

## Luftschalldämmung opaker Bauteile (Paneele)

Bernd Saß

ift Rosenheim GmbH, D-83026 Rosenheim, E-Mail:sass@ift-rosenheim.de

### Einleitung

In der bauakustischen Planung von Gebäuden werden Angaben zur Luftschalldämmung von Bauteilen benötigt. Für die Bauteilgruppe von Paneelen (sogenannte opake Bauteile) in Vorhangfassaden lassen sich solche Angaben bislang nur anhand von Messungen im Labor nachweisen. Eine Möglichkeit zur Planung und Nachweisführung über ein Tabellenverfahren für solche Bauteile existiert derzeit nicht.

In Ergänzung zu einem Forschungsprojekt mit dem Titel „Erarbeitung eines Bauteilkataloges zur Ermittlung der Luftschalldämmung sowie Längsschalldämmung von Vorhangfassaden“ wurde vom ift Rosenheim, Labor Bauakustik ein Forschungsprojekt initiiert und durchgeführt. Ziel war und ist es, diese Tabellen in die Bauteilkataloge u.a. der DIN 4109 zu integrieren.

Der Beitrag berichtet über die Arbeiten zu diesem Projekt und stellt einen Vorschlag für einen Bauteilkatalog vor. Bei der Erarbeitung des Bauteilkatalogs wurden u. a. folgende Einflüsse berücksichtigt:

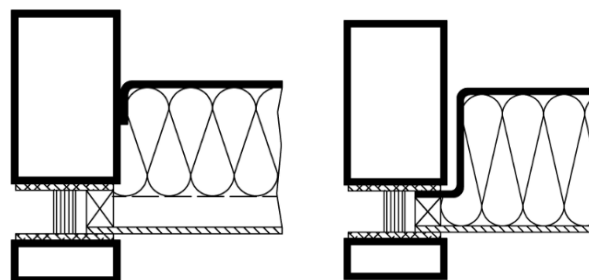
- Material und Dicke der äußeren und inneren Beplankung sowie der Füllung (i. d. R. Wärmedämmung),
- Lage, Ausrichtung sowie Verbindung zwischen Füllung und Beplankung,
- Abstand der äußeren und inneren Beplankung voneinander,
- Flächenbezogene Masse des Paneels,
- Konstruktive Ausbildung des Paneels z. B. Glatt- oder Kofferpaneel,
- Ertüchtigungsmaßnahmen wie z. B. Schwerfolien, Gipskartonplatten etc.

Um das Projektziel zu erreichen, wurden sowohl bestehende Messungen analysiert als auch weitere Messungen durchgeführt, da allein durch eine statistische Analyse vorhandener Daten eine für die praktische Anwendung ausreichend umfassende Bauteilsammlung nicht erstellt werden kann.

### Analyse bestehender Daten

Die für die Untersuchung zusammengestellte Datensammlung zeigt, dass der überwiegende Teil der Messungen an Elementen im Normformat (1,23 m × 1,48 m) durchgeführt worden ist. Ein Teil der Messungen wurde durchgeführt an Elementen ohne Rahmen und ein Teil an Elementen, die in einen Fensterrahmen oder einen Rahmen aus Fassadenprofilen (sog. Fassaden-Festfeldelemente)

eingebaut waren. Eine prinzipielle Schnittzeichnung solcher Bauteile findet sich Abbildung 1.



Bauseits erstelltes Paneel

Kofferpaneel

**Abbildung 1:** Beispiele für Opake Ausfachungen in Fassaden

Im Sinne einer wirtschaftlich sinnvollen Betrachtung erscheint es auch für opake Ausfachungen (Paneele) sinnvoll zu sein, dass der Bauteilkatalog auf das Normformat bezogen wird und ggf. Übertragungsregeln für großformatige Elemente hergeleitet werden. Diese Vorgehensweise hat sich bereits für andere Bauteilgruppen wie Fenster und Isolierglas bewährt.

### Datensammlung

Ausgewertet wurden etwa 370 Vorgänge, bei denen Paneele bzw. opake Bauteile als einzelnes Bauteil oder als Bestandteil eines Bauelementes (Fenster, Tür, Tor, Fassade) geprüft wurden. Insgesamt umfasst die Datensammlung 2281 Messungen, wovon ein großer Teil davon Messungen in Kombination mit kompletten Bauteilen und speziellen Bauarten beschreibt. Diese Messungen sind für die Analyse nicht bzw. nur bedingt geeignet und wurden für die weitere Analyse ausgeschlossen. Nach Sichtung und Filterung aller Messungen waren für die Analysen insgesamt 622 Messungen verwertbar.

In der Analyse enthalten sind u. a. folgende Bauarten von Paneelen:

32 Stegplatten

214 Verbundplatten

265 Elemente mit Ein- bzw. Umleimer

47 Kofferpaneelle

22 Einzelwerkstoffe (Alu, Stahl, Holzwerkstoffe, ..)

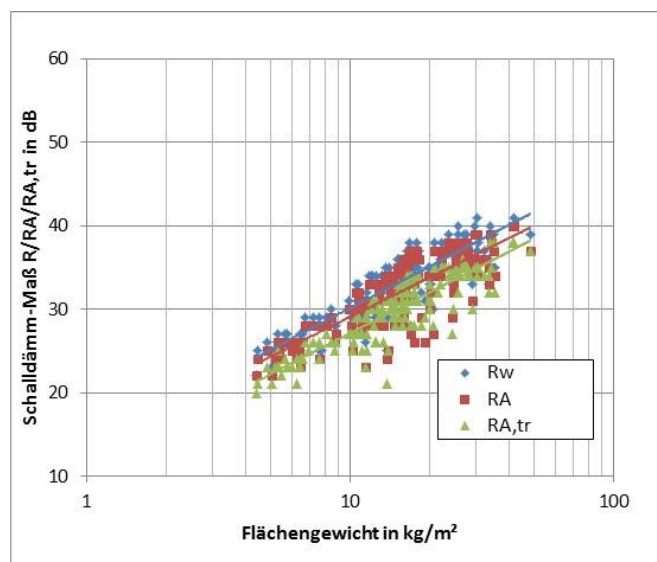
Die Analysen wurden getrennt für die Einzahlangaben des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_w$ ,  $R_w+C$  ( $= R_A$ ) und  $R_w+C_{tr}$  ( $= R_{A,tr}$ ) durchgeführt, um den verschiedenen Anforderungsniveaus in einzelnen europäischen Ländern Rechnung zu tragen. Auf die Analyse des erweiterten Frequenzbereiches von 50 Hz bis 80 Hz bzw. 4000 Hz bis 5000 Hz wurde verzichtet, um den Aufwand für die Analyse in Grenzen zu halten.

## Statistische Analysen

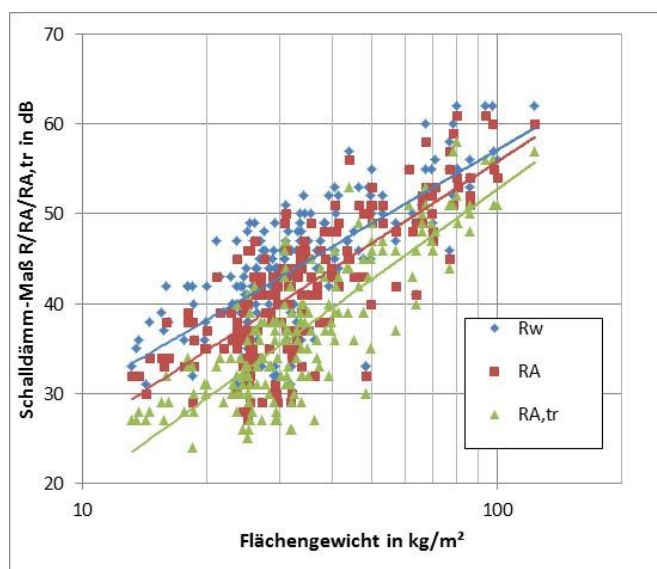
Zur Analyse der Datensammlung wurden die in der Datensammlung erstellten MS- Excel- Tabellen mit Hilfe der Filterungsfunktion des Programms sortiert und ausgewertet.

Die Filterungen zeigen sehr deutlich, dass für die meisten unterschiedlichen Bauarten der Paneele der signifikant stärkste Zusammenhang zwischen der flächenbezogenen Masse und der Schalldämmung besteht. Beispielhaft sind in Abbildung 2 und 3 Beispiele für Filterungen wiedergegeben.

Dargestellt ist darin das Schalldämm-Maß als Funktion der flächenbezogenen Masse. Aufgetragen sind farblich getrennt die Werte für  $R_w$  in blau,  $R_A$  in rot und  $R_{A,tr}$  in grün. Weiterhin ist in den Grafiken eine Ausgleichsgerade eingetragen als logarithmische Funktion der Schalldämmung in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse.



**Abbildung 2:** Statistische Analyse von Verbundplatten im Normformat als Funktion des Flächengewichtes ( $n = 171$ )



**Abbildung 3:** Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralwollefüllung im Normformat als Funktion des Flächengewichtes ( $n = 218$ )

## Bauteilgruppen

Die für das Projekt gewählte Vorgehensweise hat in der Analyse einen Datensatz ergeben, der neben den reinen Fassadenpaneelen auch weitere Bauteilgruppen enthält, für die eine statistisch auswertbare Anzahl an Messungen vorgefunden wurden (insbesondere für Stegplatten und Verbundplatten). Diese Analysen wurden gemacht, um die einmal erfassten Daten auch verwerten zu können.

**Stegplatten** sind leichte Füllungsplatten, die aus zwei oder mehreren dünnen Platten bestehen, die durch Stege miteinander verbunden sind. Es finden sich Platten aus GFK (glasfaserverstärktem Kunststoff) und PC (Polycarbonat), die auch transparent ausgeführt sein können. Das Niveau der Schalldämmung von Stegplatten ist gering, so dass am Ende des Projektes auf einen Bauteilkatalog für Stegplatten verzichtet wurde.

**Verbundplatten** sind leichte Füllungsplatten, die aus zwei Deckschichten mit einem Hartschaumkern aufgebaut sind, der in aller Regel aus EPS bzw. XPS oder PU besteht und mit den Deckschichten vollflächig verbunden ist. Zum Teil weisen Verbundplatten weitere Schichten auf, die die flächenbezogene Masse und damit die Schalldämmung erhöhen sollen.

Verbundplatten werden üblicherweise als Halbzeug hergestellt, die dann vom Fertigungsbetrieb auf Maß geschnitten werden. Damit haben diese Platten keinen Ein- oder Umleimer. Verbundplatten werden beispielsweise als Brüstungsfüllung oder, auch in Kombination mit Glasfüllungen und aufgesetzten Füllungen, als Haustürfüllung verwendet.

Die Deckschichten können aus unterschiedlichen Materialien bestehen, in der Datensammlung finden sich hier neben anderen Materialien vor allem Aluminium, HPL, PVC, Sperrholz und Stahl. Als Beschwerung wird bei Bedarf häufig eine sogenannte Schwerfolie auf Bitumenbasis verwendet. Andere Materialien wie beispielsweise Blei, Gummikork oder Stahlblech finden auch Verwendung.

**Paneele mit Mineralwollefüllung** sind die für die Anwendung in Fassaden sicherlich wichtigste Bauteilgruppe. Bedingt durch die Bauart mit Mineralwollefüllung werden diese Paneele entweder auf Maß mit einem umlaufenden Rahmen gefertigt oder beim Einsatz in der Fassade aus den Einzelteilen direkt in das Feld eingebaut, als bauseits erstellte Füllung.

Die Deckschichten können aus unterschiedlichen Materialien bestehen, in der Datensammlung finden sich hier neben anderen Materialien vor allem Aluminium, Stahl und Glas (Float, ESG, VSG) auf der Außenseite.

Zusätzlich zu den Deckschichten und der Mineralwollefüllung finden sich Beschwerungen aus den unterschiedlichsten Materialien wie Schwerfolie auf Bitumenbasis, Stahl, Gipsfaserplatten, Gipskartonplatten oder Faserzementplatten.

Der Verbund zwischen den einzelnen Lagen der Deckschichten, der Beschwerung und der Mineralwolle ist entweder lose gelegt oder in Sonderfällen auch geklebt.

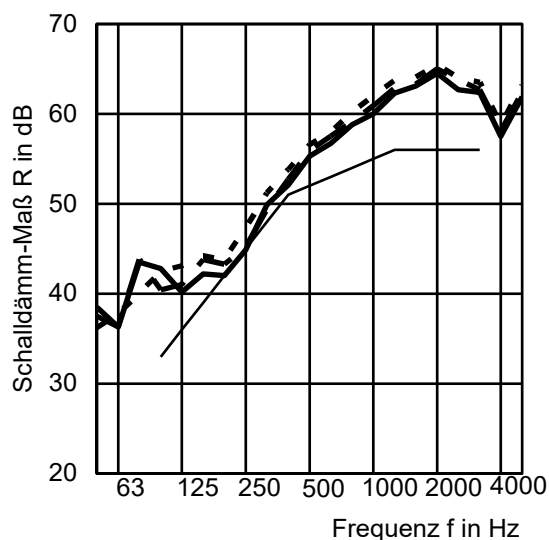
Bei der Einbringung der Mineralwolle wird zudem unterschieden zwischen liegender und stehender Faser, wobei die Ausrichtung mit liegender Faser, also mit der Faserrichtung parallel zur Deckplatte, in Paneelen häufiger zu finden ist. Die Variante mit stehender Faser findet sich eher in Türpaneelen, da hier zusammen mit einer Verklebung ein fester Verbund hergestellt werden kann, der für die Funktion einer Tür erforderlich ist.

Das sich aus den Analysen ergebende Bestimmtheitsmaß  $R^2$  für den Zusammenhang zwischen der flächenbezogenen Masse und dem bewerteten Schalldämm-Maß  $R_w$  bewegt sich um den Wert von 0,5 und zeigt damit einen Zusammenhang auf, der jedoch mit einer starken Streuung verbunden ist. Die Standardabweichungen aus den Analysen liegen in einem Wertebereich um 5 dB, was für eine tabellierte Aussage im Sinne eines Bauteilkatalogs eine zu große Streuung darstellt; die Bauart muss also präziser beschrieben werden, um belastbare Bauteilarten zu erhalten.

## Ergebnisse der durchgeführten Messungen

Messungen wurden durchgeführt für die Bauteilvarianten mit Mineralwollefüllung.

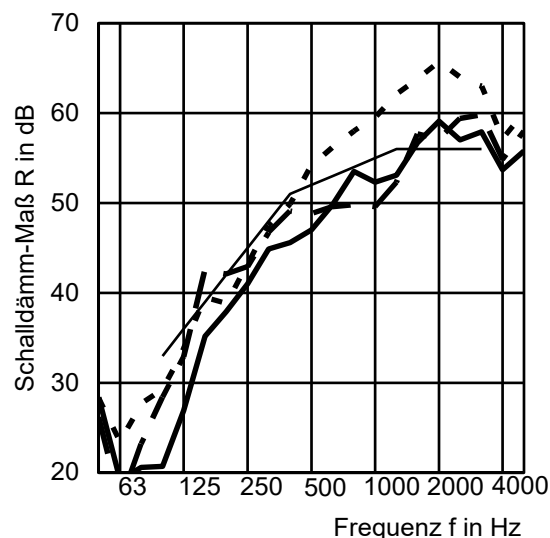
Zur Bestimmung des Einflusses unterschiedlicher **Mineralwollequalitäten** wurden Messungen in gleichen Aufbauten durchgeführt, die, für den Autor unerwartet, einen geringen Einfluss des Mineralwolletyps auf das Schalldämm-Maß des Paneels zeigen. Geprüft wurden Mineralwolletypen von 15 bis 150 kg/m<sup>3</sup>.



**Abbildung 4:** Messung eines Paneels mit dem Aufbau 3 Stahlblech / 230 mm Abstand gefüllt mit Mineralwolle, liegende Faser, 3 Mineralwollequalitäten, 15/50/100 kg/m<sup>3</sup> / 3 mm Stahlblech

Auch besteht ein Zusammenhang zwischen der **Gesamtdicke des Paneels** und der Schalldämmung, der jedoch moderat ausfällt und bei den untersuchten Elementen auch von der Schalldämmung der Rahmenprofile beeinflusst wurde, deren Flanken in den Empfangsraum abstrahlen können und somit einen Anteil an der resultierenden

Schalldämmung aufweisen. Günstig wäre es also, wenn das Paneel im Rahmen raumseitig bündig eingebaut wird.



**Abbildung 5:** Messung eines Paneels mit dem Aufbau 3 Alublech / Abstand 80/130/230 mm gefüllt mit Mineralwolle, liegende Faser, 100 kg/m<sup>3</sup> / 3 mm Stahlblech

Im Ergebnis der Analyse für **bauseits erstellte Paneele** mit Mineralwollefüllung in einem Fassadenrahmen ergeben sich vergleichsweise hohe Schalldämm-Maße. Ein Grund dafür ist sicherlich, dass die äußere und innere Schale nicht direkt miteinander gekoppelt sind.

Bei den Messungen mit **Kofferpaneelen** haben sich im Wesentlichen zwei Details herausgebildet, die für die Schalldämmung dieser Bauart signifikant sind. Diese sind die Verklebung der Mineralwolle mit stehender Faser und die Kofferfuge, die idealerweise abgedichtet werden muss.

Eine Verklebung der Mineralwolle ergibt meist eine Verschlechterung der Schalldämmung. Wird eine **liegende Faserausrichtung** mit den Deckschichten verklebt, ist der Unterschied bei den geprüften Blechpaneelen 2 dB für das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$ .

Bei einer Verklebung mit **stehender Faserausrichtung** (senkrecht zur Deckschicht) steift dieser Aufbau das Paneel so aus, dass sich eine Resonanzfrequenz ergibt, die eine erhebliche Reduzierung der Schalldämmung zur Folge hat. Bei den geprüften 200 mm starken Kofferpaneelen ergab sich dabei eine Resonanzfrequenz bei etwa 250 Hz, sodass sich das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  um bis zu 12 dB reduziert hat.

## Bauteiltabellen

Das für den Bauteilkatalog für die Schalldämmung von opaken Ausfachungen (Paneelen) vorgeschlagene Verfahren ist eine Berechnung für die drei Kenngrößen  $R_w$ ,  $R_A$  und  $R_{A,tr}$ , auf Basis der flächenbezogenen Masse. In den Rechengleichungen wurde ein Sicherheitsabschlag in Höhe einer einfachen Standardabweichung berücksichtigt.

Für folgende Bauarten von Paneelen sind tabellierte Daten erstellt worden:

- Verbundplatten mit EPS- oder PU-Kerndämmung,
- Bauseits erstellte Paneele in Fassadenrahmen mit Mineralwollefüllung,
- Kofferpaneele mit Mineralwollefüllung,
- glatte Paneele mit Mineralwollefüllung.

Bei der Bauart der Kofferpaneele ist zusätzlich die Kofferfuge, also die Einbaufuge zwischen dem Koffer und dem Fassadenrahmen ein relevanter Einflussfaktor und muss abgedichtet werden.

Bei der Mineralwollefüllung ist die Faserausrichtung eine relevante Größe. Die für die Schalldämmung günstigste Einbaulage ist die liegende Faser, also die Faserausrichtung parallel zur Deckschicht.

Als Bauteildaten wurden die nachfolgenden Angaben gem. Tabelle 1 ermittelt.

**Tabelle 1:** Vorschlag für Bauteildaten von Paneelen

Bauart	Berechnung der Schalldämmung
Verbundplatte mit EPS-Kern, $5 \leq m' \leq 50$ [kg/m <sup>2</sup> ] Vollflächige Verklebung zwischen Deckschichten und Dämmkern.	$R_w = 16 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 12$ $R_A (= R_w + C) = 16 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 11$ $R_{A,r} (= R_w + C_r) = 16 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 9$
Verbundplatte mit PU-Kern, $5 \leq m' \leq 40$ [kg/m <sup>2</sup> ] Vollflächige Verklebung zwischen Deckschichten und Dämmkern.	$R_w = 16 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 10$ $R_A (= R_w + C) = 16 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 9$ $R_{A,r} (= R_w + C_r) = 16 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 8$
Bauseits erstelltes Paneel mit Mineralwolle mit liegender Faser, $15 \leq m' \leq 80$ [kg/m <sup>2</sup> ] Deckschichten einzeln eingebaut (nicht miteinander verbunden), eingebaut in Rahmenelemente	$R_w = 24 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 6$ $R_A (= R_w + C) = 29 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) - 3$ $R_{A,r} (= R_w + C_r) = 34 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) - 17$
Kofferpaneel, $25 \leq m' \leq 80$ [kg/m <sup>2</sup> ] Mineralwolle mit liegender Faserausrichtung, Kofferfuge abgedichtet, eingebaut in Rahmenelemente	$R_w = 24 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 0$ $R_A (= R_w + C) = 29 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) - 9$ $R_{A,r} (= R_w + C_r) = 34 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) - 23$

Bauart	Berechnung der Schalldämmung
Glattes Paneel, $15 \leq m' \leq 80$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$R_w = 24 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 0$
Mineralwolle mit liegender Faserausrichtung, eingebaut in Rahmenelemente	$R_A (= R_w + C) = 29 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) - 9$ $R_{A,r} (= R_w + C_r) = 34 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) - 23$

Für die Anwendung der Tabelle gelten folgende Randbedingungen:

- Mittig im Paneel befindliche Plattenmaterialien werden bei der Bestimmung der flächenbezogenen Masse nicht berücksichtigt.
- Als Deckschichten für Paneele mit Mineralwollefüllung sind üblicherweise Glas, Stahlblech oder Aluminiumblech geeignet.
- Der Hohlraum für Paneele mit Mineralwollefüllung muss nicht vollvolumig mit Mineralwolle gefüllt sein.
- An die Mineralwollequalität wird bis auf die für die Berechnung erforderlichen Angabe der Masse keine weitere Anforderung gestellt

Ergänzend wurde eine Tabelle für Paneele mit stehender Faser erstellt, auf deren Wiedergabe hier aus Platzgründen verzichtet wird.

## Literatur

- [1] Forschungsbericht "Erarbeitung eines Bauteilkatalogs zur Ermittlung der Luftschalldämmung von opaken Ausfachungen", ift Rosenheim, 2019
- [2] Forschungsbericht "Erarbeitung eines Bauteilkatalogs zur Ermittlung der Luftschalldämmung sowie Längsschalldämmung von Vorhangfassaden", ift Rosenheim, 2017
- [3] DIN 4109-35:2016, Daten für den rechnerischen Nachweis des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden
- [4] DIN EN ISO 10140-2:2010-12, Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 2: Messung der Luftschalldämmung