

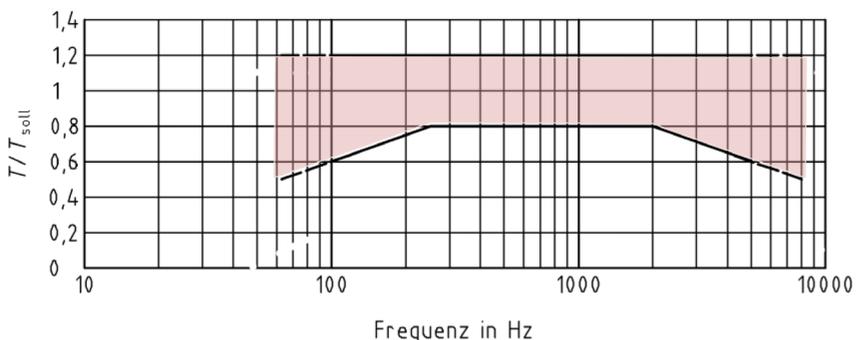
Gezielte Schallabsorption zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit in Räumen

Janna Lamprecht · Peter Rietschel

Viele im täglichen Leben verwendete Räume dienen primär der Kommunikation zwischen Menschen. Hierfür ist eine gute Sprachverständlichkeit bei möglichst geringer Beanspruchung des Redners oder der Redner eine wesentliche Voraussetzung. Die ist aber in zahlreichen Räumen aufgrund raumakustischer Mängel nicht gegeben.

Eine gute Raumakustik zeichnet sich dadurch aus, dass es dem Sprecher (Beispiel: Frontalunterricht in der Schule) oder auch mehreren Sprechern gleichzeitig (Beispiel: Großraumbüro, Gaststätte) möglich ist, ohne besondere körperliche Anstrengung zu sprechen und von den Zuhörern gut verstanden zu werden. Er oder sie muss durch geeignete Reflexionen und geeignete Absorption der Schallwellen im Raum entlastet werden. Für die Bewertung der Sprachverständlichkeit können verschiedene Bewertungsmaßstäbe herangezogen werden. Eine universelle leicht anzuwendende und daher oft herangezogene Größe ist die Nachhallzeit eines Raumes.

Abbildung 1 zeigt die Grenzen auf, innerhalb derer sich die Nachhallzeit in Abhängigkeit von der Raumgröße und der Frequenz nach /9/ bewegen soll, um eine gute Sprachverständlichkeit zu gewährleisten. Sobald die Sprachverständlichkeit nicht mehr gewährleistet ist, wird jeder Sprecher unwillkürlich die Stimme anheben, um sich dennoch verständlich zu machen. Sind mehrere Sprecher im



$$\text{Sprache: } T_{\text{soll}} = (0,37 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 0,14)\text{s}$$

$$\text{Unterricht: } T_{\text{soll}} = (0,32 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 0,17)\text{s}$$

Abbildung 1: Anforderungen der DIN 18041 /9/ an die Nachhallzeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen



Abbildung 2: Lombardeffekt

Raum werden alle anderen auch so verfahren, wodurch die Sprachverständlichkeit nochmals leidet, was wiederum zu einem weiteren Anheben der Stimmen führt. Diesen als »Lombardeffekt« bezeichnete Situation (Abbildung 2) hat jeder schon einmal erlebt, der auf einer Party sein eigenes Wort nicht mehr verstanden hat. Oft weisen die Räume mit schlechter Sprachverständlichkeit in denen solche Effekte bevorzugt auftreten, eklatante Mängel in der Absorption der tiefen Frequenzen auf. Aber auch bereits ein einzelner Sprecher kann in einem Raum bei ungünstigen akustischen Verhältnissen schwer zu verstehen sein.

Zur Erklärung des Lombardeffektes dient eine Darstellung der Frequenzanteile der menschlichen Sprache und deren Schalldruckpegel (Abbildung 3). So lässt sich die Sprache nach /8/ vereinfacht aufteilen in die tiefen Grundtöne (125 bis 250 Hz), die einen hohen Schalldruckpegel, aber einen geringen Informationsgehalt aufweisen. Im Bereich von 250 Hz bis 2000 Hz folgen die Vokale, bis 3000 Hz die stimmhaften Konsonanten und bis 8000 Hz die stimmlosen Konsonanten.

Mit steigender Frequenz steigt der Informationsgehalt, sinkt aber der Schalldruckpegel. Bei einer Reihe gleichzeitig sprechender Personen wird der Raum vorwiegend mit den tiefen informationsarmen Frequenzen angefüllt. Bei mangelnder Absorption der tiefen Frequenzen oder wenn diese Frequenzen durch

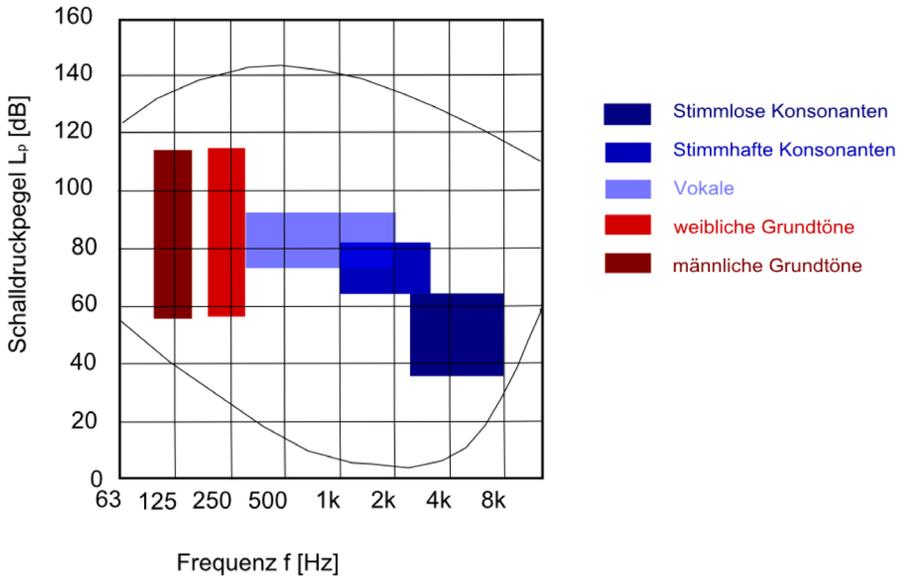


Abbildung 3: Frequenzbereich der menschlichen Stimme /8/

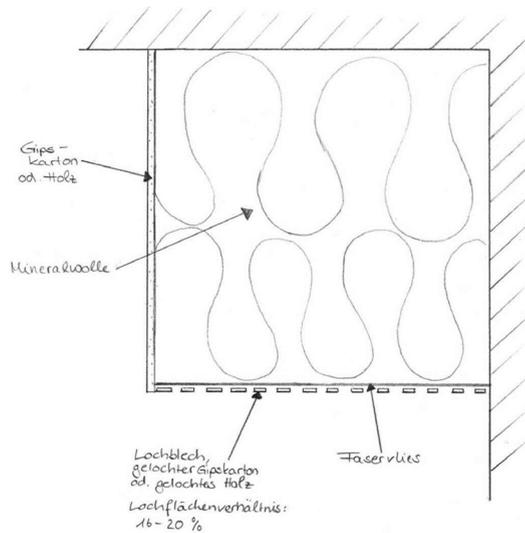
Raummoden gar noch verstärkt werden, führt das dazu, dass alle höheren informationshaltigen Frequenzen der Sprache zugedeckt werden. Die Sprache wird somit trotz hoher Lautstärke unverständlich.

Zur Lösung des Problems werden Schallabsorber eingesetzt. Für eine bestmögliche Unterstützung der Sprachverständlichkeit wäre es dabei wünschenswert, vor allem die tiefen Frequenzen zu bedämpfen. In der Praxis sieht es aber oft genau umgekehrt aus: Zu dünne Schallabsorber absorbieren nur die hohen Frequenzen und damit genau die Anteile der Sprache mit den für das Verständnis wichtigen Konsonanten. Für die Absorption tiefer Frequenzen nehmen klassische Absorber Dimensionen an, die nur noch in Tonstudios eingebaut werden können /4/. Die Absorption der hohen Frequenzen nimmt der Sprache gerade die für die Verständlichkeit unverzichtbaren Konsonanten wohingegen die informationsarmen Grundtöne übrig bleiben.

Zur Lösung des Problems gibt es aber doch einige wenige Wege zur gezielten Absorption der tiefen Frequenzen:

- Verbundplattenresonatoren dämpfen gezielt im niederfrequenten Bereich bis etwa 500 Hz. /1/
- Breitband-Kompaktabsorber verbinden verschiedene physikalische Prinzipien und kommen somit auf einen konstant hohen Absorptionsgrad bei allen Frequenzen. /1/
- Kantenabsorber stellen ein besonders einfaches und kostengünstiges System dar, gezielt die tiefen Frequenzen zu absorbieren. Sie bestehen einfach aus einer 40.. 50 cm dicken an die Wand gepackten Schicht aus Mineralwolle, die

- Einfacher Aufbau in den Ecken und Kanten des Raumes
- Günstige Herstellung
Einfacher Kanten-Absorber ca. 60 - 100 € /m
- Individualisierbar



Querschnitt durch den Kanten-Absorber

Abbildung 4: Kantenabsorber, Aufbau und Eigenschaften

mit einer geeigneten Abdeckung schalldurchlässig abgedeckt ist (Abbildung 4). Und da man sich bei der Belegung der Wände auf die Raumkanten beschränkt, hält sich der Materialaufwand und Platzbedarf in Grenzen. Ferner kommt der Kantenabsorber so zu seinem Namen.

Die hohe Wirksamkeit der Kantenabsorber beruht darauf, dass die Schallenergie sich in den Kanten und Ecken eines Raumes aufkonzentriert. Absorber genau in diesen Bereichen haben somit eine wesentlich höhere Wirkung als an allen anderen Orten im Raum.

Abbildung 5 stellt den Absorptionsgrad in Abhängigkeit von der Frequenz von Mineralwolle dar, die einmal mittig im Raum ausgelegt ist (Fall a), in Form eines Kantenabsorbers mit Abdeckungen in den Kanten angebracht ist (Fall b) oder ohne Abdeckung in den Kanten liegt (Fall c). Letzterer Fall ist akustisch am vorteilhaftesten, aber in der Praxis wegen der offenen Mineralwolle nicht zu gebrauchen. Der Fall b) stellt eine gut verwendbare Anwendung des Absorbers dar. Die Absorption in den tiefen Frequenzen übertrifft die Anordnung mittig im Raum (Fall a) deutlich.

Typischerweise besteht der Kantenabsorber aus einer geschlossenen Seite (z.B. aus einer Gipskartonplatte) und einer halboffenen Seite. Dies kann z.B. eine gelochte Gipskartonplatte oder ein Lochblech sein. Für höhere Anforderungen an die Hygiene sind hier bereits auch Abdeckungen aus einer dünnen Metallfolie (Edelstahl oder Aluminium) getestet worden. /2/

Zum Erreichen besonderer architektonischer Vorgaben kann der Kantenabsorber auch aus der Kante herausgerückt werden (Abbildung 6). In diesem Fall

Absorptionsgrad von Material mittig im Hallraum a) und von Kanten-Absorbern mit b) und ohne Abdeckung c)

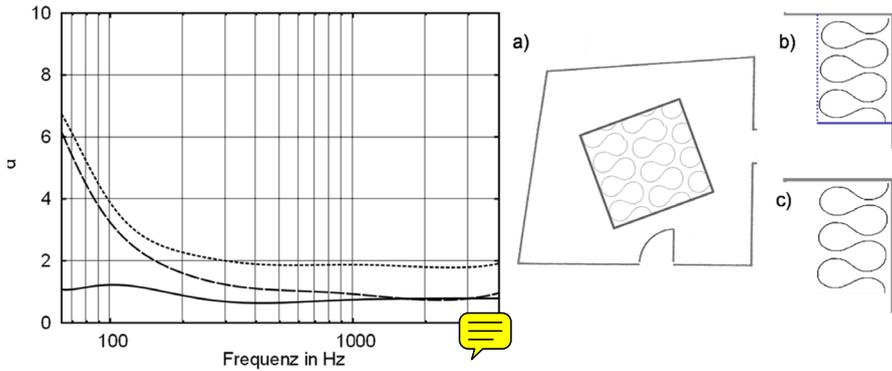


Abbildung 5: Absorptionsgrad von Kantenabsorbern

kann die halboffene Seite der Wand zugewandt werden und ist vom Raum aus somit nicht zu sehen. Der entstehende Spalt zwischen Absorber und Raumkante kann z.B. für eine indirekte Beleuchtung oder für verdeckt geführte Leitungen genutzt werden.

Die besondere Stärke der Kantenabsorber liegt aber darin, dass ein hoher Schallabsorptionsgrad gerade in den tiefen Frequenzen erreicht wird, ohne dass Raumflächen vollflächig belegt werden müssen. Das ist insbesondere wertvoll, wenn Raumdecken als thermisch aktivierte Bauteile nicht verkleidet werden dürfen, die Raumhöhe nicht beschnitten werden kann oder diese Flächen

Absorptionsfläche von Kanten-Absorbern im Vergleich an der Wand a) und abgerückt mit Öffnung zur Wand b) und c)

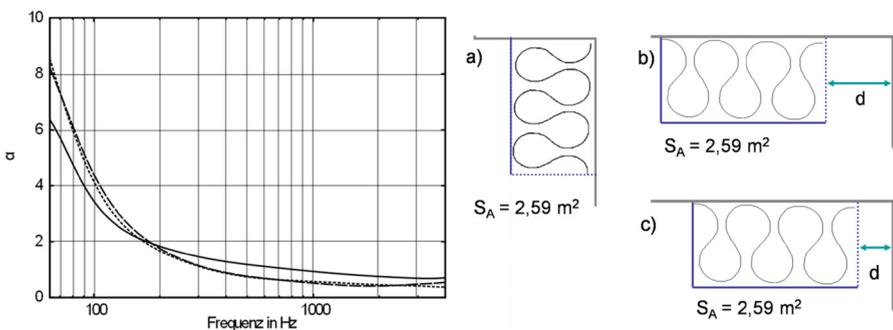


Abbildung 6: Kantenabsorber mit Abstand zur Wand

Platz für indirekte Beleuchtung



Abbildung 7: Kantenabsorber mit Abstand zur Wand in der Praxis

aus anderen technischen oder optischen Gründen frei bleiben sollen. Die zu belegenden Kanten können in Grenzen frei gewählt werden. Aus Gründen der Wirksamkeit sollte je Raumrichtung zumindest eine Kante belegt werden.

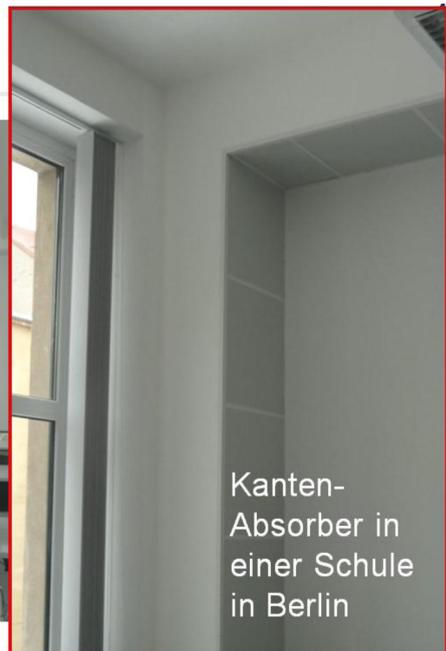
Am Beispiel eines Schulungsraumes (Abbildung 7) in einem typischen Berliner Gewerbehof konnte mit einer vergleichsweise geringen Investition – optisch an die Betonun-

terzüge angelehnt – mit der Belegung von vier Kanten des Raumes die Sprachverständlichkeit von »katastrophal« auf »gut« verbessert werden.

Kantenabsorber in einer Schule

Die ursprüngliche Nachhallzeit des schallharten Raumes lag bei bis zu 4 Sekunden bei den tiefen Frequenzen. Damit ist an Sprachverständlichkeit nicht mehr zu denken. Der Einbau von vier Kantenabsorbern reduzierte die Nachhallzeit bereits auf 1,2 bis 1,7 Sekunden. Mit rechnerischer Berücksichtigung der Schallabsorption durch die Personen im Raum selbst kommt die Nachhallzeit dann etwa in

Der Kanten-Absorber



Kanten-Absorber in einer Schule in Berlin

Abbildung 8: Praxisbeispiel: Kantenabsorber in einer Schule

Ausstattung eines Klassenraumes mit Kanten-Absorbern

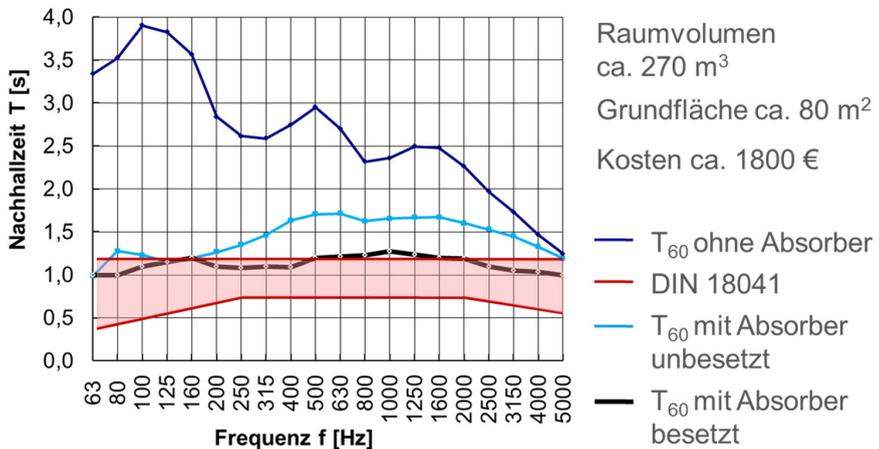


Abbildung 9: Wirkung der Absorber aus Abbildung 8

den von der DIN 18041 geforderten Bereich. Der Raum wies nun die für seinen Zweck unbedingt erforderliche Sprachverständlichkeit auf. Das Beispiel lässt sich auf vielerlei andere Fälle übertragen.

Literatur

1. Fuchs, H.V.: Schallabsorber und Schalldämpfer. Berlin: Springer, 2010.
2. Berger, J. et al.: Ein Schallschutzkonzept für höchste hygienische Ansprüche. 36. Jahrestagung DAGA 2010, Berlin, S. 855–856.
3. Fuchs, H.V.: Weniger Lärm in Kommunikations- und Schulungsräumen. Lärmbekämpfung 1 (2006) H.2, S. 47–56.
4. Everest, F.A.: The master handbook of acoustics. New York: McGraw-Hill, 1994.
5. Fuchs, H.V. et al.: Relevance and treatment of the low-frequency domain for noise control and acoustic comfort in rooms. ACUSTICA 91 (2005) No. 5, p. 920–927.
6. Fuchs, H.V. et al.: Zur Steigerung der Wirkung passiver Absorber: Schall in Raumkanten schlucken! Gesundheits-Ingenieur – Haustechnik – Bauphysik – Umwelttechnik 132 (2011) H. 5, S. 240-250
7. Fuchs, H.V. et al.: Erfahrungen mit innovativen Kanten-Absorbern in kommunikativ genutzten Räumen. 38. Jahrestagung DAGA 2012, Darmstadt
8. Fasold W, Sonntag E, Winkler H: Bau- und Raumakustik, Verlag für Bauwesen, 1987
9. DIN 18041: 2001-05: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen, Beuth Verlag Berlin

