

BM

Innenbau / Möbel / Bauelemente

09/18

Kantenbearbeitung – ab Seite 14

Maßgeschreinerte Konzepte

/ *BM-Serie Unternehmensnachfolge* – ab S. 72
Nicht auf die lange Bank schieben

/ *BM-Serie Raumakustik* – ab Seite 90
Planung in der Praxis

/ *Smart-Home* – ab Seite 100
Ready to smart?



Fotos: Barbara Kohli, Kleine Fotowerkstatt

/ Michael Fuchs (Fuchs – Raumingenieure GmbH) (l.) und Simon Holzer (Schreinerei Holzer): Handwerker und Ingenieure im WIM (Wallersdorfer Ingenieurs- und Meisterzentrum) bei der raumakustischen Planung.

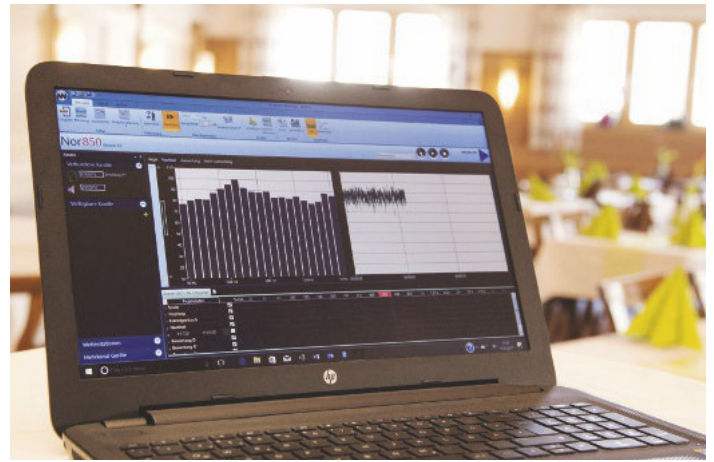
BM-Serie: Raumakustik – neue Märkte für das Handwerk, Teil 3

Raumakustische Planung in der Praxis

Auf der Basis der in Teil 1 und 2 der BM-Serie erarbeiteten Grundlagen zur Raumakustik und der Wirkungsweise, der Einsatzgebiete sowie der Leistungsfähigkeit von Schallabsorbern geht es in Teil 3 um die raumakustische Berechnung – „per Hand“ oder online mit dem BM-Raumakustikrechner. MICHAEL FUCHS



/ Simon Holzer: „Besonders Schreiner arbeiten mit einem großen Materialmix – dies hat großen Einfluss auf die raumakustische Qualität eines Raumes.“



/ Messtechnische Ermittlung der frequenzabhängigen Nachhallzeit durch ein professionelles Messequipment.

In der ersten Folge unserer dreiteiligen BM-Akustikserie wurden die Grundbegriffe der Raumakustik und deren wichtigste Stellgrößen dargestellt, in Folge 2 die Wirkungsweise, Einsatzgebiete sowie die Leistungsfähigkeit von Schallabsorbieren praxisgerecht erklärt. Der letzte Teil der Reihe zeigt die fachgerechte Vorgehensweise bei der raumakustischen Planung. Wie erfolgt die Bewertung eines Raumes? Wie ermittelt man die notwendige Absorberfläche und welche Anforderungen werden an das Produkt letztendlich gestellt? Diese und weitere Fragen beantworten wir im nachfolgenden Artikel.

Für weiter Interessierte stellen wir Ihnen unseren exklusiven BM-Raumakustikrechner zur Verfügung. Hiermit sind Sie in der Lage, selbstständig und innerhalb kürzester Zeit eigene raumakustische Berechnungen zu erstellen.

Ziel der raumakustischen Planung

Das Ziel der Raumakustik ist es, den Raum so zu gestalten, dass er den Anforderungen und somit der vorgesehenen Nutzung entspricht.

Möchte ein Planer beispielsweise eine gute Hörsamkeit gewährleisten, stellt er sich folgende Fragen:

- Welche raumakustischen Anforderungen gelten für den Raum und dessen Nutzung?
- Entspricht der vorgesehene Raum bereits den Anforderungen oder sind weitere Maßnahmen zu treffen?

- Welche Produkte eignen sich für den Raum und wie kann deren Leistungsfähigkeit beurteilt werden?

Diese grundlegenden Fragen gilt es zu beantworten. Sie sind die Basis für eine erfolgreiche raumakustische Planung. Zur systematischen Vorgehensweise lassen sich vier Planungsschritte ableiten:

Vier Schritte zur guten Hörsamkeit

1. Ermittlung der grundlegenden Raum- und Bauteilinformation

- **Frage:** Wie ist der geplante Raum grundsätzlich aufgebaut und was befindet sich darin?
- **To-do:** Erfassung der Raumgeometrie, Konstruktion und Aufbau der Bauteile sowie der Objekte im Raum
- **Quelle:** Technische Zeichnungen bzw. Aufmaß; Bauteilkatalog z. B. aus DIN 18041:2016
- **Wichtige Größen:** Volumen, Raumhöhe, Flächen; Güte der Schallabsorption aller Bauteile und Objekte im Raum

2. Ermittlung der raumakustischen Anforderungen (Soll-Zustand)

- **Frage:** Welche Nutzung bzw. welche Tätigkeit ist für den Raum vorgesehen
- **To-do:** Bestimmung der z. B. empfohlenen Nachhallzeit bzw. des A/V-Verhältnisses
- **Quelle:** Z. B. DIN 18041:2016, weitere Regelwerke oder über einen Akustiker

- **Wichtige Größen:** Empfehlung zur Nachhallzeit T (s) bzw. A/V-Verhältnis, Toleranzbereich

3. Untersuchung des Raumes (Ist-Zustand)

- **Frage:** Welche Nachhallzeit bzw. welches A/V-Verhältnis stellt sich im raumakustisch „unberührten“ Raum ein?
- **Abgleich:** Ermittlung der Nachhallzeit mittels Messung bzw. raumakustischer Berechnung
- **Bezug:** Akustiker, raumakustische Rechensoftware bzw. Berechnung „von Hand“
- **Wichtige Größen:** Angaben zur Raumgeometrie, Schallabsorptionsgrade (α) der Begrenzungsflächen bzw. äquivalente Schallabsorptionsfläche von Möbeln, Objekten und Personen im Raum (A_{eq} bzw. A_{obj})

4. Gegenüberstellung und Ermittlung der notwendigen raumakustischen Maßnahmen

- **Frage:** Entspricht der Raum den vorgeschriebenen Anforderungen? Welche raumakustischen Maßnahmen sind evtl. notwendig. Was muss ein geeignetes Produkt leisten?
- **To-do:** Gegenüberstellung von (2) und (3) – daraus Bedarf und Produkthanforderung ermitteln
- **Quelle:** Raumakustische Berechnung inkl. Bedarfsermittlung und Auswertung
- **Wichtige Größen:** Benötigte Absorberfläche (A_{eq}), Produktempfehlung mit Angabe des frequenzspezifischen Schallabsorptionsgrades (α)



/ Schallmessung in der Praxis: Michael Fuchs (r.) und Simon Holzer bei raumakustischen Messungen in einem Objekt (Friseursalon Max in Wallersdorf).



/ Screenshot des exklusiven BM-Raumakustikrechners: Er dient der orientierenden raumakustischen Prognose.

/BM-Direkt//

Hier geht's direkt zum BM-Raumakustikrechner. Das leistungsstarke Onlinetool ist optimiert für die Browser Edge, Chrome und Firefox. Einfach Link eingeben:
www.raumingenieur.de/rar/bm/

Wichtigste Größen bei der Berechnung

- Das **Raumvolumen (m³)** ist besonders in Hinsicht auf die DIN 18041 – Räume der Gruppe A – relevant. Sie gibt Empfehlungen zur Nachhallzeit – in Abhängigkeit vom Raumvolumen. Je größer ein Raum, desto höher darf dessen Nachhallzeit ausfallen.
- Die **Raumhöhe (m)** ist besonders in Hinsicht auf die DIN 18041 – Räume der Gruppe B – relevant. Sie gibt Empfehlungen zum A/V-Verhältnis – in Abhängigkeit von der Raumhöhe. Je höher ein Raum, desto höher ist die Empfehlung zum minimalen A/V-Verhältnis.
- Das **A/V-Verhältnis** beschreibt das Verhältnis der äquivalenten Schallabsorptionsfläche (m²) im Raum zum Raumvolumen (m³). Es steht im direkten Zusammenhang mit der Nachhallzeit und lässt sich auch in diese umrechnen:

$$T = \frac{0,163}{A/V} \text{ (s)}$$

Beispiel: Die Empfehlung eines **minimalen A/V-Verhältnisses** von 0,2 entspricht somit einer **maximalen Nachhallzeit** von 0,81 s

Schallabsorptionsgrad von (schallharten) Bauteilen

Jedes Bauteil bzw. jedes Objekt im Raum ver-

fügt über schallabsorbierende Eigenschaften. Dies gilt auch für vermeintlich schallharte Bauteile wie z. B. Beton, Glas oder harte Bodenbeläge.

Frequenzabhängiger Schallabsorptionsgrad α (-)

	125 Hz	250 Hz
Glattputz	0,02	0,02
Isolierverglasung	0,28	0,20
	500 Hz	1000 Hz
Glattputz	0,03	0,03
Isolierverglasung	0,11	0,06
	2000 Hz	4000 Hz
Glattputz	0,04	0,06
Isolierverglasung	0,03	0,02

Quelle: Auszug aus DIN 18041:2016; Anhang G; Tabelle G.1

Die obige Tabelle zeigt die schallabsorbierenden Eigenschaften exemplarischer schallharter Oberflächen. Das Beispiel der Isolierverglasung zeigt eine Besonderheit. Dies kann auf weitere mehrschalige Konstruktionen übertragen werden, so z. B. auch auf Trockenbauwände, abgehängte Bauteile oder Vorsatzschalen. Mehrschalige Konstruktionen verfügen oftmals über nicht unwesentliche schallabsorbierende Eigenschaften im tiefen bzw. mittleren Frequenzbereich.

Auch wenn es sich hier um keine hochleistungsfähigen Absorber handelt, so haben sie durch ihre mitunter große Anzahl und Fläche im Raum einen großen Einfluss auf die resultierende Nachhallzeit.

Die große Herausforderung – den Ist-Zustand realistisch einschätzen

Messung: Die Ermittlung des raumakustischen Ist-Zustandes ist mitunter eine der größten Herausforderungen. Genaue Ergebnisse, beispielsweise der vorherrschenden Nachhallzeit, liefern fachgerecht ausgeführte Messungen. Hier sind neben der notwendigen Erfahrung hohe Fachkompetenz und ein entsprechend hochwertiges Messequipment notwendig. Eine Messung erfolgt in der Regel durch eine Fachperson, beispielsweise einen Akustiker.

Berechnung: Eine raumakustische Messung ist oftmals, je nach Projekt und Fortschritt, nicht vorgesehen bzw. möglich. Neben Budgetgründen liegt dies oft an der Planungsphase – häufig ist eine raumakustische Einschätzung vorzunehmen, wenn ein Raum erst „auf dem Papier“ existiert. In diesem Falle erfolgt die raumakustische Prognose üblicherweise durch eine Berechnung bzw. bei komplexeren Anforderungen durch eine computergestützte Simulation. Die Genauigkeit des Rechenergebnisses

Beispielrechnung (vereinfacht):

1. Ermittlung der grundlegenden Raum- und Bauteilinformationen

Abmessungen Raum: Länge/Breite/Höhe:

5000/5000/3000 (mm)

Raumvolumen: 75 m³

Bauteil und Schallabsorptionsgrad:

Wand und Decke massiv mit Glattputz (85 m²)

$\alpha_{1000\text{Hz}}$: 0,03 (DIN 18041:2016)

Boden als Teppichboden (25 m²)

$\alpha_{1000\text{Hz}}$: 0,19 (DIN 18041:2016)

Objekte im Raum: keine

2. Ermittlung der raumakustischen Anforderungen (SOLL-Zustand)

Vorgesehene Nutzung, bzw. Tätigkeit:

Sprache/Vortrag

Gewähltes Regelwerk:

DIN 18041:2016 – Gruppe A2

Wichtige Größen:

→ **Empfohlene Nachhallzeit = 0,55 (s)**

3. Untersuchung des Raumes (IST-Zustand)

Berechnung der vorhandenen äquivalenten Schallabsorptionsfläche:

$$A_{\text{eq,ist,1000Hz}} = \sum 85 \text{ m}^2 \cdot 0,03 + 25 \text{ m}^2 \cdot 0,19$$

$$A_{\text{eq,ist,1000Hz}} = 7,30 \text{ m}^2$$

Berechnung der daraus resultierenden Nachhallzeit:

$$T_{\text{ist,1000Hz}} = 0,163 \cdot \frac{75 \text{ m}^3}{7,30 \text{ m}^2}$$

$$T_{\text{ist,1000Hz}} = 1,67 \text{ (s)}$$

4. Gegenüberstellung + Ermittlung der notwendigen raumakustischen Maßnahmen

Abgleich: $T_{\text{ist}} 1,67\text{(s)} > T_{\text{soll}} 0,55\text{(s)}$ → **überschritten**

Berechnung der insgesamt benötigten äquivalenten Schallabsorptionsfläche:

$$A_{\text{eq,soll,1000Hz}} = 0,163 \cdot \frac{75 \text{ m}^3}{0,55 \text{ s}}$$

$$A_{\text{eq,soll,1000Hz}} = 22,2 \text{ m}^2$$

Berechnung der zusätzlich benötigten äquivalenten Schallabsorptionsfläche:

$$22,2 \text{ m}^2 - 7,3 \text{ m}^2 = 14,9 \text{ m}^2$$

→ **Rechenergebnis: Als notwendige Absorberfläche in den Raum einbringen**

/ Berechnung „per Hand“: Darstellung der notwendigen raumakustischen Rechenschritte nach den „Vier Schritten zur guten Hörsamkeit“.

hängt maßgeblich von der Güte sowie dem Umfang der eingegebenen Daten ab. Wichtig: Die Prognose erlangt erst dann eine Aussagekraft, wenn die akustischen Eigenschaften aller Begrenzungs- und Oberflächen sowie die im Raum enthaltenen Objekte und Möbel beachtet werden.

Hilfestellung bietet hier ein aussagekräftiger Bauteilkatalog, z. B. Anhang G der DIN 18041:2016

Berechnung „per Hand“: Wie eine raumakustische Berechnung durchgeführt wird, zeigt die oben im Kasten abgebildete Rechnung unter Berücksichtigung der „Vier Schritte zur guten Hörsamkeit“. Hinweis: Diese Berechnung ist exemplarisch und stark vereinfacht. In diesem Falle handelt es sich um einen leeren Raum ohne Einrichtungsgegenstände. Es wird aus Gründen der Anschaulichkeit ledig-

lich der Frequenzbereich von 1000 Hz betrachtet.

Bewertung des Rechenbeispiels

Das exemplarische Beispiel zeigt anschaulich die notwendigen Schritte und Abhängigkeiten einer raumakustischen Berechnung. Es ist zu beachten, dass eine aussagekräftige Untersuchung deutlich umfassender zu erfolgen hat. Neben der Berechnung aller sechs Oktavfrequenzen von 125 bis 4000 Hz besteht ein Raum in der Regel aus einer Vielzahl an Begrenzungsflächen und Einrichtungsgegenständen, welche es stets zu beachten gilt.

Raumakustik-Softwarelösungen

Zielführend ist der Einsatz einer leistungsstarken Rechensoftware. Geeignete Anwendungen berücksichtigen bereits die Anforderungen typischer Regelwerke und verfügen über aussa-

gekräftigte Bauteilkataloge. Auch sind die notwendigen Rechenvorgänge standardisiert. Durch eine praxisgerechte Abfrage ist ein Anwender in der Lage, innerhalb kürzester Zeit eine aussagekräftige Prognose zu erstellen.

BM-Raumakustikrechner

Als Abschluss unserer Akustikreihe bieten wir unseren Leserinnen und Lesern als besonderen Service einen offenen Zugang zum exklusiven BM-Raumakustikrechner. Mit dem in der Akustikreihe vermittelten Wissen sind Sie nun selbst in der Lage, Nachhallzeiten bzw. das A/V-Verhältnis eines beliebigen Raums zu berechnen. Ihre Ergebnisse bzw. vorhandene (beispielsweise durch eine Messung ermittelte) Werte können Sie mit gängigen Regelwerken abgleichen und den evtl. Bedarf sowie die dazugehörige Produkthanforderung ermitteln. Auf Wunsch können Sie sich eine Zusammenfassung als



/ Verbessernde Maßnahmen: Michael Fuchs (l.) und Simon Holzer bei der Platzierung eines Absorbers in einem Objekt (Friseursalon Max in Wallersdorf).

PDF-Datei via E-Mail schicken lassen und somit den Frequenzverlauf des idealen Absorbers für Ihr Objekt ausweisen. Hier geht es direkt zum BM-Raumakustikrechner:

www.raumingenieur.de/rar/bm/

Hinweis: Beim BM-Raumakustikrechner handelt es sich um einen kostenlosen Service der Fuchs – Raumingenieure GmbH. Er wird bis Ende 2018 zur Verfügung gestellt. Erstellte Berechnungen dienen der Orientierung und ersetzen keine fachliche Expertise.

Haftungsausschluss: Die Verwendung des Onlinetools erfolgt auf eigene Gefahr. Für evtl. Fehler (Rechen-, Nutzer- oder Programmfehler) und daraus folgende Schäden oder negative Auswirkungen wird nicht gehaftet. Es besteht kein Rechtsanspruch. Nutzer und Bereitsteller stehen in keiner vertraglichen Beziehung – insbesondere in Form eines Auskunft- und Beratungsvertrages – zueinander. Weitere Infos finden Sie direkt auf der Homepage.

Fazit

Wie jede Fachdisziplin bedarf auch die raumakustische Planung neben fundiertem Fachwissen entsprechender Erfahrung. „Es ist noch kein Meister vom Himmel gefallen.“ Es war nicht unser Ziel, unsere Leser zum Akustiker auszubilden. Viel mehr dient unsere dreiteilige Akustikserie dazu, Ihnen grundlegendes Wissen zu vermitteln, das Fachvokabular bereitzu-

stellen und praxisnah die daraus folgenden Einflussfaktoren und Stellschrauben nahezubringen. Der BM-Raumakustikrechner soll Ihnen hierfür als bedienerfreundliches Werkzeug behilflich sein.

Vielleicht konnten wir Sie für die Disziplin der Raumakustik begeistern und hoffen, dass Sie für sich und Ihr Unternehmen einen Mehrwert generieren können.

Weiteren Support, die fachlich qualifizierte Unterstützung in Ihrem Projekt sowie belastbare Planungsleistungen erhalten Sie bei erfahrenen Planungs- und Ingenieurbüros und im Besonderen natürlich direkt beim „Akustiker Ihres Vertrauens“.

Der Autor

Michael Fuchs ist Schreiner, Dipl.-Ing. (FH), M.B.P., Bauphysiker und Geschäftsführer der Fuchs – Raumingenieure GmbH mit Spezialisierung auf bauphysikalische Herausforderungen im Bereich des Ausbaus sowie der Objekt- und Büroeinrichtung. www.raumingenieur.de



Glossar

- **Hörsamkeit:** Die Eignung eines Raumes für eine bestimmte Schalldarbietung. Z. B. gewünschte Kommunikation, gute Hörbedingungen für z. B. Vorträge, Unterricht oder musikalische bzw. andere Darbietungen.
- **A/V-Verhältnis:** Das Verhältnis der im Raum befindlichen äquivalenten Schallabsorptionsfläche in m² zum Raumvolumen in m³.
- **Bauteilkatalog:** Auflistung, Darstellung oder Beschreibung von Bauteilen sowie der Angabe dazugehöriger Werte. Im Falle der Raumakustik z. B. die Zuweisung von Schallabsorptionsgraden.
- **Schallabsorptionsgrad α :** Der Schallabsorptionsgrad beschreibt die Leistungsfähigkeit eines Materials, Schallenergie in eine andere Energieform umzuwandeln bzw. die Angabe, welcher Teil der Schallenergie absorbiert, d. h. aufgenommen wird. 1,0 steht für die maximale, also 100 %ige Absorption.

Formeln:

- **Berechnung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche:**

$$A_{eq} = \sum A_i \cdot \alpha_i$$

A = Fläche eines Bauteils in m²

α = Schallabsorptionsgrad

- **Berechnung der Nachhallzeit in Abhängigkeit vom Raumvolumen sowie der vorhandenen äquivalenten Schallabsorptionsfläche**

$$T = 0,163 \cdot \frac{V}{A_{eq}}$$

(Formel nach Wallace C. Sabine)

T = Nachhallzeit in s

V = Volumen in m³

A_{eq} = Äquivalente Schallabsorptionsfläche in m²