



**Randlösung.** Die MF-Unterdecke wirkt wie üblich gut in der Fläche bei mittleren und hohen Frequenzen, lässt die den Raum anregenden tiefen Frequenzen aber ungehindert durch. Steinwollauflagen im Randbereich des Deckenhohlraums schlucken die tiefen Frequenzen und stoppen das Dröhnen.

Foto: Behrendt & Rausch/Rockfon

# Im Hohlraum die Tiefen schlucken

**Raumakustik** | Wie bereits mehrfach berichtet, können einfache Kantenabsorber die akustischen Probleme in Unterrichtsräumen beheben, indem sie gezielt tiefe Frequenzen dämpfen. In einem neuerlichen Pilotprojekt an Berliner Schulen wurde hierfür nun eine praktikable Lösung mit einer Mineralfaserdecke entwickelt. Die Autoren zeigen am konkreten Beispiel, warum die aktuelle DIN 18041 ihrer Meinung nach bei den tiefen Frequenzen in die Irre führt.

Tiefe Töne und Geräusche regen erfahrungsgemäß die Eigenresonanzen (Moden) eines Raums an, wenn dieser nicht auch unter 250 Hz richtig gedämpft wird. Das durch die Eigenresonanzen verursachte Dröhnen verdeckt die Höhen, die zwischen 1 und 4 kHz für das Verstehen von Sprache und die Klarheit von Musik aber fundamental wichtig sind [1]. Dies führt unweigerlich zum unnötig lauten Artikulieren bei Lehrern und Schülern in Unterrichtsräumen, ebenso bei Mitarbeitern in Callcentern, Gästen in Restaurants, Teilnehmern einer Konferenz oder Musikern eines Ensembles. Hohe Schallpegel sind die unausweichliche Folge – mit den bekannten Auswirkungen auf Behaglichkeit, Effizienz und Gesundheit.

Dünne faserige oder poröse Schichten z. B. in Vorhängen, Teppichen, Wandpa-

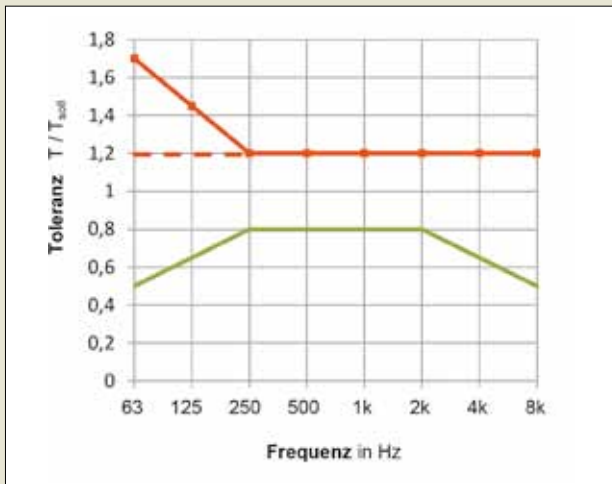
neelen und Unterdecken können leider immer nur die hohen und mittleren Frequenzen schlucken, auf die aber alle Information und Kommunikation angewiesen ist. Ihr Einsatz zur Lärminderung bleibt daher stets begrenzt. Ein Beitrag in der vorletzten Ausgabe dieses Fachmediums stellt daher ein preiswertes raumakustisches Konzept am Beispiel eines Hörsaals an der TU Graz vor (TA 6/2017 [2]). Hier wurde mit Kantenabsorbern im Raum gearbeitet, die von einer weit abgehängten Unterdecke ergänzt werden.

Die objektiven und subjektiven Ergebnisse dieser akustischen Sanierung haben gezeigt, dass man im Nachbarland mit den Anforderungen an die Nachhallcharakteristik im Raum nach der dort im Baurecht fest verankerten ÖNORM B 8115-3 richtig liegt. Sie erlaubt nämlich *keinen* Anstieg zu den Tiefen von mehr

als 20 % – so wie es übrigens auch den Empfehlungen der alten DIN 18041-2004 entspricht!

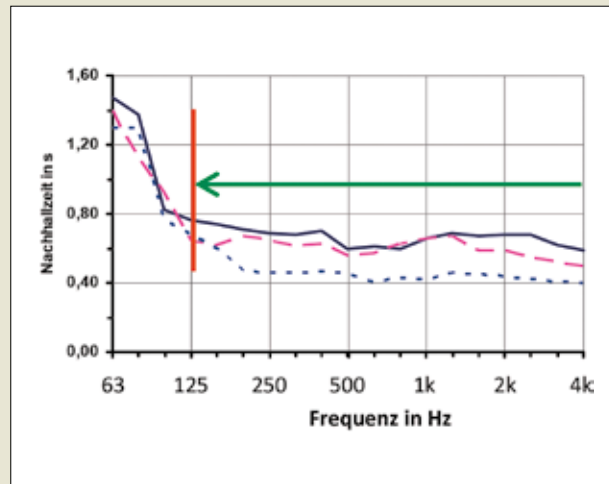
Der (aber nach wie vor unverbindliche) Toleranzbereich der neuen DIN 18041-2016 lässt dagegen einen Anstieg bis zu 70 % bei 63 Hz zu (siehe **Abbildung 1**). Man könnte daher im krassen Widerspruch zu [1] und [2] meinen, dass auch ein Nachhallspektrum wie in **Abbildung 2** nicht weiter schlimm sei, weil nach [4] „die Nachhallzeit unterhalb der 250-Hz-Oktave und insbesondere unterhalb der 125-Hz-Oktave in Bezug auf die Sprachverständlichkeit zunehmend an Bedeutung verliert“. Diesem Credo folgte auch der Ausschuss zur Überarbeitung der Norm bereitwillig, in dem die Hersteller von Unterdecken übrigens gut vertreten waren. Man ist daher wirklich „bass erstaunt“, dass nun ein Hersteller in [5]

ABBILDUNG 1



**Früher war es besser.** Toleranzbereich für die Nachhallzeit zwischen 63 Hz und 8 kHz gemäß DIN 18041-2016 (durchgezogen) bzw. DIN 18041-2004 (strichliert). Die Vorgängernorm hatte aus gutem Grund zu den Tiefen keinen Anstieg der Nachhallzeit um mehr als 20 % toleriert.

ABBILDUNG 2



**Anstieg bei tiefen Frequenzen.** Typischer Nachhall im Klassenzimmer mit Akustikdecke nach [3]; unbesetzt (liniert), besetzt (punktiert), unbesetzt; zusätzlich ein dünner Akustikfries in den oberen Wandkanten (strichliert). Unterhalb der 125 Hz steigen die Nachhallzeiten unweigerlich an, wenn in diesem Frequenzbereich nicht ausreichend absorbiert wird.

einen Tiefenabsorber „Extra Bass“ zur Erhöhung der Sprachverständlichkeit anpreist, der im Unterdecken-Hohlraum 50 % der Fläche belegen soll!

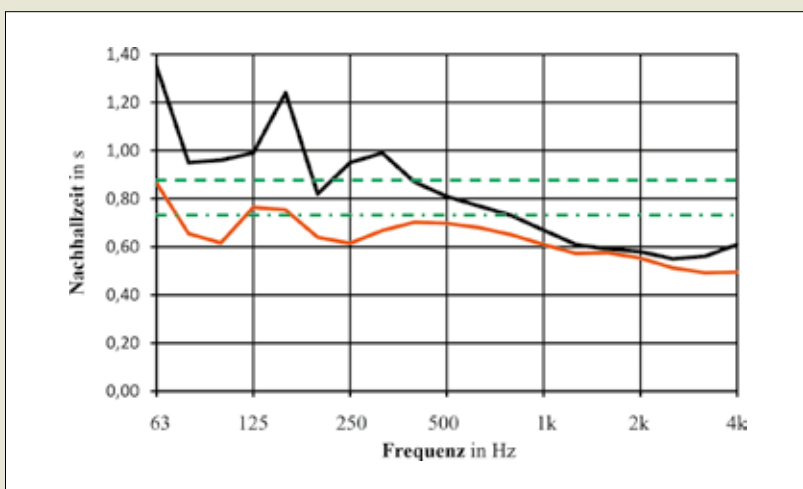
### Mineralfaserdecken werden für tiefe Frequenzen qualifiziert

Die über Jahrzehnte national wie international ausgetragene Kontroverse um die

Relevanz der Tiefen wird virulent durch zahlreiche Klagen der Nutzer kleinerer Räume, auch solcher, in denen bereits Akustikdecken installiert sind. So mussten schon 2013 auf Drängen ihrer Nutzer vier Speiseräume der J.-Miró-Europaschule in Berlin-Charlottenburg mit ebensolchen Unterdecken nachträglich akustisch aufgewertet werden [6]. Dazu hat man die

Randplatten rundum durch GK-Lochplatten mit rückseitiger Vliesbeschichtung ersetzt und darauf eine dickere MF-Auflage in den Unterdecken-Hohlraum eingebracht. Ergänzt durch maximal zwei senkrechte Kantenabsorber konnte die Nachhallzeit in allen Räumen breitbandig auf unter 0,8 s im möblierten Zustand eingebnet werden (siehe Abbildung 3).

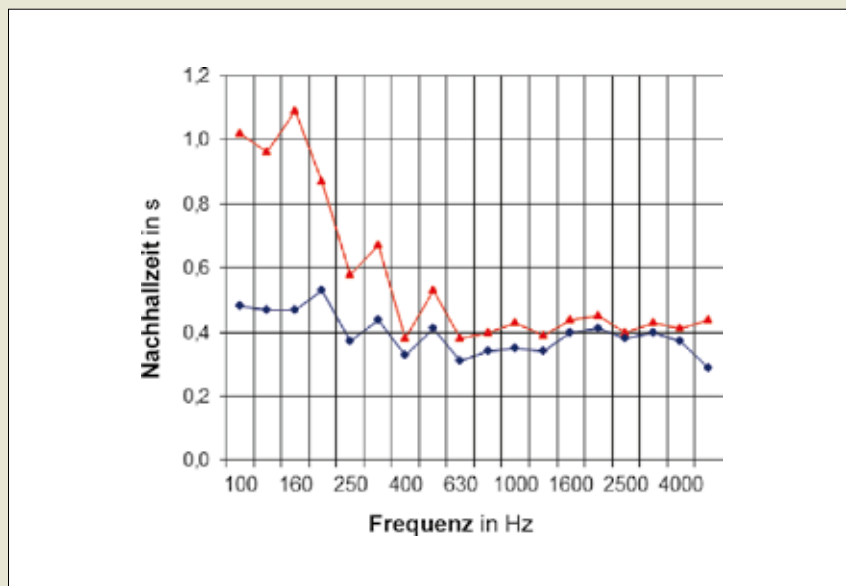
ABBILDUNG 3



**Aufgewertet.** In den Speiseräumen einer Berliner Schule wurden die vorhandenen MF-Decken durch Tiefenabsorber, die in deren Hohlraum eingebracht wurden, akustisch aufgewertet. Nachhallzeiten im betreffenden Raum: im Ausgangszustand mit MF-Decke (obere) bzw. mit integrierten Breitbandabsorbern (untere Kurve), obere Grenze nach DIN 18041-2004 (unbesetzt) für Sprache (strichliert) bzw. Unterricht (strichpunktirt).



ABBILDUNG 4



**Nachhallspektren im Unterrichtsraum.** Nach Installation einer 20 cm tief großflächig abgehängten MF-Decke (▲), und zusätzlich einer 8 cm dicken und 62,5 cm breiten MF-Randbelegung im Hohlraum (●) ist die Verbesserung bei den tiefen Frequenzen augenfällig.

### MF-Auflagen im Randbereich gegen die Eigenresonanzen

Die Innovation bei den neuen Rockfon-Decken tritt bei der Messung ihres Absorptionsgrads im Hallraum noch nicht voll zu tage, auch wenn 90 % bei 250 Hz und 45 % bei 125 Hz schon hohe Erwartungen wecken. Diese werden in dem Berliner Pilotprojekt auch nicht enttäuscht: **Abbildung 4** zeigt in der oberen Kurve zunächst eine sehr gute Wirksamkeit bis etwa 400 Hz der Rockfon Tropic, die in einem Unterrichtsraum, bis auf einen schmalen 60 cm breiten Streifen parallel zur Fensterfront, 20 cm tief von dessen Betondecke großflächig abgehängt wurde.

Unter 400 Hz steigt die Nachhallzeit, wie nicht anders zu erwarten, um mehr als 100 % an, was dem Raum das so gewohnte Dröhnen belässt und deshalb das Sprachverstehen erschwert. Erst wenn parallel zu den beiden Seitenwänden und zur Rückwand ein 62,5 cm breiter Streifen im Unterdecken-Hohlraum mit Sonorock 8 cm dick belegt wird und auch der zunächst noch ausgesparte Betonstreifen vor den Fenstern noch mit Rockfon Sonar 2 cm dick absorbierend verkleidet ist, liegt die untere Kurve in **Abbildung 4** vollständig innerhalb des Toleranzbereichs nach DIN 18041-2004, selbst wenn man

$$T_{soll} = 0,26 \lg V - 0,14$$

für Unterricht (inklusive) nach DIN 18041-2016 für diesen  $V = 239 \text{ m}^3$  großen Raum mit 0,48 s zugrunde legt.

### Erst die zusätzliche Auflage im Hohlraum wirkt bei tiefen Frequenzen

Ebenso erfolgreich verlief die Demonstration dieses innovativen raumakustischen Konzepts in einem mit  $12,4 \times 6,5 \times 3,5 \text{ m}$  etwas größeren Musikraum mit ganz ähnlicher architektonischer Struktur in derselben Schule. Auch hier erfüllt die MF-Decke allein die Normanforderung für Unterricht nur bis 400 Hz (siehe **Abbildung 5**). Erst die zusätzliche Auflage in deren Hohlraum ebnet das Nachhallspektrum mindestens bis 100 Hz ein, vermutlich auch noch darunter (hier aber leider nicht gemessen).

Da man es bei den Tiefen mit deren Bedämpfung generell nicht übertreiben kann, wurde in diesem Demoraum auch

In einem weiteren Pilotprojekt in Berliner Schulen ging es nun ebenfalls um MF-Unterdecken, die allerdings in Bezug auf tiefe Frequenzen ertüchtigt wurden. Die eingesetzten MF-Decken *Rockfon Sonar* und *Rockfon Tropic* absorbieren bei einer Stärke von nur 20 mm und einer Abhängung von mindestens 200 mm die hohen bis mittleren Frequenzen – ganz wie gewohnt. Die Tiefen werden dagegen fast ungedämpft in den Deckenhohl-

raum durchgelassen. Ihr Strömungswiderstand ist aber auf eine dort rückseitig aufzulegende *Sonorock*-Schicht mit einer Dicke von 80 mm so abgestimmt, dass ein sehr wirksamer Tiefenschlucker entsteht. Im Gegensatz zur Problemlösung von [5] reicht hier eine zusätzliche Belegung in einem nur relativ schmalen Randbereich der Unterdecke aus, um den schädlichen Anstieg zu den Tiefen zu vermeiden.

## TA Meinung

### OHNE UMWEG DIREKT ZUM ZIEL!

Seit 25 Jahren sind entgegen häufiger Behauptung praktikable Tiefenschlucker für Raumakustik und Lärmschutz auf dem Markt. Trotzdem bleiben noch zahllose Räume, insbesondere in Bildungsstätten, die bei ungenügender raumakustischer Ausstattung, etwa wie in [2] und [6] exemplarisch beschrieben, dringend nachgerüstet werden müssen. Wenn aber die oft vorhandenen MF-Decken schon unansehnlich oder durch Überstreichen unwirksam geworden sind, kann man heute in anspruchsvolleren Räumen auch von vornherein das gesamte relevante Schallspektrum in den Fokus nehmen [7]. Zum einen lässt sich das Problem der Modenanregung allein durch angemessen dimensionierte Kantenabsorber mit MF-Füllung bändigen (siehe [8]). Aber auch mit einer entsprechend qualifizierten MF-Decke kann man zuverlässig und preiswert zum Ziel gelangen, wie ein Pilotprojekt zeigt, das 2015 in der Schule am Senefelder Platz in Berlin-Pankow durchgeführt wurde [9].

ABBILDUNG 5

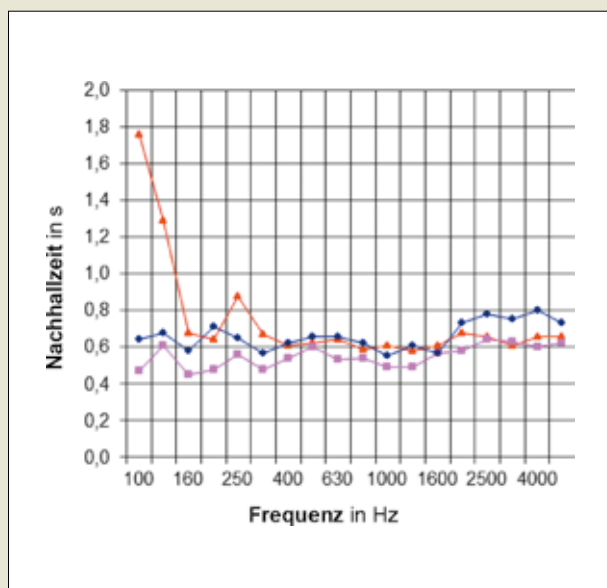


Foto: Behrendt &amp; Rausch/Rockfon

**Nachallspektren im Musikraum.** Nach Installation einer 20 cm tief großflächig abgehängten MF-Decke (▲) und zusätzlich einer 8 cm dicken und 62,5 cm breiten MF-Randbelegung im Hohlraum (●) plus Randfries an der Rückwand (■). Die MF-Decke wirkt schon recht gut, die entscheidenden Eigenresonanzen des Raums beseitigen aber erst die Randbelegung im Hohlraum sowie der Randfries an der Rückseite.

noch ein Fries 120 cm breit aus Rockfon Facett Brillant 8 cm dick unterhalb der abgehängten Decke an der gesamten Rückwand oben angebracht. Dadurch sinkt die Nachhallzeit nochmals deutlich, auch bei den Tiefen. Nachdem so der Mulm und das Dröhnen beseitigt sind, werden die Klarheit von Musik und die Deutlichkeit von Sprache – Normen hin oder her – zu einem eindrucksvollen Erlebnis für alle Nutzer des Raums! □

## FAZIT

Aus diesen sowie den Ergebnissen in [1], [2] und [10] folgt zum einen, dass die raumakustische Gestaltung die tiefen Frequenzen in kleineren Räumen sehr ernst nehmen muss und deshalb deren Verharmlosung in der DIN 18041-2016 verhängnisvoll ist. Zum anderen machen diese deutlich, dass längst praktikable und preiswerte Produkte auf den Markt gekommen sind, mit denen das schädliche Dröhnen durch Modenanregung nachhaltig beherrscht werden kann. Der Trockenbau bietet Architekten und ihren Beratern nunmehr für ein breites Schallspektrum eine Auswahl einfacher baulicher Maßnahmen für fast jedes Design, auch für chronisch unterfinanzierte Schulbauten.

## LITERATUR

- [1] Fuchs, H. V., et al.: Zum Einfluss der Nachhall- und Störgeräusch-Charakteristik auf die Sprachverständlichkeit in Unterrichtsräumen. Bauphysik 39 (2017), H. 3, S. 202–210
- [2] Fuchs H. V., et al.: Harte Kanten für klare Worte. Trockenbau Akustik 6.2017, S. 70–73
- [3] Niermann, A., et al. Akustik an der richtigen Stelle. Trockenbau Akustik 6.2009, S. 22–26
- [4] Mommertz, E., et al.: Bedeutung kurzer Nachhallzeiten bei tiefen Frequenzen für die raumakustische Qualität in Unterrichtsräumen. In: 32. Jahrestagung DAGA, Braunschweig 2006, S. 575–576
- [5] Ecophon: Bass erstaunt. Trockenbau Akustik 12.2016, S. 48
- [6] Fuchs, H.V., et al.: Akustische Aufwertung von Räumen durch Breitband-Absorption. Ein Beitrag zur Überarbeitung der DIN 18041. Bauphysik 36 (2014), H. 5, S. 257–265
- [7] Becker, B., et al.: Klassenraumakustik: Umsetzung einer Studie. In: 33. Jahrestagung DAGA, Stuttgart 2007, S. 873–874
- [8] Fuchs, H. V.: High Fidelity Genuss im Wohnzimmer? VdT-Magazin 33 (2017), H. 3, S. 55–57
- [9] Becker, B.: Raumakustische Sanierung einer Grundschule. Lärmbekämpfung 1 (2006), H. 2, S. 57–58
- [10] Becker, B., et al.: Speech intelligibility in a refurbished classroom. In: 19th ICA, Madrid 2007

## Autoren

**Prof. Dr.-Ing. H. V. Fuchs** betreibt in Berlin die gemeinnützige Stiftung Casa Acustica, Akustik für besseres Hören, Verstehen, Lernen, Kommunizieren und Musizieren ([www.casa-acustica.de](http://www.casa-acustica.de)). **Bernhard Becker** ist Akustiker bei der Rockwool Rockfon GmbH in Gladbeck.

## Online

Abonnenten können diesen Beitrag auch online recherchieren.

**[www.trockenbau-akustik.de](http://www.trockenbau-akustik.de)**

- › Archiv
  - Raumakustik
  - Absorber
  - Mineralfaserdecke