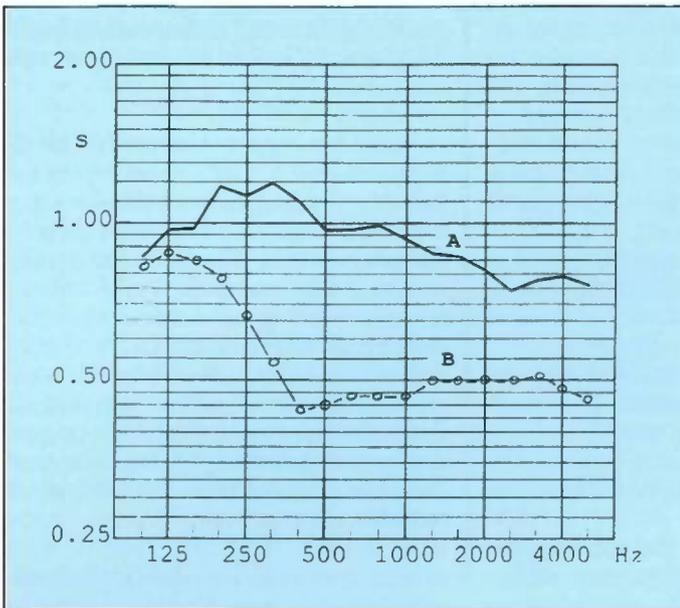


Abb. 3 Frequenzabhängige Nachhallzeiten in einem Gruppenraum, Kurve A: Ausgangszustand, Kurve B: nach der Sanierung

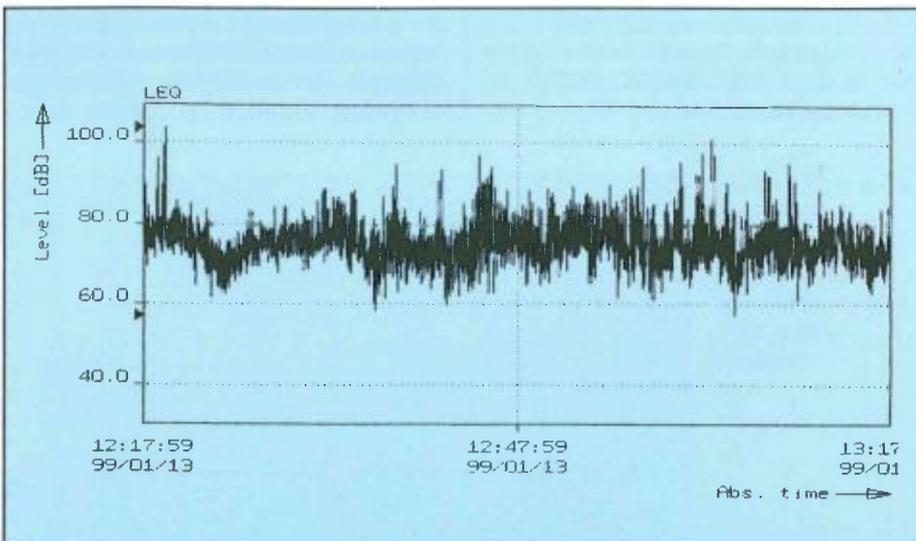


Abb. 4 Zeitlicher Verlauf des A-bewerteten Momentan-Schallpegels während des Mittagessens, Ausschnitt aus der Messung vor der Sanierung

schon nicht erreichbar sind, so sollten doch 70 dB(A) möglichst nicht überschritten werden.

Interessant war die Beobachtung, dass beim gemeinsamen Singen und Musizieren, also bei »geordneter« Geräuscherzeugung, die mittleren Schallpegel zwischen 70 und 72 dB(A) lagen. Während des Essens, bei ungeordneter Geräuscherzeugung, betragen sie aber über 80 dB(A). Insofern relativiert sich die obige Aussage ein wenig. Noch höhere Schallpegel wurden schon in [4] beschrieben.

Ursachen

In der zentralen Halle waren zum Zeitpunkt der Besichtigung nur auf einer Fläche von etwa 27 m² schallabsorbierende Deckenplatten angebracht. In den Gruppenräumen hatte man ein mittleres Deckenfeld von etwa 14 m² mit schallabsorbierenden Holzwolle-Leichtbauplatten bekleidet. Aufgrund der geringen Konstruktionshöhe und wegen des Verzichtes auf eine zusätzliche Schallschluckhinterlegung mit Mineralfaserplatten war deren Wirkung begrenzt.

Ein mindestens gleich großer Teil an Schallabsorptionsfläche ergab sich durch die im Raum vorhandenen Ausstattungsgegenstände. Die Deckenverkleidungen hatten in Bezug auf die Akustik also eher einen symbolischen Charakter.

Schallenergien, die beim Sprechen, Singen und Musizieren, aber auch bei den verschiedenen Tätigkeiten des Spielens erzeugt werden, können sich, wenn sie im Freien entstehen, zu allen Seiten ungehindert ausbreiten. Dann nimmt der Schallpegel mit jeder Verdoppelung des Abstandes von der Schallquelle um 6 dB ab. Selbst bei intensivem Spielen ergeben sich dadurch bereits bei geringen Abständen vertretbar niedrige Schallpegel.

Werden die gleichen Schallenergien innerhalb geschlossener Räume erzeugt, so können sie sich nicht mehr frei ausbreiten, sondern die schallharten Fußboden-, Wand- und Deckenflächen reflektieren die Schallwellen. Je kleiner das Raumvolumen ist, in das die Schallenergie eingestrahlt wird, desto höher wird die Schallenergiedichte im Raum und um so mehr steigt der Schallpegel an. Dadurch werden solche Räume im Verhältnis

zur Geräuscherzeugung im Freien als sehr laut empfunden.

Man kann den Schallpegelanstieg verringern, wenn durch schallabsorbierende Bekleidungen an der Decke, den Wänden und dem Fußboden nur noch ein Teil der jeweils auftretenden Schallenergie in den Raum zurückgeworfen, ein anderer Teil aber durch Reibung in Wärme umgewandelt wird.

Harte luftdichte Baustoffe mit einem niedrigen Schallabsorptionsgrad wandeln nur einen geringen Teil der auftretenden Schallenergie in Wärme um. Sie reflektieren den anderen aber zurück in den Raum. Poröse Materialien haben bei ausreichender Schichtdicke und einem angepassten Strömungswiderstand günstige Schallabsorptionsgrade. Das typische kleine Format derartiger Schallabsorptionsplatten mit Kantenlängen von 60 cm (internationales Raster) bzw. 62,5 cm (deutsches Raster) und das sichtbare Fugenbild werden von vielen Planern für eine erhebliche gestalterische Einschränkung gehalten. Das Bestreben, diese Einschränkungen zu vermeiden, führt oft zu dem auch in dieser Kindertagesstätte festgestellten fast vollständigen Verzicht auf Schallabsorptionsplatten. Die dadurch bedingten gravierenden Nutzungsbeeinträchtigungen werden dann leider oft nicht bedacht. Im Ingenieurbüro des Autors heißt es hier zu regelmäßig: »Sieht gut aus, aber hört sich schlecht an!«

Sanierung

Sowohl die Betreibergesellschaft der Kindertagesstätte als auch die dort tätigen Erzieherinnen baten darum, Maßnahmen auszuarbeiten, die eine Nutzung der Räume mit minimalen akustischen Störungen ermöglichen. Dabei sei ihnen der gestalterische Aspekt völlig gleichgültig. Auch urheberrechtliche Belange seien in ihren Augen (!) nebensächlich, denn es komme ihnen auf die Ohren an.

DIN 18041 [2], die für ein Raumvolumen von 125 m³ eine anzustrebende Nachhallzeit von 0,6 s und für ein Raumvolumen von 250 m³ einen Wert von 0,7 s benennt, wird bei akustischen Beratungen noch immer als Planungsgrundlage herangezogen. Diese 31 Jahre alte Norm gibt nicht mehr die allgemein anerkannten Regeln der Technik wieder. Mit einer

grundlegenden Überarbeitung hat man gerade begonnen.

Neuere Forschungsergebnisse belegen, dass kürzere Nachhallzeiten in Arbeitsstätten und Kommunikationsräumen nicht nur für die Lärmreduzierung sondern auch für die Sprachverständlichkeit besser sind. Ein Optimum wird derzeit bei einer mittleren Nachhallzeit unter 0,4 s gesehen. Diese Zusammenhänge werden in [5] ausführlich erläutert.

Auf diese Vorgaben waren die Sanierungsmaßnahmen abzustimmen. Dabei musste man aber auch berücksichtigen, dass eigentlich keine Höhe für eine abgehängte Decke zur Verfügung stand. Die Konstruktionshöhe war also so knapp wie möglich zu bemessen.

In der Halle entfernte man die mit Holzwolle-Leichtbauplatten belegten Deckenfelder und befestigte unsichtbar an einer Sparschalung unter der Betondecke durch direkte Verschraubung 20 mm dicke Mineralfaser-Deckenplatten mit Nut- und Federkanten. Die gesamte Decke der Halle wurde entsprechend Abbildung 5 mit Ecophon-Platten, Typ Focus, Kante F, so bekleidet, dass lediglich angefaste Kanten sichtbar blieben.

Im Gruppenraum wurde das vorhandene Feld aus Holzwolle-Leichtbauplatten belassen. Die restliche Deckenfläche wurde mit den beschriebenen Mineralfaser-Deckenplatten belegt.

Im Anschluss an die raumakustischen Ergänzungsmaßnahmen erfolgten nochmals Nachhall- und Schallpegelmessungen. Die in der Halle und im Gruppenraum in Abhängigkeit von der Frequenz aufgenommenen Werte sind in den Abbildung 2 und 3 als jeweils untere Kurve den Werten des

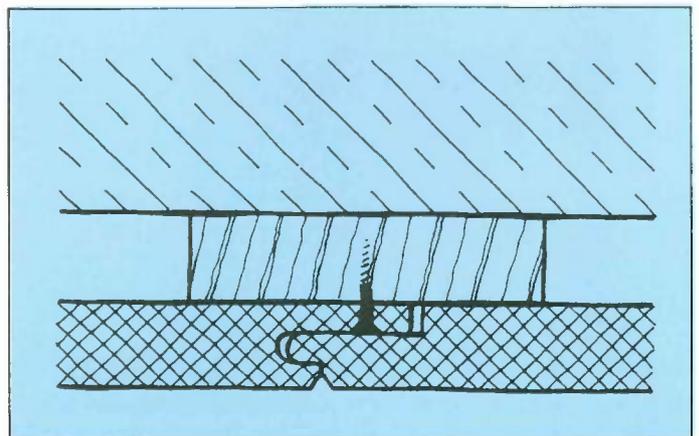
ursprünglichen Zustandes gegenüber gestellt. In der Halle wurde eine mittlere Nachhallzeit von $T_m = 0,76$ s und im Gruppenraum ein Wert von $T_m = 0,59$ s gemessen. Damit wurden größenordnungsmäßig die Vorgaben aus [2] erfüllt. Dieses wäre zwar für eine Neuplanung als nicht befriedigend anzusehen, ist jedoch für die Sanierung bereits ein guter Erfolg.

In Abbildung 3 kann man erkennen, dass sich im tieffrequenten Bereich die Nachhallzeit nur unwesentlich verringert hat. Dies ist darauf zurückzuführen, daß aufgrund der geringen zur Verfügung stehenden Montagehöhe der Absorptionsgrad der verwendeten Deckenplatten für tiefe Töne gering ist. Bei mittleren und hohen Frequenzen beträgt die Nachhallzeit durchgängig weniger als 0,5 s. Damit werden die subjektiv besonders störenden mittel- und insbesondere hochfrequenten Geräuschanteile gut vermindert.

Nach den Ergebnissen der Nachhallzeitmessungen hätte man eigentlich bei den Dauerschallpegelmessungen – bezogen auf eine konstante Schallemission – eine Pegelminderung um knapp 2 dB erwarten dürfen. Messtechnisch belegt sind aber Pegelminderungen um fast 4 dB. In Abbildung 6 kann man im Bereich des sehr steilen Kurvenverlaufes (dies sind die Bereiche mit den am häufigsten vorkommenden Schallpegelstichproben) die Verschiebung um fast 4 dB deutlich erkennen.

Dieser Effekt ist häufig zu beobachten: In lauten Räumen wird unwillkürlich lauter gesprochen, um trotz der Störgeräusche eine ausreichende Sprachverständlichkeit zu erzielen. Dagegen kann man in stärker gedämpften Räumen, in denen durch

Abb. 5 Schallabsorbierende Deckenbekleidung Ecophon Focus direkt auf Lattung verschraubt



Schallabsorption der Störschallpegel verringert worden ist, auch leiser sprechen. Das Verhältnis zwischen der rechnerisch aus den Nachhallzeiten ermittelten Pegelminderung und der messtechnisch ermittelten liegt häufig bei etwa 1:2.

Stellungnahme

Bei dem hier beschriebenen Fall handelt es sich um einen Mangel, der die Tauglichkeit des nach dem gewöhnlichen oder dem laut Vertrag vorausgesetzten Gebrauch aufhebt oder mindert. Dieser Mangel ist ausschließlich auf eine nicht sachgerechte Planung des Architekten und nicht auf einen handwerklichen Ausführungsfehler zurückzuführen. Er ist kein Einzelfall, sondern einer von zahlreichen ähnlich gelagerten. Allein im Ingenieurbüro des Autors wurden in den vergangenen Jahren über 20 derartige Fälle bei neu errichteten Kindergärten, Kindertagesstätten und Schulen bearbeitet.

Man kann bei den genannten Räumen die raumakustischen Maßnahmen vorrangig unter dem Blickwinkel der Lärminderung am Arbeitsplatz betrachten, darf aber die sprachliche und musikalische Kommunikation mit den Kindern nicht vergessen. Gerade in Klassenräumen erfolgt vorrangig eine verbale Wissensvermittlung. Sie sind in diesem Sinne als Kommunikationsräume anzusehen. Dabei muss man bedenken, dass Unterricht für die Erzieherinnen und Lehrer auch harte Arbeit ist, verbunden mit der Aufgabe, täglich viele Stunden lang sprechen zu müssen und den durch die Kinder verursachten Störschallpegel zu übertönen. In diesem Sinne ergibt sich, dass alle Arbeits-

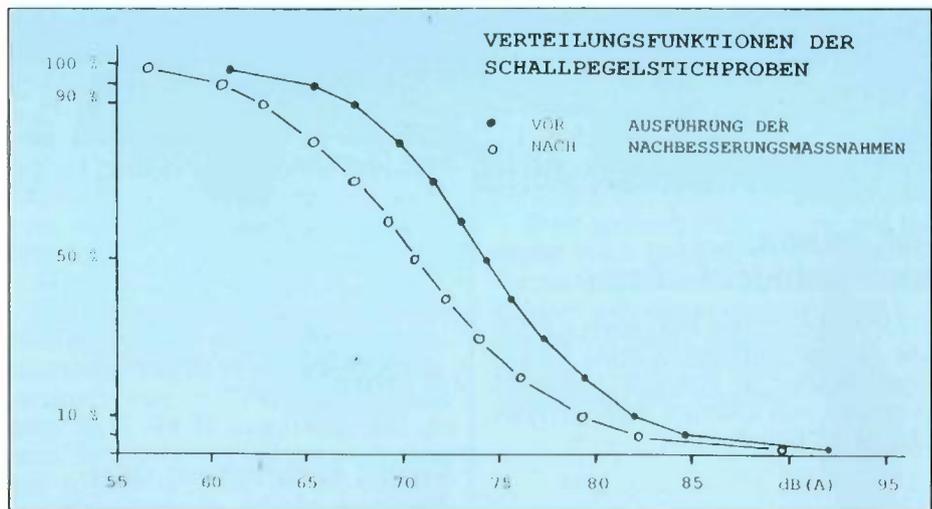


Abb. 6 Häufigkeitsverteilung der Schallpegelstichproben, Gegenüberstellung der Messergebnisse vor und nach der Sanierung. Deutlich ist zu erkennen, dass im mittleren Bereich zwischen 3 und 4 dB Pegelminderung erreicht wurden (Abb. C.R.)

räume gleichzeitig auch immer Kommunikationsräume sind und dass auch fast alle Kommunikationsräume Arbeitsräume sind. Man muss sie deshalb auch unter dem Blickwinkel der schalltechnischen Arbeitsplatz-Ergonomie betrachten.

Bei der vorgesehenen Überarbeitung von DIN 18041 [2] muss deshalb den Überlegungen zur Schallverteilung und Schalllenkung sowie zur Nachhallzeitgestaltung ein Abschnitt über Störschallverringerung vorangestellt werden. Ob dazu die Vorgaben aus [1] die geeigneten Werte sind, wird sich im Verlauf der Bearbeitung zeigen.

Die Messergebnisse nach der Sanierung belegen, dass optimale Werte nicht erreicht werden können, wenn man die raumakustischen Anforderungen nicht von vornherein konstruktiv berücksichtigt. Auch die ge-

stalterischen Belange könnten dann viel besser mit den akustischen abgestimmt werden, als dies bei einer Sanierungsmaßnahme (noch dazu unter Umgehung des Architekten) möglich ist.

Carsten Ruhe

Literatur

- [1] ArbStättV, Verordnung über Arbeitsstätten, 20. März 1975
- [2] DIN 18 041, »Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen«, Oktober 1968
- [3] VDI 2058-3, »Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten«, Februar 1999
- [4] Lutz, P. und Zimmermann, G.: Akustikdecke in einer Schwimmhalle – zu große Nachhallzeiten. Bauschäden-Sammlung, Band 4, S. 112 u. 113, Forum-Verlag, Stuttgart, 3. Auflage 1999
- [5] Ruhe, Carsten: »Kommunikationsräume – auch für Hörgeschädigte!« Beratende Ingenieure (1998), H.12, S.45 bis 50

LESER-
BRIEFELESER-
BRIEFELESER-
BRIEFELESER-
BRIEFE

Gut essen, aber schlecht hören

Helmut Kuby aus Nürtingen schrieb uns zu dem Artikel »Zu hohe Schallpegel infolge zu geringer Schallabsorption« von Carsten Ruhe in Hörakustik 3/2000, Seite 42.

Für mich ist das Erstaunlichste an diesem Bericht, dass sich die Betroffenen beschwert und sich nicht mit dem Mangel abgefunden haben. Wäre das doch häufiger der Fall!

Dieses »Sieht gut aus, hört sich aber schlecht an« findet man ja leider auch bei berühmten Architekten wie z. B. dem Star Richard Meier. Der Speisesaal, vielleicht auch Kantine genannt, im Verwaltungs-/Sozial-/Kunstgebäude der Brennerfirma Weishaupt in Schwendi ist unterträglich laut, weil der Raum ohne irgendwelche Absorptionsmaßnahmen ausschließlich aus (schale-)harten Materialien besteht.

Ich behaupte, dass es in Deutschland inzwischen eine ganze Anzahl von Restaurants gibt, in denen man gut essen, aber nur sehr wenige, in denen man sich (dabei auch noch) gut unterhalten kann. Warum ist das so? Liegt es an mangelnder Sensibilität, Fatalismus gegenüber vorgefundenen Zuständen oder ist es schlicht Unkenntnis, dass Verbesserungen möglich sind, auch solche, die nicht unerschwinglich sind.

Positiv überrascht waren meine Akustiker und ich von der Verbesserung, die wir mit der 10 mm dicken Akustik-»Tapete« Sto-Silentyl (schallabsorbierender Wand- und Deckenbelag) der Firma Stotmeister an der Decke eines 60 m² großen Raumes erreicht haben, der vorher wegen fehlender Absorption für Gruppengespräche ungeeignet war. Eine preiswerte Lösung.

Wenn Bauherren und Nutzer nicht dieselben sind...

Auf den vorstehenden Leserbrief sandte uns unser Autor Dipl.-Ing. Carsten Ruhe folgende Antwort:

Der vorliegende Leserbrief ist bisher der einzige, der mich schriftlich erreichte. Zahlreiche – durchweg positive – Äußerungen wurden mir telefonisch und zum Teil auch im persönlichen Gespräch überbracht. Den ersten Anruf erhielt ich bereits einen Tag gleich nach dem Erscheinen des Heftes vom Architekten der Kindertagesstätte. Er hatte den von mir nachgezeichneten Grundriss des Gruppenraumes wiedererkannt und wies in dem Telefongespräch darauf hin, dass zwar der Handwerker die ihm vorgegebene Planung umgesetzt habe, in seiner eigenen Planung seien aber wesentlich umfangreichere Schallabsorptionsflächen vorgesehen gewesen, die die Bauherrenschaft dann aus Kostengründen zusammengestrichen hat. So kann es gehen, wenn Bauherren und Nutzer nicht dieselben Leute sind!

Sie sprechen in Ihrem Brief zwei Aspekte an, die ich gerne kommentieren möchte:

1. Nur in wenigen der zahlreichen Fälle beklagen sich die Nutzer über eine mangelhafte Raumakustik und

2. Verbesserungen sind im Allgemeinen relativ einfach möglich. Man muss sie nur wollen.

Ich möchte in meiner Antwort noch einen dritten Aspekt hinzufügen:

3. Die physikalischen Zusammenhänge hierfür sind seit langem bekannt.

Zu 1.: Im Ingenieurbüro des Autors wurde in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Kommunikationsräumen aller Art (Konferenzräume, Hörsäle, Schulklassen, Kindergärten,

aber auch Gaststätten und Schalterhallen) wegen schalltechnischer Beanstandungen untersucht. Darunter war nicht ein einziger Raum, den man wegen zu starker Schallabsorption beanstandete. Immer ging es um mangelhafte Sprachverständlichkeit und zu große Lautstärke wegen zu geringer Schallabsorption.

In den meisten Fällen hat man eine ganze Zeit mit der unbefriedigenden Situation gelebt (und in manchen Fällen vielleicht auch auf ein nachlassendes Gehör gehofft). In mehreren Fällen von Schulklassen kam die Sache erst ins Rollen, wenn sich Elterninitiativen bildeten. Wie schlimm die Situation ist, belegen sehr eindrücklich die Untersuchungen zur »Schulkampagne«, die von dem Mineralfaserplattenhersteller Ecophon initiiert wurde. Unser Ingenieurbüro hat in diesem Zusammenhang mehrere Schulklassenräume untersucht und die Eltern haben teilweise (für die exemplarische Sanierung eines Klassenraumes in Eigeninitiative) Materialspenden erhalten.

Ein Erlebnis, das zunächst Ärger in mir hervorrief, der sich später in heilsamen Ärger verwandelte, möchte ich hier anfügen: Als unser Ingenieurbüro vor etwa drei bis vier Jahren den Auftrag für die schalltechnische Beratung eines Schulneubaus im Süden Schleswig-Holsteins erhielt, habe ich den namhaften Kieler Architekten darauf hingewiesen, dass in den Klassenräumen mit Sichtbetondecken und Parkettfußboden nicht die erforderliche Sprachverständlichkeit, geschweige denn eine ausreichende Lärmreduzierung zu erzielen sei. Daraufhin erhielt ich zur Antwort, er habe mit diesem Entwurf den Wettbewerb gewonnen und so etwas lasse er sich nicht von einem Akustiker kaputt machen. Der Ärger über diese Antwort war dann der Anlass für meine inzwischen sehr umfangreiche Arbeit im Bereich »Barrierefreies Planen und Bauen für Hörgeschädigte«, und seit einiger Zeit darf ich den Deutschen Schwerhörigen-Bund im Normenausschuss »Barrierefreies Bauen« vertreten. Bei dieser Arbeit habe ich festgestellt,

■ dass mit insgesamt etwa 14 Mio. Hörgeschädigten im Bundesgebiet etwa jeder 6. Bürger ein Hörgerät tragen müsste

■ dass Verbesserungen in der Raumakustik zwar primär den Hörgeschädigten zugute kommen, dass aber sekundär auch alle anderen davon profitieren. In diesem Sinne ist Barrierefreies Bauen auch immer Bauen für alle

■ dass Menschen mit Hörschädigungen sehr genau wissen, was an der Raumakustik falsch ist, aber sie können als Nichttechniker nicht beschreiben, warum das so ist und wie man es verbessern kann (hier sehe ich meine Aufgabe)

■ dass man bisweilen mit wenig Aufwand eine große Wirkung erreichen kann.

Zu 2.: Die Nachhallzeit eines Raumes als Kenngröße dafür, wie schnell Schallenergie abgebaut wird, ist proportional zum Raumvolumen V und umgekehrt proportional zur sogenannten äquivalenten Schallabsorptionsfläche A als Summe aller schallabsorbierend wirkenden Flächen S , die man mit dem jeweiligen Schallabsorptionsgrad α multipliziert. Für sehr einfache Berechnungen verwendet man die sogenannte Sabine'sche Nachhallformel $T = 0,163 \times V/A$.

Da für einen speziellen zu beurteilenden Raum das Volumen V konstant ist, gilt hier der ganz einfache Zusammenhang, je größer die äquivalente Schallabsorptionsfläche A , desto kürzer die Nachhallzeit T . Aus der Schulzeit kennen wir hierfür die Gleichung $y = 1/x$. Ihr Graph ist die Hyperbel mit einem steilen Ast für $x < 1$ und einem flachen Ast für $x > 1$. In Räumen mit sehr kleiner bereits vorhandener äquivalenter Absorptionsfläche liegt die Nachhallzeit auf dem steilen Ast. Man kann also bereits mit einer geringfügigen Vergrößerung wahre Wunder bewirken. Ist aber bereits eine gewisse Menge Schallabsorptionsmaterial im Raum vorhanden, so dass man sich auf dem flachen Ast der Hyperbel befindet, so muss für eine merkbare Wirkung wesentlich mehr Aufwand getrieben werden.

Diesen Effekt kann man sehr schön im Selbstversuch erleben:

Wenn nach dem Renovieren des Wohnzimmers zunächst die Gardinen wieder angehängt werden, bevor man den Teppich ausrollt, die Polstermö-

bel hinstellt und die Bücher ins Regal räumt, macht sich die Wirkung der zuerst angebrachten Gardinen drastisch bemerkbar. Nimmt man diese aber allein ab, um sie zu waschen, belässt jedoch die gesamte übrige Einrichtung im Wohnzimmer, so kann man den Unterschied kaum feststellen.

Ein kleines Rechenbeispiel soll dies verdeutlichen: Ein Standard-Klassenraum von etwa $8 \times 8 \text{ m}^2$ hat ein Raumvolumen von ca. 200 m^3 . Versieht man 50 % der Deckenfläche mit einem Schallabsorptionsmaterial, dessen Absorptionsgrad $\alpha = 0,6$ beträgt, so errechnet sich eine äquivalente Schallabsorptionsfläche von $A = 30 \text{ m}^2 \times 0,6 = 18 \text{ m}^2$. Unter der Annahme, alle anderen Raumbegrenzungsflächen seien schallhart, würde sich eine Nachhallzeit von $T = 1,80 \text{ s}$ errechnen. Vergrößert man die im Raum vorhandene Schallabsorptionsfläche um 6 m^2 (baut also 10 m^2 mehr Absorptionsdecke ein), so verringert sich die Nachhallzeit auf $1,35 \text{ s}$. Wenn man aber den Raum bereits so ausgestattet hat, dass mit $A = 41 \text{ m}^2$ die für Klassenräume anzustrebende Nachhallzeit $T = 0,8 \text{ s}$ im unbesetzten Zustand erreicht wird und vergrößert die Absorptionsfläche z. B. durch die im Raum anwesenden Personen um wiederum 6 m^2 , so verringert sich die Nachhallzeit lediglich auf $T = 0,7 \text{ s}$. Bei gleicher zusätzlicher Schallabsorptionsfläche ist die spürbare Wirkung also deutlich herabgesetzt.

Zu 3.: W. C. Sabine hat die nach ihm benannte Nachhallgleichung bereits am Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelt. Aus dem damaligen »Stand von Wissenschaft und Technik« hat sich spätestens mit Erscheinen der Norm DIN 18 041 »Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen« im Jahre 1968 eine allgemein anerkannte Regel der Technik entwickelt. Die Norm brauchte über 30 Jahre lang nicht überarbeitet zu werden, weil sie die Belange der Sprachverständlichkeit »eigentlich« genau genug wiedergibt. Jetzt wurde aber mit einer Überarbeitung (auf Veranlassung und unter Mitwirkung des Autors) begonnen, um zukünftig auch in dieser Norm das Barrierefreie Bauen für Hörgeschädigte zu verankern und um im Zusammenhang mit den Hörhilfsmitteln auch die gegenseitigen Beeinflussungen zwischen Raumakustik und Elektroakustik zumindest qualitativ zu be-

schreiben. Darüber hinaus wird man auch raumakustische Maßnahmen zur Lärminderung mit aufnehmen, wohl wissend, dass in ruhigeren Räumen die Sprachverständlichkeit zunimmt und dies gilt wiederum insbesondere für Menschen mit Hörschädigungen.

Sehr geehrter Herr Kuby, ich bedanke mich herzlich dafür, dass mir Ihr zustimmender Leserbrief die Möglichkeit gab, diese (eigentlich seit langem bekannten) Zusammenhänge fallbezogen nochmals einer breiten Öffentlichkeit vorzustellen.

