

Erfahrungen mit Kanten-Absorbern in kommunikativ genutzten Räumen

Helmut V. Fuchs^{a,b}, Janna Lamprecht^a, Xueqin Zha^b

^aForschungsges. für Systemsicherheit und Arbeitsmedizin; ^bBerlin, <hvfuchs@hotmail.com>

DIN 4109 setzt den von außen oder innen in schützenswerte Räume eindringenden Geräuschen enge Grenzen. Um Summenpegel $L_{A,F} < 30$ bzw. 35 dB(A) einzuhalten, werden für alle trennenden Bauteile entsprechende Dämm-Maße aufs dB genau und einklagbar vorgeschrieben. Die von ihren Nutzern selbst erzeugten Pegel in Mehrpersonen-Räumen liegen nach [1] z.B. in Schulen oft über 80 dB(A). Der Leitfaden [2] empfiehlt daher aus gutem Grund, auch die Nachhallzeit hier strikt zu begrenzen, und zwar auf 0.5 ± 0.05 s konstant im gesamten Hörbereich von 63 bis 8000 Hz für den leeren Raum mit einem Volumen $V \leq 300$ m³. Gegenüber diesen bleiben die Anforderungen der DIN 18041 weit zurück. Allen Richtlinien ist gemeinsam, dass sie nur vorschlagen, möglichst große Flächen an Decke und Wänden mit porösen Absorbern zu belegen. Um deren Wirksamkeit zu den tiefen Frequenzen auszudehnen, sind aber Bautiefen von ca. 40 cm nötig, die sich nur in den Raumkanten sinnvoll realisieren lassen. In [3] werden innovative ‚Kanten-Absorber‘ durch systematische Messungen nach ISO 354 beschrieben. Hier wird über deren Einsatz in Hörsälen, Klassenräumen und Mensen berichtet. Durch die Absorption bis 63 Hz kann man die Deutlichkeit von Sprache und Klarheit von Musik so anheben, dass sich die üblichen Decken- und Wandverkleidungen sowie Schallschirme und -segel zur Pegelminderung erübrigen.

Selbst bei schneller Sprech- oder Spielweise können kleine bis mittelgroße Räume zwischen 2 Silben oder Tönen jeweils als ‚eingeschwungen‘ angenommen werden. Aber erst oberhalb einer Frequenz

$$f_s = (2000 - 4000) \sqrt{\frac{T}{V}}$$

in Hz mit der Nachhallzeit T in s und dem Volumen V in m³ des Raumes, die mit dem kleineren Wert von H. Kuttruff und dem größeren von L. Cremer nach M.R. Schröder benannt ist, kann sich ein Schallfeld ausbilden, in dem die Energie gleichmäßig verteilt und geometrische Akustik anwendbar wird. Für tiefere Frequenzen führen Wellen-Interferenzen stets zur Ausbildung diskreter stehender Wellen. Diese Moden werden energetisch von allen Verlautbarungen im Raum gespeist und als unharmonisches ‚Dröhnen‘ wahrgenommen. Sie können den Bassbereich niemals naturgetreu verstärken, sondern verfälschen jedes Klangbild, maskieren die höheren Frequenzen, reduzieren die Verständlichkeit von Sprache wie die Klarheit von Musik und erschweren so die Kommunikation wie das Ensemblepiel. So geht der (positive) Cocktail-Party-Effekt verloren und der (negative) Lombard-Effekt führt zum Anschwellen der Pegel. Sie müssen daher immer nachhaltig bedämpft werden. Ähnliches gilt auch für die Interferenzen zwischen dem Direkt-schall der Quelle(n) und frühen Reflexionen von entfernteren Begrenzungen größerer Räume [4].

Für bisher bei den Tiefen oft wenig bedämpfte Räume mit $T \approx 1.5 - 3$ s und $V \approx 150 - 300$ m³ wird $f_s \approx 200 - 400$ Hz, bei größeren Räumen entsprechend niedriger. Mit den üblichen raumakustischen Maßnahmen (Akustikdecken und -putze, Teppiche und Vorhänge) lassen sich die Räume nach Tabelle 1 in [3] bis 250, allenfalls bis 125 Hz herunter in etwa halbieren. **Abb. 1** zeigt z.B., wie nach [5] die Nachhallzeit in einem Klassenzimmer mit $V = 9.3 \times 6.9 \times 3.1 = 204$ m³ bis 125 Hz auf den

Sollwert von 0.6 s nach DIN 18041 gesenkt werden kann, allerdings mit einer in der Schulpraxis kaum bezahlbaren Belegung von insgesamt $S_A = 80$ m², nach [1] entsprechend etwa 4000 €. Hier wurden zusätzliche Paneele aus 3 cm dicker Mineralwolle, 120 bzw. 80 cm breit an einer Stirn- bzw. Seitenwand tatsächlich schon ‚an der richtigen Stelle‘, nämlich in den Raumkanten, angebracht. Sie können aber auch dort nicht die nötige Absorption in der untersten Oktave bringen. Auf diese Aufgabe viel besser zugeschnitten erscheinen die in [3] untersuchten Kanten-Absorber: Sie weisen mit ei-

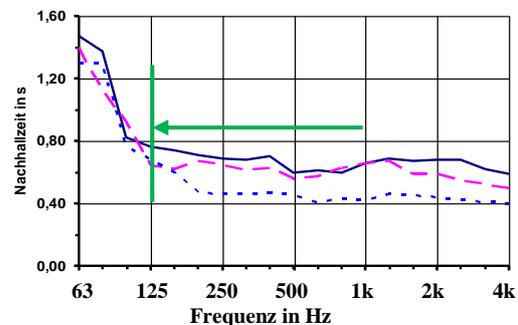


Abb. 1: Klassenraum mit Akustik-Decke [5]; unbesetzt (liniert), besetzt (punktiert), unbesetzt, plus Absorption in den oberen Kanten an 2 Wänden (strichliert)

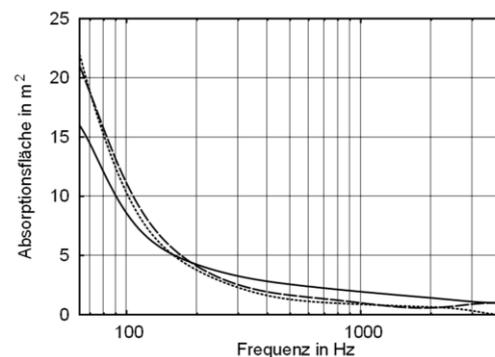


Abb. 2: Absorptions-Charakteristik von Kanten-Absorbern nach [3] mit einer Länge von ca. 6.5 m

ner Länge von nur 6.5 m bei einer Bautiefe von 40 cm zwischen 125 und 63 Hz eine äquivalente Absorptionsfläche von 7 bis 21 m² auf (Abb. 2). Damit ließen sich im Beispiel von Abb. 1 bei einer Länge von weniger als 10 m die Nachhallzeit unter 125 Hz wohl halbieren und so die Anforderungen der Leitlinien [2] bis 63 Hz erfüllen.

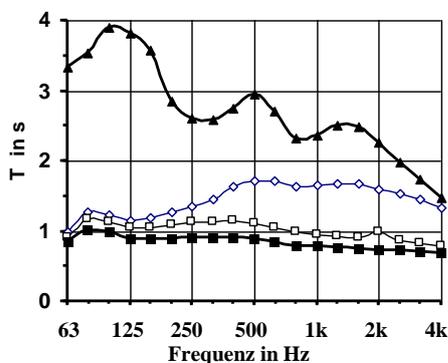


Abb. 3: Raumakustische Behandlung eines Hörsaals der Hochschule für Medien und Kommunikation [4]; vorher ▲, nachher ◇, mit Nutzern □, und Utensilien ■

Abb. 3 zeigt den ersten so sanierten Schulungsraum mit $10.7 \times 6.7 \times 3.8 = 272 \text{ m}^3$ mit insgesamt ca. 25 m Kanten-Absorbern nach [3] an den 3 fensterlosen Wänden waagrecht unter der Decke und senkrecht in einer Raumkante dargestellt. Diese harmonisieren hier optisch mit den 0.4 m tiefen Beton-Unterzügen der ehemaligen Druckerei. Bei Belegung mit 25 Personen und üblichen Utensilien ergibt sich eine angenehm konstante Nachhallzeit von 1 s, wie sie für Räume dieser Größe fast als ideal anzusehen ist. Die Zufriedenheit der anspruchsvollen Nutzer führte zur Nachrüstung von 9 weiteren, größeren und kleineren Räumen im selben Gebäude zu einem Preis, der weit unter dem in [1] genannten liegt.

In 200 Klassen von 52 Schulen, auch solchen mit Akustikdecken, wurde gemessen, dass nur 17 % die DIN 18041-Anforderungen bei 125 Hz, aber kaum einer diese bei 63 Hz erfüllen [6]. Nicht nur in den Gemeinschaftsschulen wird aber ‚Frontalunterricht‘ durch Arbeit in kommunizierenden Gruppen abgelöst. Beim Übergang zur Ganztagschule werden zusätzlich Aufenthalts- und Speiseräume benötigt. So müssen auch hohe Flure und niedrige Keller ertüchtigt werden. Gewölbe wie in der Mensa (Abb. 4) führen zu heiklen Schallkonzentrationen. Hier kamen Kanten-Absorber nach [3] zum Einsatz, 5

waagrecht in 4 Gewölben und an einer geraden Stirnseite sowie 4 senkrecht in den Raumkanten.

In ‚verdeckter‘ Bauweise können die Absorber robust und pflegeleicht auch diverse haustechnische Funktionen wie Beleuchtung und Lüftung integrieren und selbst in Möbeln integriert werden (Abb. 5). So bleiben Betondecken thermisch aktivierbar und frei für Installationen und Dekorationen. Sie lassen sich leicht nachrüsten und renovierend überstreichen – Akustik, die also gar nicht mehr auffällt!

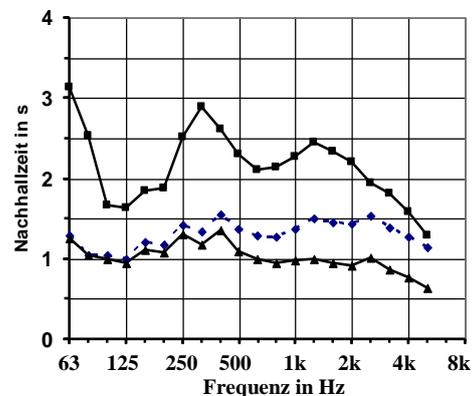


Abb. 4: Akustische Ertüchtigung ehemaliger Kellerräume als Mensa einer Gemeinschaftsschule [4]; vorher ■, nachher ---, mit Belegung ▲

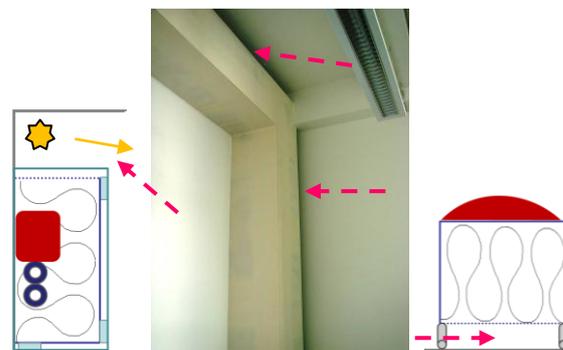


Abb. 5: Verdeckte, multi-funktionale Kanten-Absorber

- [1] Richter, B.: Lärm in der Schule. Lärmbekämpfung 6 (2011), H. 4, S. 171-174
- [2] Umweltbundesamt: Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden. KOMAG, Berlin, 2008
- [3] Lamprecht, J.; Fuchs, H.V.: Zur Wirkungsweise von Kanten-Absorbern in kleinen bis mittelgroßen Räumen. In: 38. Jahrestagung DAGA 2012, Darmstadt
- [4] Fuchs, H.V.: Applied Acoustics. Springer, Berlin, (in press)
- [5] Niermann, A. et al.: Akustik an der richtigen Stelle. Trockenbau-Akustik, 26 (2009), H. 10, S. 22-26
- [6] Kirchner, T.: Raumakustik in Berliner Klassenräumen im Vergleich mit internationalen Normen. In: 36. Jahrestagung DAGA 2010, Berlin, S. 937-938