FORSCHUNGSINITIATIVE Zukunft BAU

F 3206

Bernd Saß, Sandra Heinrichsberger, Norbert Sack

Erarbeitung eines Bauteilkatalogs zur Ermittlung der Luftschalldämmung von opaken Ausfachungen

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Fraunhofer IRB Verlag

F 3206

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2020

ISBN 978-3-7388-0460-7

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00
Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

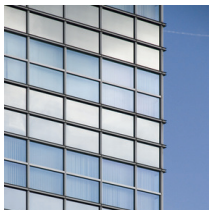
www.baufachinformation.de

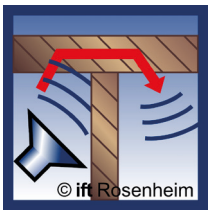
www.irb.fraunhofer.de/bauforschung

FB

ift-FORSCHUNGSBERICHT
Dezember 2019

Erarbeitung eines Bauteilkatalogs zur Ermittlung der Luftschalldämmung von opaken Ausfachungen





© ift Rosenheim

Abschlussbericht

Thema	**Erarbeitung eines Bauteilkatalogs zur Ermittlung der Luftschalldämmung von opaken Ausfachungen**
Kurztitel	Bauteilkatalog Schallschutz opake Ausfachungen (Paneelen)
Gefördert durch	Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-17.65)
Forschungsstelle	ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH Theodor-Gietl-Straße 7–9 83026 Rosenheim
Bearbeiter	Bernd Saß Sandra Heinrichsberger Norbert Sack
Projektleiter	Bernd Saß
Institutsleitung	Prof. Ulrich Sieberath

Rosenheim, Dezember 2019

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumordnung gefördert (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-17.65).

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Projektziel 1

2 Begriffe und Formelzeichen 3

3 Analysen zur Luftschalldämmung 7

3.1 Datenerfassung 7
3.2 Filterkriterien 9
3.3 Statistische Analysen 10
3.4 Bauteilgruppen 15
3.4.1 Stegplatten 15
3.4.2 Verbundplatten 15
3.4.3 Vakuumpaneele 17
3.4.4 Paneele mit Mineralfaserfüllung 17

4 Messungen der Schalldämmung 19

4.1 Messtechnische Untersuchungen 19
4.1.1 Qualität der Mineralwolle 19
4.1.2 Verbund 19
4.1.3 Faserrichtung 20
4.1.4 Kofferpaneele 20
4.2 Bestimmung der Luftschalldämmung 20
4.3 Bestimmung des längenbezogenen Strömungswiderstandes 21
4.4 Bestimmung der Profilschalldämmung 21
4.5 Prüfelemente 22
4.5.1 Pfosten-Riegel Fassadenelement 22
4.5.2 Mineralwolle-Dämmung 23
4.5.3 Deckschichten 23
4.5.4 Kofferpaneele und Glattpaneele 25

5 Analyse der Prüfergebnisse 27

5.1 Bauseits erstellte, glatte Paneele 27
5.1.1 Mineralwollequalität 27
5.1.2 Gesamtdicke des Paneels 27
5.1.3 Flächenbezogene Masse 28
5.1.4 Orientierung der Mineralwolleschichten 29
5.1.5 Deckschalen 29
5.1.6 Shadowbox 29
5.1.7 Fazit für bauseits erstellte Paneele 30
5.2 Kofferpaneele 30
5.2.1 Orientierung der Mineralwolleschichten 30
5.2.2 Kofferfuge 31
5.2.3 Beschwerungsmaßnahmen 31

5.2.4 Randverbund, Einspanndicke 31
5.3 Glattpaneele 32
5.4 Format der Bauteile 32
6 Voraussetzungen für die Anwendung der Tabellen 33
6.1 Anordnung der einzelnen Lagen eines Paneels 33
6.2 Mineralwolle 33
6.2.1 Faserrichtung 33
6.2.2 Verbund von Fasern mit den Deckplatten 34
6.2.3 Flächenbezogene Masse 34
6.2.4 Mineralwollequalität 34
6.3 Kofferpaneele 35
6.4 Bauseits erstellte, glatte Paneele 35
7 Vorschlag für einen Bauteilkatalog 37
7.1 Luftschalldämmung von opaken Ausfachungen (Paneelen) 37
7.1.1 Die Schalldämmung beeinflussende Größen 37
7.1.2 Hinweise für Planung und Ausführung 38
7.1.3 Daten für den rechnerischen Nachweis 39
8 Literaturverzeichnis 45
9 Danksagung 47
10 Anlagen 49
10.1 Ergebnisse der Datenanalysen 54
10.2 Datenblätter von Mineralwolle 77
10.3 Längenbezogener Strömungswiderstand 81
10.4 Prüfelemente: bauseits im Fassadenrahmen erstellte Paneele 85
10.5 Prüfergebnisse, bauseits im Fassadenrahmen erstellte Paneele 93
10.6 Prüfelemente: Kofferpaneele 108
10.7 Prüfergebnisse der Kofferpaneele 113
10.8 Prüfelemente: Glattpaneele 127

Zusammenfassung

Durch die Erarbeitung eines Bauteilkatalogs für Paneele wird es möglich, Angaben zur Luftschalldämmung solcher Bauelemente ohne Messungen nachzuweisen. Dadurch reduziert sich einerseits der Aufwand zum Nachweis der Luftschalldämmung; zusätzlich erhöht sich durch eine fundierte Datenbasis die Planungssicherheit. Daher sollte im Rahmen des Projektes ein Bauteilkatalog zur Bestimmung der Luftschalldämmung von opaken Ausfachungen (Paneelen) erarbeitet werden.

Hierzu wurden vorhandene Messungen der Luftschalldämmung von Paneelen analysiert. Anschließend wurden gezielte Messungen von Elementen mit opaken Ausfachungen zur Vervollständigung der Analysen durchgeführt.

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.

Für die Analyse der Luftschalldämmung wurden MS-Excel basierte Datensammlungen erstellt. Dazu wurde in einem ersten Schritt eine Analyse im Messdatenarchiv des ift Rosenheim durchgeführt und die so entstandene Tabelle mit weiteren externen Messdaten ergänzt. Anhand der Datensammlungen konnte ein erster Vorschlag für einen Bauteilkatalog erarbeitet werden. Anhand der festgestellten „Lücken“ wurden die Aufbauten definiert, die im weiteren Verlauf des Projektes vermessen wurden.

Aus den beschriebenen Untersuchungen wurde der finale Vorschlag eines Bauteilkatalogs erstellt. Basis für den grundsätzlichen Aufbau des Bauteilkatalogs ist das Rahmendokument nach DIN 4109-31.

Abstract

By the development of a component catalogue for panels it is possible to prove details of the airborne sound insulation of such components without measurements. On the one hand, this reduces the effort required to prove airborne sound insulation; on the other hand, a well-founded database increases planning reliability.

Therefore, a component catalogue for the determination of the airborne sound insulation of opaque infill panels should be developed. For this purpose, existing measurements of the airborne sound insulation of panels were analysed. Subsequently, targeted measurements of elements with opaque infills were carried out to complete the analyses.

The following influences, among others, were taken into account in the development of the component catalogue:

- Material and thickness of the outer and inner planking as well as the filling (usually thermal insulation)
- Position, alignment and connection between filling and planking
- Distance between the outer and inner panelling
- Area-related mass of the panel
- Constructive design of the panel, e.g. stepped rebate or suitcase panel
- Effective measures such as heavy foils, gypsum plasterboard, etc.

In order to achieve the project objective, both existing measurements were analysed and further measurements were carried out, since a statistical analysis of existing data alone would not be sufficient to provide a comprehensive component collection for practical application.

For the analysis of the airborne sound insulation, MS Excel based data collections were created. In a first step, an analysis was carried out in the ift Rosenheim measurement data archive and the resulting table was supplemented with further external measurement data. On the basis of the data collections a first proposal for a component catalogue could be worked out. On the basis of the identified "gaps", the superstructures were defined, which were measured in the further course of the project.

From the described investigations the final proposal of a component catalogue was created. Basis for the basic structure of the component catalogue is the frame document according to DIN 4109-31.

1 Einleitung und Projektziel

In der bauakustischen Planung von Gebäuden werden Angaben zur Luftschalldämmung von Außenbauteilen benötigt. Für opake Ausfachungen (Paneele) lassen sich solche Angaben - im Gegensatz zu transparenten Ausfachungen (Verglasungen) - derzeit nur anhand von Messungen im Labor nachweisen. Eine Möglichkeit zur Planung und Nachweisführung über ein Tabellenverfahren existiert nicht. Ziel des Vorhabens war daher die Erstellung eines solchen Bauteilkatalogs zur Planung der Luftschallschalldämmung von opaken Ausfachungen.

Der Bedarf an einem Bauteilkatalog zur Planung der Luftschalldämmung von opaken Ausfachungen hat sich im Rahmen des abgeschlossenen Forschungsvorhabens "Erarbeitung eines Bauteilkatalogs zur Ermittlung der Luftschalldämmung sowie Längsschalldämmung von Vorhangfassaden"(SWD-10.08.18.7-14.26) gezeigt [21]. Für opake Ausfachungen sind aktuell keine tabellierten bauakustischen Leistungseigenschaften in Abhängigkeit des konstruktiven Aufbaus verfügbar. Durch die Erarbeitung eines Bauteilkatalogs für opake Ausfachungen könnten für standardisierte Paneele Angaben zur Luftschalldämmung ohne Messungen nachgewiesen werden. Die so verfügbaren Informationen zu den akustischen Eigenschaften könnten dann genutzt werden, um die Luftschalldämmung des kompletten Bauelementes (Fenster- bzw. Vorhangfassade) zu bestimmen. Die noch vorhandene Lücke (fehlende Eingangsdaten der Luftschalldämmung von Paneelen) bei der Bestimmung der Luftschalldämmung von Vorhangfassaden wäre somit geschlossen. Dadurch reduziert sich der Aufwand zum Nachweis erheblich. Dies beeinflusst sowohl die Kosten als auch den zeitlichen Ablauf in der Planung. Zusätzlich erhöht sich durch eine fundierte Datenbasis die Planungssicherheit.

Basis für die Erstellung des Bauteilkatalogs sind Messdaten aus dem Archiv des ift Rosenheim sowie Daten, die bei den Industriepartnern sowie weiteren Prüfinstituten gesammelt wurden. Es ist jedoch nicht zu erwarten, dass allein durch eine statistische Analyse der vorhandenen Daten eine für die praktische Anwendung ausreichend umfassende Bauteilsammlung erstellt werden kann. Dies ist dadurch begründet, dass „relativ“ wenige Messdaten für das Bauteil opake Ausfachung vorhanden sind, da im Regelfall Paneele für konkrete Bauvorhaben gefertigt werden und die bauakustischen Eigenschaften für das komplette Bauelement; d. h. die Vorhangfassade oder das Fenster, messtechnisch ermittelt werden. Die Luftschalldämmung des Paneels alleine wird hierbei im Allgemeinen nicht ermittelt.

Zur Erreichung des Forschungszieles war es daher notwendig, eine größere Anzahl von Messung durchzuführen. Bei den Messungen selbst wurden die für die Luftschalldämmung des Paneels entscheidenden Parameter variiert. Diese sind u. a.:

- Material und Dicke der äußeren und inneren Beplankungen (z. B. Glas, Stahlblech, Aluminiumblech),
- Material und Dicke der Füllung (i. d. R. Wärmedämmung),
- Lage der Füllung (Ausrichtung der Fasern) sowie Verbindung zwischen Füllung und Beplankung,
- Abstand der äußeren zur inneren Beplankung,
- Einfluss der Abmessung der opaken Ausfachung,
- Einfluss der konstruktiven Ausbildung des Paneels z. B. Glatt- oder Kofferpaneel,
- Ertüchtigungsmaßnahmen wie z. B. Schwerfolien, Gipskartonplatten etc.

Basis der Arbeit sind weiterhin die für die Planung in der Bauakustik bestehenden Rechenverfahren. An dieser Stelle seien genannt die EN 12354 und DIN 4109 sowie die Prüfvorschriften nach EN ISO 10140 [1], [2], [3], [5], [6], [7], [9].

Die Bauteilsammlung wurde mit dem Ziel erstellt, tabellierte Daten in den Bauteilkatalog von DIN 4109-35 und ggf. in weiteren Regelwerken zu integrieren [4].

Dieser Bericht behandelt bauakustische Themen, weitere Einflussgrößen wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt. Aus dem neben der Bauakustik bestehenden Anforderungsspektrum, das an die Bauteile gestellt wird, wie beispielsweise Standsicherheit, Korrosionsbeständigkeit oder Hitzebelastungen im Isolierglas, können konstruktive Regelungen bestehen, die im Rahmen dieser Arbeit nicht vollumfänglich betrachtet worden sind.

Als Beispiele seien genannt der Einsatz von Gipsfaserplatten, bei denen Lochfraß im Aluminium bei Feuchteeintritt auftreten kann, eine erforderliche Druckentspannung (Ausgleichsbohrung) und die Verwendung von 6/16/6 als Isolierglas als ungeeignete Bauweise Bei der Konstruktion von Fassaden mit opaken Ausfachungen ist der Stand der Technik in dem gesamten Anforderungsspektrum an Fassaden zu beachten.

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

2 Begriffe und Formelzeichen

In diesem Kapitel werden die in diesem Bericht verwendeten Begriffe, Formel- und Kurzzeichen zusammengefasst und erläutert. Die Erläuterung ersetzt nicht die in den einschlägigen Normen enthaltenen Begriffsdefinitionen, sie dient vielmehr der Klarstellung des jeweiligen Begriffes für die Anwendung dieses Berichtes.

Tabelle 1 Begriffe

Begriff	Erläuterung
Andruckleiste	Teil der Druckverglasung von Pfosten-Riegelprofilen. Die Andruckleiste wird mit dem Tragprofil der Fassade verschraubt und klemmt damit die Füllung (Glas, Paneel, Einsatzelement) ein.
Bauseits erstelltes Paneel	Ein in einen Fassadenrahmen eingebautes Paneel, bei dem jede Lage einzeln in dem Element verbaut wird. Die innere und die äußere Deckschicht haben keinen direkten Verbund miteinander (anders als beispielsweise bei Kofferpaneelen oder Glatten Paneelen).
Bestimmtheitsmaß R^2	Statistische Kenngröße zur Beurteilung der Anpassungsgüte einer Regression – beispielsweise, um zu bewerten, wie gut Messwerte zu einem Modell passen.
Deckenpaneel	Paneelfeld im Bereich des Deckenanschlusses einer vertikal laufenden Vorhangfassade
Deckschale	Teil der Druckverglasung von Pfosten-Riegelprofilen, die zum optischen Abschluss auf der Andruckleiste montiert wird.
Einleimer	Umlaufender Rahmen zwischen den Deckplatten eines Paneels (bei der Bauart als Kofferpaneel oder glattes Paneel)
EPS/XPS	Expandiertes bzw. extrudiertes Polystyrol entsprechend EN 13163 [27] bzw. EN 13164 [28] als Hartschaum, zur Verwendung beispielsweise als Zwischenlage in Verbundplatten.
Festfeldelement	Fassadenelement mit Festverglasung, häufig geprüft als Element im Normformat.
Füllung	Füllung in den Ausfachungen einer Fassade, meist ist die Füllung ein Isolierglas oder Paneel (opakes Element).
GFK	Kürzel für glasfaserverstärkten Kunststoff
Glattes Paneel	Begriff zur Abgrenzung von einem Kofferpaneel. Ein glattes Paneel hat keine Abstufung (auch Abkofferung).
Großformat	Begriff zur Abgrenzung von Messungen im Normformat. Gemeint sind Fassadenelemente in Originalgröße.
HPL	Schicht-Verbundwerkstoff aus Papier und Harz, „High Pressure Laminate“
Kofferfuge	Fuge raumseitig zwischen dem Kofferpaneel und dem Fassadenrahmen

Tabelle 1 Begriffe

Begriff	Erläuterung
Kofferpaneel	Bauart eines Paneels, bei dem die raumseitige Schale als Koffer ausgebildet ist, um einen größeren Zwischenraum zu erzeugen. Durch die Bauart kann das Paneel wie eine Glasfüllung in eine Fassade eingebaut werden.
MIG	Abkürzung für Mehrscheiben-Isolierglas
Mineralwolle, liegende Faser	Mineralwolle entsprechend EN 13162 [26] Orientierung der Fasern „liegend“, d. h. parallel zur Deckplatte des Paneels
Mineralwolle, stehende Faser	Mineralwolle entsprechend EN 13162 [26] Orientierung der Fasern „stehend“, d. h. senkrecht zur Deckplatte des Paneels
Normformat	Elementformat 1,23 m × 1,48 m für die Prüfung im Fensterprüfstand nach DIN EN ISO 10140-5 Abschnitt 3.3.3 [8]. Bei den Paneelen wurden auch Messungen an Türblättern mit der Abmessung 1 m × 2 m als Normformat angesehen und ausgewertet.
Paneel	Sprachlich gängiger Ausdruck als Synonym für opake Ausfachungen.
PC	Kürzel für Polycarbonat
Plausibilitätskontrolle	Da die Datenbasis für die einzelnen Selektionen zum Teil nur auf wenigen Messungen basiert, wurden die Zahlenwerte im Nachgang zur statistischen Analyse auf Plausibilität u. a. Berücksichtigung der Prüferfahrung des ift-Labors Bauakustik überprüft im Hinblick auf die Anwendung der Tabellen.
Profil	Ein Profil ist ein Rahmenteil eines Bauelementes, durch das Schallenergie übertragen wird. Beispiele sind Pfosten- und Riegelprofile sowie Profile aus Fensterrahmen. Auch Anschlussschwerter von Trennwänden an die Fassade können als Profil ausgeführt werden.
Profilschalldämmung	Schalldämmung, die durch Transmission ausschließlich über das Profil zu beschreiben ist. Kenngröße ist die Normschallpegeldifferenz kleiner Bauteile $D_{n,e}$.
Profiltiefe	Raumseitig sichtbare Bautiefe eines Profils einer Pfosten-Riegel-Fassade oder Elementfassade
PS (EPS, XPS)	Polystyrol als Hartschaumplatte, abhängig von der Herstellweise als EPS entsprechend EN 13163 [27] oder XPS entsprechen EN 13164 [28]
PU/PUR	Polyurethan entsprechend EN 13165 [29 als Hartschaumplatte, zu Verwendung beispielsweise als Zwischenlage in Verbundplatten
PVC	Polyvinylchlorid, hier verwendet als Material für Deckschichten.
Raumseitige Schale	Die zum Innenraum orientierte Lage einer Füllung; bei einer Isolierglasscheibe ist dies die raumseitig gelegene Glastafel, bei einem Paneel das raumseitig gelegene Material (i. d. R. eine Blechtafel).

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

Tabelle 1 Begriffe

Begriff	Erläuterung
Shadowbox	Bauweise von bauseitig erstellten Fassadenpaneelen, die hinter einer äußeren Glasscheibe eine Kammer aufweisen, die vor der Mineralwolle mit einer Deckschicht, meist Alu-Blech, abgedeckt ist. Diese Bauweise dient in erster Linie optischen Anforderungen.
Stegplatte	Leichte Platte aus GFK oder PC aus mehreren Schichten mit Stegen zur Aussteifung
Umleimer	Umlaufender Rahmen eines Paneels
Verbundplatte	Platte mit zwei Deckschichten, meist aus PVC oder Aluminium, und einer Füllung aus Hartschaum (PS, PU) und vollflächiger Verbindung mit den Deckplatten. Optional haben Verbundplatten Beschwerungsmaßnahmen zur Verbesserung der Schalldämmung.

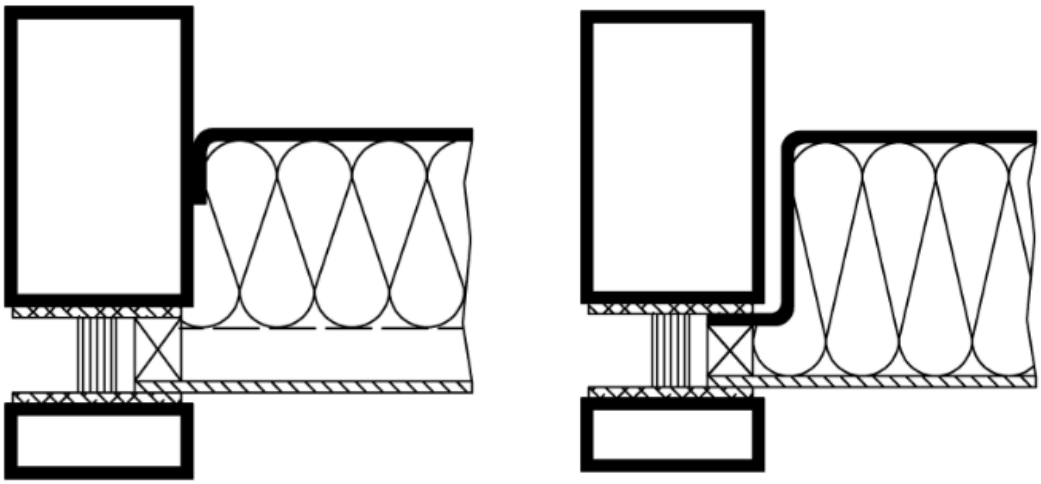
Tabelle 2 Formelzeichen

Zeichen	Erläuterung	Einheit
A	Äquivalente Absorptionsfläche, bestimmt aus Volumen und Nachhallzeit	m²
A_0	Bezugs-Absorptionsfläche (10 m²)	m²
b	Ansichtsbreite eines Profils	mm
C	Spektrum-Anpassungswert u. a. Berücksichtigung von Spektrum 1 nach DIN EN ISO 717-1 [5]	dB
C_{tr}	Spektrum-Anpassungswert u. a. Berücksichtigung von Spektrum 2 nach DIN EN ISO 717-1 [5]	dB
$D_{n,e}$	Norm-Schallpegeldifferenz kleiner Bauteile, gemessen nach DIN EN ISO 10140-2 (spektral) [7]; kennzeichnende Größe, hier verwendet für Profilmessungen.	dB
$D_{n,e,w}$	Einzahlangabe der Norm-Schallpegeldifferenz kleiner Bauteile, bewertet nach DIN EN ISO 717-1 [5].	dB
L_1	Schalldruckpegel im Senderaum	dB
L_2	Schalldruckpegel im Empfangsraum	dB
n	Stichprobenumfang einer Analyse	–
m‘	flächenbezogene Masse	kg/m²
m'_0	Bezugsgröße zum Dimensionsausgleich, m'_0 = 1 kg/m²	kg/m²
r	längenbezogener Strömungswiderstand nach EN 29053:1993	Pa s/m²
R	Schalldämm-Maß, bezogen auf die Bauteilfläche S, gemessen nach DIN EN ISO 10140-2 (spektral) [7]	dB
R^2	Kürzel für das Bestimmtheitsmaß (Quadrat des Korrelationskoeffizienten)	–
R_w	Einzahlangabe des Schalldämm-Maßes, bewertet nach DIN EN ISO 717-1 [5]	dB
R_A	Alternatives Symbol für die Einzahlangabe u. a. Berücksichtigung des Spektrum-Anpassungswertes C (R_w+C)	dB
$R_{A,tr}$	Alternatives Symbol für die Einzahlangabe u. a. Berücksichtigung des Spektrum-Anpassungswertes C_{tr} (R_w+C_{tr})	dB
R_x	Platzhalter für die Kenngrößen R_w, R_A oder $R_{A,tr}$	dB
S	Bauteilfläche	m²
u_{prog}	Sicherheitsbeiwert nach DIN 4109-2:2016, i. d. R. für Außenbauteile 2 dB	dB
σ	längenbezogener Strömungswiderstand nach EN ISO 9053:2018	Pa s/m²
σ	Standardabweichung, ermittelt an einer Stichprobe	dB

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

3 Analysen zur Luftschalldämmung

In diesem Kapitel werden die Analysen und Auswertungen zur Luftschalldämmung von opaken Ausfachungen (Paneelen) betrachtet. Die 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 umfassenden Rahmen und ein Teil an Elementen, die in einen Fensterrahmen oder einen Rahmen aus Fassadenprofilen (sog. Fassaden-Festfeldelemente) eingebaut waren. Eine Prinzipskizze solcher Bauteile findet sich in der EN ISO 12631, siehe Bild 1.



Bauseits erstelltes Paneel Kofferpaneel

Bild 1 Beispiel 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.

3.1 Datenerfassung

Für die Analyse der Luftschalldämmung wurden MS-Excel basierte Datensammlungen erstellt. Dazu wurde in einem ersten Schritt eine Analyse im Messdatenarchiv „Auswert“ des ift Rosenheim durchgeführt und die so entstandene Tabelle mit externen Messdaten ergänzt, die Datenerhebung erfolgte im Zeitraum vom Januar bis März 2018. In der Datensammlung sind Daten der Forschungsstelle ift Rosenheim und aus folgenden Prüflaboratorien enthalten:

- Chand I. Mitter, Prüfstand Fa. Vegla in Gelsenkirchen
- Fraunhofer IBP, Stuttgart
- ITB, Warschau
- PIB, Stephanskirchen
- Schüco, Bielefeld
- RWD Schlatter, Roggwil

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.

„Ausschlusskriterien“ für Messungen waren u. a.:

- Alter der Messung,
- Baumessungen,
- Elementierte Fassadenelemente mit Paneelen und Glasfüllungen, bei denen das Ergebnis signifikant von anderen Baugruppen wie der Glasfüllung abhängt
- Elemente mit Fugeneinfluss (öffenbar, begehbar)
- Interne Messungen wie Kalibriermessungen an Eichelementen
- Messungen von speziellen Bauarten wie Absorberelementen, Lamellen, Membranen, Elementen mit Lüftung, Lichtkuppeln, Glasbausteinen

Nach Sichtung und Filterung aller Messungen waren für die Analysen insgesamt 622 Messungen verwertbar. Die Messungen datieren ab etwa 1992, vereinzelt wurden auch ältere Messungen nach einer zugehörigen Plausibilitätskontrolle verwendet.

493 Messungen wurden an Paneelen allein ohne Fenster- oder Fassadenrahmen durchgeführt. Ergebnisse lagen vor für 438 Elemente im „Normformat“ 1,23 m × 1,48 m und für 108 Elemente im Türformat von ca. 1 m × 2 m. Abweichende Formate betreffen beispielsweise Schwertanschlüsse oder Rahmenverbreiterungen.

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

- 32 Stegplatten
- 214 Verbundplatten
- 265 Elemente mit Ein- bzw. Umleimer
- 47 Kofferpaneele
- 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 in einzelnen europäischen Ländern verschiedenen Anforderungsniveaus Rechnung zu tragen. Ferner wurden auch spektrale Daten ausgewertet. 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. Die Auswertungen wurden mit Einzahlangaben ohne Nachkommastellen durchgeführt.

 © ift Rosenheim 2019

3.2 Filterkriterien

Für die Erstellung der Datenanalyse wurden nachfolgend beschriebene Merkmale als Filterkriterium formuliert. Diese Zusammenstellung der Merkmale basiert in wesentlichen Teilen auf Erfahrungswerten des ift Rosenheim, die im Zusammenhang mit bisherigen Untersuchungen an Paneelen gesammelt wurden. Die für die Analyse wesentlichen Parameter bzw. Felder sind in der nachfolgenden Tabelle 3 aufgelistet.

Tabelle 3 Filterkriterien für Elemente

Feld (Parameter)	Beschreibung
Labor	Name des Prüflabors
Auftragsnummer, Messung Nr.	Zur Identifikation
Prüfergebnis	R_w, R_A, $R_{A,tr}$, C, C_{tr}, R_w (1/10), jeweils als eigenes Datenfeld, in dB
Datensatz für Analyse geeignet	Ja/Nein
Messung begehbar	Ja/Nein, z. B. Tür, Fenster (mit Paneelfüllung)
Messung mit oder ohne Rahmen	Ja/Nein (Messung des Paneels alleine oder eingebaut in einen Rahmen)
Format	„Normformat“ oder abweichend
Bauart	z. B. Verbundplatte, Element mit Einleimer, Kofferpaneel
Zubehör	Vorhanden Ja/Nein (z. B. Glasfüllungen, Lüftungskanäle)
Einleimer	Art, Abmessung (falls vorhanden)
Decklage außen	Material, Dicke
Zwischenlagen	Bis zu 7 Zwischenlagen, z. B. Dämmstoff und Beschwerungen
Decklage innen	Material, Dicke
Maßnahme	z. B. Diagnosemessungen
Dämmstoff	Mineralwolle, PS, PU, …
Verbund	Gelegt, geklebt
Faserausrichtung	Stehend, liegend (bei Mineralwolle)
Beschwerung	Ja/Nein
Gesamtdicke	in mm
Paneelgewicht	in kg
Paneelfläche	in m²
Flächengewicht	in kg/m²
Resonanzfrequenz	Falls erkennbar, in Hz
Spektrale Daten	in dB

3.3 Statistische Analysen

Zur Analyse der Datensammlung wurden die Tabellen mit Hilfe der Filterungsfunktion des Programms MS Excel sortiert und ausgewertet. Ein Beispiel für eine Auswertung einer solchen Filterung ist nachfolgend wiedergegeben.

In dem Beispiel in Tabelle 4 hat die Filterung einen Stichprobenumfang von n = 18 Messungen ergeben. Von den bewerteten Schalldämm-Maßen und den Spektrum-Anpassungswerten wurden Mittelwerte und die Standardabweichung bestimmt – mit einer Nachkommastelle und mit ganzzahligen Werten. Von den Einzahlangaben wurde zudem der Wert mit Abzug einer Standardabweichung ermittelt.

Tabelle 4 Beispiel für eine statistische Auswertung einer Filterung in der Datenbank für die Luftschalldämmung

Anzahl	**18**	**R_w**	**R_A**	**$R_{A,tr}$**	**C**	**C_{tr}**		**n**	**R_w**	**R_A**	**$R_{A,tr}$**	**C**	**C_{tr}**
	-	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**		**-**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**
Mittelwert		19,7	18,8	17,2	-0,9	-2,5		18	19	18	17	-1	-2
Min		17	16	14	-2	-3							
Max		22	21	20	0	-1							
Stabw σ		*1,45*	*1,36*	*1,58*	*0,40*	*0,60*		*18*	*18*	*17*	*16*	-1	-2

In dieser Weise wurden Filterungen u. a. nach der flächenbezogenen Masse und der Bautiefe der Paneele durchgeführt. Es zeigt sich bei den Analysen sehr deutlich, dass für die meisten unterschiedlichen Bauarten der Paneele der signifikant stärkste Zusammenhang zwischen der flächenbezogenen Masse und der Schalldämmung besteht.

In der Anlage Bild A 1 bis Bild A 20 werden diese Auswertungen (diese Filterungen) in Punktdiagrammen wiedergegeben. Dargestellt ist das Schalldämm-Maß als Funktion der Gesamtdicke und als Funktion der flächenbezogenen Masse. Aufgetragen sind darin 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 und die dazugehörende mathematische Gleichung eingetragen als Linearfunktion der Gesamtdicke der Paneele bzw. als logarithmische Funktion der flächenbezogenen Masse der Paneele.

Die Standardabweichung σ wurde für das bewertete Schalldämm-Maß R_w und die Kenngrößen R_A und $R_{A,tr}$ für die betrachteten Bauteilgruppen ermittelt. Tabelle 5 bis Tabelle 10 enthalten die mittlere Standardabweichung für die untersuchten Bauteilgruppen, wobei der Zusammenhang zwischen der Schalldämmung und der flächenbezogenen Masse bereits durch Bildung einer Ausgleichsgeraden auf Grundlage der MS-Excel-Auswertung berücksichtigt worden ist.

 © ift Rosenheim 2019

Diese Ausgleichsgerade berechnet sich nach der Beziehung

$$R_x = a \cdot \log\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + b \text{ dB}$$

für die drei Kenngrößen R_w, R_A und $R_{A,tr}$.

Die in der Gleichung angegebenen Zahlenwerte a und b (a ist die Steigung der Geraden, die auf Basis der Ausgleichsgeraden aus der MS-Excel-Funktion bestimmt, vom natürlichen auf den dekadischen Logarithmus umgerechnet und auf ganze dB gerundet wurde, b ergibt sich ebenfalls aus der Ausgleichsgeraden und entspricht dem Wert für m‘ = m'_0), sind ebenfalls mit in Tabelle 5 bis Tabelle 10 angegeben. Darin ist m‘ die flächenbezogene Masse in kg/m² und m'_0 der Bezugswert zur Neutralisation der Einheit, m'_0 = 1 kg/m².

Tabelle 5 Mittlere Standardabweichungen und ermittelte Ausgleichsgeraden der analysierten Bauteilgruppen für Stegplatten im Normformat

Bauteilgruppe: Stegplatten	**Stich-proben-umfang n**	**mittlere Standard-abweichung σ für**			**Ausgleichsgerade** $R_x = a \cdot \log\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + b$ **für**		
		R_w	**R_A**	**$R_{A,tr}$**	**R_w**	**R_A**	**$R_{A,tr}$**
	-	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**
Stegplatten ohne weitere Einschränkung, vgl. Bild A 1	29	1,45	1,40	1,86	a = 8 b = 16	a = 8 b = 15	a = 8 b = 13
Stegplatten aus GFK, vgl. Bild A 2	11	1,35	1,17	1,37	a = 7 b = 18	a = 7 b = 17	a = 7 b = 16
Stegplatten aus Polycarbonat, vgl. Bild A 3	18	1,42	1,37	1,50	a = 5 b = 17	a = 5 b = 16	a = 5 b = 15

Tabelle 6 Mittlere Standardabweichungen und ermittelte Ausgleichsgeraden der analysierten Bauteilgruppen für Verbundplatten im Normformat

Bauteilgruppe: Verbundplatten	**Stich-proben-umfang n**	**mittlere Standard-abweichung σ für**			**Ausgleichsgerade** $R_x = a \cdot \log\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + b$ **für**		
		R_w	**R_A**	**$R_{A,tr}$**	**R_w**	**R_A**	**$R_{A,tr}$**
	-	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**
Verbundplatten ohne weitere Einschränkung, vgl. Bild A 4	171	2,26	2,77	1,94	a = 18 b = 12	a = 16 b = 12	a = 16 b = 11
Filterung: mit EPS/XPS-Kern, vgl. Bild A 5	102	2,08	2,29	1,75	a = 16 b = 14	a = 16 b = 13	a = 16 b = 11
Filterung: mit EPS/XPS-Kern, ohne mittig im Kern platzierte Beschwerung, vgl. Bild A 6	58	1,84	2,05	1,56	a = 16 b = 14	a = 16 b = 13	a = 16 b = 11
Filterung: mit PU-Kern, vgl. Bild A 7	48	2,44	2,69	1,95	a = 16 b = 12	a = 16 b = 11	a = 16 b = 10

Tabelle 6 Mittlere Standardabweichungen und ermittelte Ausgleichsgeraden der analysierten Bauteilgruppen für Verbundplatten im Normformat

Bauteilgruppe: Verbundplatten	**Stich-proben-umfang n**	**mittlere Standard-abweichung σ für**			**Ausgleichsgerade** $R_x = a \cdot \log\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + b$ **für**		
		R_w	**R_A**	**$R_{A,tr}$**	**R_w**	**R_A**	**$R_{A,tr}$**
	-	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**
Filterung: mit PU-Kern, ohne mittig im Kern platzierte Beschwerung, vgl. Bild A 8	39	1,98	2,19	1,61	a = 16 b = 13	a = 16 b = 12	a = 16 b = 10

Tabelle 7 Mittlere Standardabweichungen und ermittelte Ausgleichsgeraden der analysierten Bauteilgruppen für Vakuumpaneele im Normformat

Bauteilgruppe: Vakuumpaneele	**Stich-proben-umfang n**	**mittlere Standard-abweichung σ für**			**Ausgleichsgerade** $R_x = a \cdot \log\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + b$ **für**		
		R_w	**R_A**	**$R_{A,tr}$**	**R_w**	**R_A**	**$R_{A,tr}$**
	-	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**
Vakuumpaneele, vgl. Bild A 9	26	3,15	3,01	2,25	a = 33 b= -12	a = 33 b = -14	a = 25 b = -5

Tabelle 8 Mittlere Standardabweichungen und ermittelte Ausgleichsgeraden der analysierten Bauteilgruppen für Paneele mit Mineralwollefüllung im Normformat

Bauteilgruppe: Paneele mit Mineralwollefüllung	**Stich-proben-umfang n**	**mittlere Standard-abweichung σ für**			**Ausgleichsgerade** $R_x = a \cdot \log\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + b$ **für**		
		R_w	**R_A**	**$R_{A,tr}$**	**R_w**	**R_A**	**$R_{A,tr}$**
	-	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**
Paneele mit Mineralwollefüllung ohne weitere Einschränkung, vgl. Bild A 10	218	4,92	4,86	4,55	a = 27 b = 3	a = 30 b = -4	a = 33 b = -14
Filterung: eingebaut ohne Rahmen, vgl. Bild A 11	200	5,05	4,98	4,58	a = 28 b = 2	a = 31 b = -6	a = 34 b = -15
Filterung: eingebaut in einen Elementrahmen, vgl. Bild A 12	18	3,22	2,85	2,26	a = 16 b = 21	a = 24 b = 7	a = 32 b = -9
Filterung: Liegende Faser, eingebaut ohne Rahmen, vgl. Bild A 13	116	3,79	4,13	4,00	a = 24 b = 9	a = 29 b = 0	a = 34 b = -14
Filterung: Stehende Faser, vgl. Bild A 14	46	5,90	6,05	5,64	a = 14 b = 18	a = 17 b = 12	a = 23 b = 0
Filterung: Glattes Paneel, vgl. Bild A 15	163	5,12	4,87	4,18	a = 23 b = 9	a = 25 b = 3	a = 26 b = -4

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

Tabelle 8 Mittlere Standardabweichungen und ermittelte Ausgleichsgeraden der analysierten Bauteilgruppen für Paneele mit Mineralwollefüllung im Normformat

Bauteilgruppe: Paneele mit Mineralwollefüllung	**Stichprobenumfang n**	**mittlere Standardabweichung σ für**			**Ausgleichsgerade** $R_x = a \cdot \log\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + b$ **für**		
		R_w	R_A	$R_{A,tr}$	R_w	R_A	$R_{A,tr}$
	-	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Filterung: Glattes Paneel, liegende Faser, vgl. Bild A 16	73	3,24	3,25	3,27	a = 24 b = 9	a = 26 b = 3	a = 30 b = -8
Filterung: Glattes Paneel, Deckplatte Alu, vgl. Bild A 17	38	4,10	3,20	2,71	a = 29 b = 0	a = 32 b = -6	a = 33 b = -13
Filterung: Glattes Paneel, Deckplatte Alu, liegende Faser, vgl. Bild A 18	19	2,69	2,69	2,79	a = 26 b = 7	a = 27 b = 2	a = 27 b = -5
Filterung: Glattes Paneel, Deckplatte Stahl, liegende Faser, vgl. Bild A 19	15	2,91	2,97	2,31	a = 25 b = 10	a = 34 b = -8	a = 48 b = -36
Filterung: Kofferpaneel, vgl. Bild A 20	44	4,38	4,69	4,93	a = 21 b = 15	a = 25 b = 5	a = 33 b =-11

Tabelle 9 Mittlere Standardabweichungen und ermittelte Ausgleichsgeraden der in diesem Projekt gemessenen Paneele, Bauweise der bauseitigen Erstellung

Bauteilgruppe der bauseits erstellten Paneele, Analyse der Messungen gem. Kapitel 4	**Stichprobenumfang n**	**mittlere Standardabweichung σ für**			**Ausgleichsgerade** $R_x = a \cdot \log\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + b$ **für**		
		R_w	R_A	$R_{A,tr}$	R_w	R_A	$R_{A,tr}$
	-	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Filterung: Liegende Faser aus dem Messprojekt, m‘ bezogen auf das Gesamtgewicht **mit** Rahmen, vgl. Bild A 52 bzw. Bild A 53 oben	60	2,51	2,39	2,40	a = 24 b = 9	a = 29 b = 0	a = 34 b =-14
Filterung: Liegende Faser aus dem Messprojekt, m‘ bezogen auf das Gesamtgewicht **ohne** Rahmen, vgl. Bild A 53 unten	60	2,31	2,21	2,12	a = 11 b = 34	a = 14 b = 28	a = 20 b = 14

Tabelle 10 Mittlere Standardabweichungen und ermittelte Ausgleichsgeraden der in diesem Projekt analysierten und gemessenen Kofferpaneele

Bauteilgruppe: Kofferpaneele	**Stich-proben-umfang n**	**mittlere Standard-abweichung σ für**			**Ausgleichsgerade** $R_x = a \cdot \log\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + b$ **für**		
		R_w	**R_A**	**$R_{A,tr}$**	**R_w**	**R_A**	**$R_{A,tr}$**
	-	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**Db**
Kofferpaneele ohne weitere Einschränkung, vgl. Bild A 70	87	6,84	7,12	7,09	a = 11 b = 26	a = 13 b = 21	a = 17 b = 11
Filterung: Liegende Faser, vgl. Bild A 71	54	6,02	6,10	5,89	a = 13 b = 25	a = 19 b = 13	a = 29 b = -7
Filterung: Liegende Faser, Kofferfuge abgedichtet, vgl. Bild A 72	25	5,55	5,86	5,82	a = 22 b = 11	a = 28 b = 0	a = 36 b = -18
Filterung: Stehende Faser verklebt, vgl. Bild A 73	14	1,17	1,17	1,46	a = 30 b =-15	a = 28 b =-15	a = 23 b = -8

Für eine auf Statistik basierte Aussage in einem Bauteilkatalog ist eine möglichst geringe Standardabweichung erforderlich. In diesem Sinne sind Standardabweichungen mit einem Wert um 1 dB als gut geeignet für statistische Analysen zu bezeichnen, um für die damit beschriebene Bauteilgruppe einen Bauteilkatalog zu erstellen.

Bei Werten der Standardabweichung um 2 dB sind solche Aussagen mit entsprechenden Abschlägen möglich; darüber hinaus gehende Werte für die Standardabweichungen sind nur bedingt dazu geeignet eine tabellierte Aussage im Sinne eines Bauteilkatalogs zu generieren. Das gilt bei den hier durchgeführten Filterungen für die Vakuumpaneele und vor allem für die Paneele mit Mineralwollefüllung.

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

3.4 Bauteilgruppen

In der Folge werden die einzelnen Bauteilgruppen diskutiert, für die eine Analyse erfolgt ist und die in Tabelle 5 bis Tabelle 10 aufgeführt sind. Die Vorgehensweise hat sich u. a. an dem vorhandenen Datensatz orientiert, sodass neben den reinen Fassadenpaneelen auch weitere Bauteilgruppen erfasst worden sind, für die eine statistisch auswertbare Anzahl an Messungen vorgefunden wurde (Stegplatten, Verbundplatten).

3.4.1 Stegplatten

In dieser Bauteilgruppe sind leichte Füllungsplatten zusammengefasst, 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. Diese Analyse wurde gemacht, um die einmal erfassten Daten auch auswerten zu können.

In der Anlage Bild A 1 ist die gesamte Bauteilgruppe, in Bild A 2 und Bild A 3 die Auswertungen für Stegplatten aus GFK und PC enthalten. Die Schalldämmung dieser Bauart ist niedrig, bedingt durch das geringe Gewicht.

Bei den GFK-Platten ist ein Einfluss der Schalldämmung durch die flächenbezogene Masse festzustellen, die im Bereich von etwa 3 bis 25 kg/m² bei einer Plattendicke zwischen 10 und 60 mm liegt. Bei Stegplatten aus Polycarbonat geht der Wertebereich bis etwa 5 kg/m² bei einer Plattendicke von etwa 10 bis 30 mm. Der Einfluss der Gesamtdicke oder der flächenbezogenen Masse auf die Schalldämmung ist relativ gering, für eine Bauteilsammlung können Stegplatten aus GFK und PC zusammengefasst werden.

In der Arbeitsgruppensitzung vom 15. Oktober 2019 wurde diskutiert ob die Ergebnisse für Stegplatten in die Bauteiltabellen integriert werden sollen. Die Arbeitsgruppe war der Auffassung, diese Bauart nicht mit in den Bauteilkatalog zu integrieren.

3.4.2 Verbundplatten

In dieser Bauteilgruppe sind leichte Füllungsplatten zusammengefasst, die aus zwei Deckschichten mit einem Hartschaumkern aufgebaut sind, der in aller Regel aus EPS bzw. XPS (extrudiertes bzw. expandiertes Polystyrol) oder PU (Polyurethan-Hartschaum) besteht und mit den Deckschichten vollflächig verbunden ist. Zum Teil weisen die Verbundplatten weitere Schichten auf, die die flächenbezogene Masse und damit die Schalldämmung erhöhen.

Verbundplatten werden üblicherweise als großformatige Platten 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. Bild A 4 gibt einen Überblick über die Schalldämmung dieser Bauart.

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 sich auch in der Analyse.

In der Anlage Bild A 5 bis Bild A 8 finden sich die Auswertungen für Verbundplatten mit EPS- bzw. XPS-Kern und PU-Kern. Die Schalldämmung dieser Bauart ist häufig geprägt durch eine Bauteilresonanz, die sich aus der Masse-Feder-Masse-Resonanz der beiden Deckschichten mit der Hartschaumfüllung als Feder ergibt. Häufig liegt diese Resonanzfrequenz im Bereich der 1000 und 2000 Hz-Oktave. Ein Beispiel für ein solches Spektrum findet sich in der Anlage Bild A 21. Bedingt durch diese Resonanz ist der Wertebereich des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w von Verbundplatten begrenzt auf etwa 38 dB, in Einzelfällen etwas mehr.

Bei den Verbundplatten zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Schalldämmung einer Verbundplatte und der flächenbezogenen Masse. Demgegenüber scheint die Gesamtdicke der Verbundplatte, ähnlich wie bei den Stegplatten, eine eher untergeordnete Rolle bei der Beurteilung der Schalldämmung zu spielen. Die flächenbezogene Masse der in der Datensammlung enthaltenen Verbundplatten liegt im Bereich von etwa 5 bis 50 kg/m² bei einer Plattendicke von etwa 20 bis 80 mm.

Das sich aus den Analysen ergebende Bestimmtheitsmaß R^2 für den Zusammenhang zwischen der flächenbezogenen Masse und dem bewerteten Schalldämm-Maß R_w ist größer als 0,7 und zeigt damit einen markanten Zusammenhang auf. Die Standardabweichung aus den Analysen nach Tabelle 6 liegen in einem Wertebereich um 2 dB.

Bei näherer Analyse der „Ausreißer“ des Datensatzes, das sind die Messwerte die deutlich unterhalb der Ausgleichsgerade in Bild A 5 bzw. Bild A 7 zu finden sind, zeigt sich, dass bei diesen Verbundplatten die Masse in der Mitte der Verbundplatte eingebracht wurde, beidseitig flankiert von den Hartschaumplatten und den Deckschichten. Für den konstruktiven Aufbau heißt das in der Konsequenz, dass es vorteilhaft ist, wenn die Be-

 © ift Rosenheim 2019

schwerung sich direkt an der Deckplatte (zwischen Deckplatte und Hartschaumfüllung) befindet, um eine optimale Wirksamkeit der Beschwerungsmaßnahme zu gewährleisten.

Auch statistisch lässt sich diese Aussage belegen. Filtert man die Aufbauten mit mittig platzierter Beschwerung heraus, so ergeben sich höhere Werte für das Bestimmtheitsmaß R^2 und die Standardabweichung reduziert sich signifikant; vgl. die Einträge in Tabelle 6 und die Analysen in Bild A 6 zu Bild A 5 bzw. Bild A 8 und zu Bild A 7.

3.4.3 Vakuumpaneele

In dieser Bauteilgruppe sind Paneele mit einer Füllung aus Vakuumdämmplatten zusammengefasst. Als Deckschichten finden sich eine Vielzahl an Materialien wie Aluminium, Glas und Stahl.

In der statistischen Analyse findet sich eine recht hohe Standardabweichung, was eine tiefergehende Analyse erfordert, um aus den Daten eine belastbare Aussage im Sinne eines Bauteilkatalogs generieren zu können, vgl. Bild A 9. Nachdem es sich hier bei der Bauteilgruppe jedoch eher um ein Nischenprodukt handelt, wurde auf eine weitergehende Analyse im Rahmen dieses Projektes verzichtet.

3.4.4 Paneele mit Mineralwollefüllung

Diese Bauteilgruppe ist für die Anwendung in Fassaden sicherlich die wichtigste Gruppe, da die meisten derzeit in Fassaden eingesetzten Paneele mit einer Mineralwollefüllung ausgeführt werden. 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.

Die Deckschichten können aus unterschiedlichen Materialien bestehen, in der Datensammlung finden sich hier neben anderen Materialien vor allem

- Aluminium,
- Stahl,
- Glas (Float, ESG, VSG) auf der Außenseite.

Zusätzlich zu den Deckschichten und der Mineralwollefüllung finden sich in den Paneelen aus der Datenanalyse 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 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.

In der Anlage Bild A 10 bis Bild A 20 finden sich die Auswertungen für Paneele mit Mineralwollefüllung. Die Schalldämmung dieser Bauart ist häufig geprägt durch eine Doppelschalenresonanz, die sich aus der Masse-Feder-Masse-Resonanz der beiden Deckschichten mit der Mineralwollefüllung als Feder ergibt. Im Unterschied zu Verbundplatten liegt diese Resonanzfrequenz meist im Bereich der 125 Hz-Oktave oder darunter. Zwei Beispiele für ein solches Spektrum finden sich in der Anlage Bild A 22 und Bild A 23. Bedingt durch die Lage dieser Resonanzfrequenz ist der Wertebereich des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w deutlich höher als bei den Verbundplatten, es finden sich Werte bis etwa 60 dB, in Einzelfällen auch mehr.

Bei den Paneelen mit Mineralwollefüllung zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Schalldämmung solcher Paneele und der flächenbezogenen Masse. Auch ein Zusammenhang zwischen der Gesamtdicke und der Schalldämmung kann aus den Auswertungen ab Bild A 10 herausgelesen werden, wenngleich der Zusammenhang deutlich stärker streut. Die flächenbezogene Masse der in der Datensammlung enthaltenen Paneele liegt im Bereich von etwa 15 bis 130 kg/m² bei einer Plattendicke von etwa 25 bis 300 mm.

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 nach Tabelle 8 liegen in einem Wertebereich um 5 dB, was für eine tabellierte Aussage im Sinne eines Bauteilkatalogs eine zu große Streuung darstellt.

Auch durch eine Eingrenzung der Bauart in Elemente mit liegender Faser, als Kofferpaneel oder glattes Paneel ergeben sich Standardabweichungen, die zwar etwas niedriger, aber für eine Herleitung eines Bauteilkatalogs nur bedingt geeignet sind. Offenbar sind weitere Merkmale wie der Verbund zwischen den einzelnen Bauteilschichten, der Typ der Mineralwolle oder die Art der Deckschichten zu berücksichtigen. Das zeigen zumindest weitere Analysen gem. Bild A 17 bis Bild A 19.

Es zeigt sich, dass die Bauart weiter analysiert werden muss, um eine brauchbare Regel für einen Bauteilkatalog ableiten zu können. Auch aus diesem Grunde, und da es sich hier um die für den Einsatz in Fassaden wichtigste Bauart handelt, wurden die nachfolgend beschriebenen messtechnischen Untersuchungen an dieser Bauteilgruppe durchgeführt. Dabei wurde gezielt auf eine präzisere Beschreibung der Bauart der Paneele mit Mineralwollefüllung geachtet.

 © ift Rosenheim 2019

4 Messungen der Schalldämmung

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der im Rahmen des Projektes durchgeführten Messungen der Schalldämmung wiedergegeben und hinsichtlich des Ziels der Erstellung eines Bauteilkatalogs analysiert.

Die Mineralwollequalität der untersuchten Elemente wurde zusätzlich hinsichtlich des längenbezogenen Strömungswiderstandes nach ISO 9053-1 [13] untersucht.

4.1 Messtechnische Untersuchungen

Auf der Grundlage der durchgeführten statistischen Analyse wurden weitergehende Untersuchungen im Labor zur Analyse der folgenden Merkmale und Bauarten durchgeführt.

4.1.1 Qualität der Mineralwolle

Ein Gesichtspunkt ist die Beschreibung der akustischen Qualität von Mineralwolle. In den gängigen Veröffentlichungen zu dem Thema sind als Merkmale im Wesentlichen der längenbezogene Strömungswiderstand, die Ausrichtung der Faser sowie die Rohdichte der Mineralwolle als Parameter zu finden.

Den Datenblättern von Mineralwolle, von denen ein paar Beispiele in der Anlage Bild A 24 bis Bild A 27 wiedergegeben wurden, sind die Kennwerte des längenbezogenen Strömungswiderstandes und der Rohdichte, die von den Herstellern zur Verfügung gestellt werden, nicht oder nur unzureichend (als Untergrenze) zu entnehmen. Aus diesem Grunde ist ein Ziel der weiteren Untersuchungen die Mineralwolle so zu beschreiben, dass eine verlässliche Aussage zur Schalldämmung in Abhängigkeit der Mineralwollequalität erfolgen kann.

4.1.2 Verbund

Aus der Prüferfahrung an Türen mit Mineralwolledämmung ist bekannt, dass der Verbund zwischen der Mineralwolle und den Deckschichten einen wesentlichen Einfluss auf die Schalldämmung hat, besonders bei Elementen mit stehender Faser. Ein Punkt der messtechnischen Untersuchungen ist daher der Verbund, lose gelegt oder mit den Deckplatten verklebte Paneelaufbauten.

4.1.3 Faserrichtung

Ein wesentlicher Gesichtspunkt beim Einbau von Mineralwolle ist die Faserrichtung, also die Orientierung der Fasern zur Deckplatte, liegend oder stehend, die ebenfalls weiter untersucht werden soll.

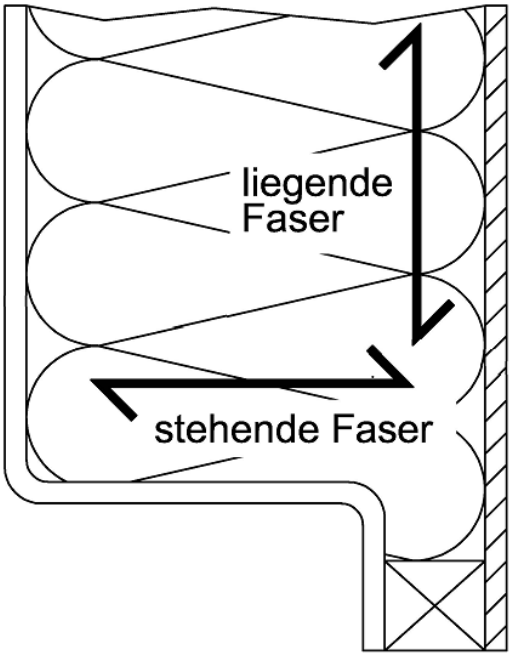


Bild 2 Faserrichtung von Mineralwolle, hier eingebaut in ein Kofferpaneel

4.1.4 Kofferpaneele

Kofferpaneele werden nach den Festlegungen in der begleitenden Arbeitsgruppe zu diesem Projekt in einem eigenen Untersuchungsabschnitt näher betrachtet. Bei den Kofferpaneelen ergeben sich aus der Erfahrung die Fragestellung der Ausbildung der seitlichen Fuge zwischen Paneel und Fassadenrahmen (Kofferfuge), der Lage und Position von Beschwerungsmaßnahmen sowie der Einspanndicke der Paneele.

In der Anlage Bild A 55 und Bild A 56 ist ein eingebautes Kofferpaneel mit der Kofferfuge abgebildet.

4.2 Bestimmung der Luftschalldämmung

Die Messung der Schalldämmung im Labor erfolgt nach dem in DIN EN ISO 10140-2 [7] beschriebenen Verfahren. Prüfgröße ist das Schalldämm-Maß R, das bei einer Prüfung im Zweiraumverfahren bestimmt wird nach der Beziehung

 © ift Rosenheim 2019

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{A}\right) dB$$

Eine rechnerische Korrektur der Maximalschalldämmung des Prüfstandes wurde nach EN ISO 10140-2:2010 Anhang A durchgeführt. Die Messkurve der Maximalschalldämmung des Prüfstandes, in dem die Messungen durchgeführt wurden, findet sich in der Anlage Bild A 42.

Auf eine nähere Beschreibung des Prüfverfahrens wird mit Hinweis auf die Prüfvorschrift verzichtet [7].

4.3 Bestimmung des längenbezogenen Strömungswiderstandes

Die Bestimmung des längenbezogenen Strömungswiderstandes erfolgte im Gleichstromverfahren nach EN ISO 9053-1 an je 3 Proben aus 3 Dämmplatten eines Typs, insgesamt also an 9 Proben pro Mineralwolletyp. Die Probenabmessung für die Prüfeinrichtung des ift Rosenheim Labor Bauakustik ist dabei 200 mm × 200 mm. Ein Beispiel für ein Messblatt und eine Abbildung der Prüfeinrichtung sind in der Anlage Bild A 28 und Bild A 29 enthalten.

Bild A 30 und Bild A 31 enthalten dazu grafisch aufgetragen den Zusammenhang zwischen der Rohdichte und dem längenbezogenen Strömungswiderstand der untersuchten Mineralwolleproben, getrennt ausgewertet nach liegender und stehender Faser. Dieser Zusammenhang wurde von Jahren vom FIW 1983 in ähnlichem Zusammenhang veröffentlicht [24], vgl. Bild A 32.

4.4 Bestimmung der Profilschalldämmung

Bei den Messungen hat sich gezeigt, dass die Schalldämmung der verwendeten Profile die Schalldämmung der Festfeldelemente beeinflusst. Zur näheren Analyse wurde daher im Anschluss an die Untersuchungen in KW 35/2018 die Profilschalldämmung des Pfosten- und Riegelprofils nach [14] bestimmt, Schallübertragungsrichtung senkrecht zur Glasebene.

Auf die detaillierte Beschreibung des Verfahrens wird an dieser Stelle verzichtet, die Prüfgröße der Profilschalldämmung wird bestimmt als Normschallpegeldifferenz kleiner Bauteile nach der Beziehung

$$D_{n,e} = L_1 - L_2 - 10 \cdot \lg\left(\frac{A}{A_0}\right) dB$$

Bei den Messungen wurden Profilstäbe mit einer Länge von 1,2 m untersucht. In der Anlage Bild A 49 sind die Messungen für das Pfosten- und das Riegelprofil grafisch wiedergegeben.

4.5 Prüfelemente

Auf der ersten Arbeitsgruppensitzung vom 25.4.2018 wurden Prüfelemente für die durchzuführenden Untersuchungen festgelegt.

Im Rahmen der Sitzung wurde festgelegt, eine Pfosten-Riegel-Fassade im Normformat (1230 mm × 1480 mm) herzustellen und hier zunächst Parametervariationen für bauseitig hergestellte Paneele durchzuführen. Später wurden im gleichen Fassadenelement Kofferpaneele und Glattpaneele untersucht.

Bei der Mineralwolle stellt sich die Frage nach den Eigenschaften der Mineralwolle wie Dichte, Faserausrichtung, Strömungswiderstand. Im Rahmen der Untersuchungen wurden daher diese Eigenschaften in verschiedenen Qualitäten festgelegt und vor bzw. nach der Messung aus der gleichen Charge des Dämmstoffes ermittelt.

Folgende Parameter wurden in den Untersuchungen zur Schalldämmung variiert:

- Paneeldicke,
- Material der Deckschichten,
- „Qualität“ bzw. Eigenschaft der Mineralwolle (im Wesentlichen die Rohdichte),
- Einfluss von Beschwerungsmaßnahmen,
- Variation der Luftschicht zwischen äußerer Deckschicht und Dämmung (Eine Variante mit vollständig gefülltem Hohlraum, sonst ca. 2 cm Luft zwischen äußerer Deckschicht und Dämmung),
- Bei den Kofferpaneelen soll der Einfluss einer Druckausgleichsöffnung untersucht werden,
- Einfluss der Ausführung der Verklebung bei verklebten Paneelen.

In Kapitel 4.5.1 bis 4.5.4 sind die festgelegten Detailparameter beschrieben.

4.5.1 Pfosten-Riegel Fassadenelement

Das Element wurde erstellt vom Projektpartner Schüco in der Abmessung 1230 mm × 1480 mm, Ansichtsbreite 50 mm, Bautiefe (Pfosten/Riegel) 230 mm.

Das Element wurde mit einem innen liegenden Rahmen aus einem Winkelprofil modifiziert, der mit den Abständen 50 mm, 100 mm und 200 mm eingebaut werden konnte, um die unterschiedlichen Bautiefen der Paneele realisieren zu können. Zur Abdichtung gegen

 © ift Rosenheim 2019

den Fassadenrahmen und gegen die raumseitige Deckschicht wurden Dichtbänder aufgeklebt.

Auf diese Konstruktion wurde dann die innere Deckschicht montiert (geschraubt), die vorab mit passenden Bohrungen für die Schrauben versehen wurde. Diese Konstruktion wurde gewählt, um den Rüstaufwand für die geprüften Varianten zu optimieren.

In der Anlage Bild A 33 bis Bild A 39 ist das Element mit der Rahmenkonstruktion abgebildet.

4.5.2 Mineralwolle-Dämmung

Es wurde auf der Arbeitsgruppensitzung vereinbart, Mineralwolle mit drei unterschiedlichen Rohdichten von ca. 50 kg/m³, 100 kg/m³ sowie 150 kg/m³ zu untersuchen. Die Mineralwolle wurde zur Verfügung gestellt vom Projektpartner Hydro.

Im Zuge der Messungen wurde auch ein Referenzelement mit einer Trennwandplatte untersucht, die aus dem Bestand des Labors Bauakustik entnommen wurde. Die Mineralwolle war nicht kaschiert, um den Strömungswiderstand messen zu können. Tabelle 11 enthält eine Übersicht über die verwendeten Mineralwolle-Qualitäten.

Tabelle 11 Liste der Mineralwolletypen für die Bauteilversuche in den bauseits erstellten Paneelen

Rohdichte	Typ
Werksangabe: 50 kg/m³ Messwert: 58 kg/m³	ISOVER Protect BSP 50 Plattendicke 50 mm
Werksangabe: 100 kg/m³ Messwert: 104 kg/m³	ISOVER Protect BSP 100 Plattendicke 40 mm und 60 mm
Werksangabe: 150 kg/m³ Messwert: 144 kg/m³	ISOVER Tech Slab MT 6.0 SP 150 Plattendicke 50 mm
Werksangabe: keine Angabe Messwert: 15 kg/m³	ISOVER Trennwandplatte, Akustic TP 1 Plattendicke 40 mm (aus dem Bestand des ift)

4.5.3 Deckschichten

Die unterschiedlichen Deckschichten wurden von den Projektpartnern Heroal und Raico zur Verfügung gestellt, eine Auflistung ist in der Anlage Tabelle A 1 und Tabelle A 2 enthalten.

Als Deckschichten wurden in der Arbeitsgruppe festgelegt:

- Deckschichten innen:
  Stahlblech 2 mm und 3 mm, Alublech 3 mm, 2 x 3 mm Stahlblech
- Deckschichten außen:
  Stahlblech 3 mm, Alublech 3 mm, Glas Float 6 mm, VSG12 SI
- Beschwerungsmaßnahmen der Deckschichten aus Metall:
  Gipskartonplatte 12,5 mm (ca. 700 kg/m³); Gipsfaserplatte 12,5 (ca. 1150 kg/m³); Schwerbitumenfolie 5 mm (ca. 1800 kg/m³)

Die Schwerfolie sollten sowohl auf der inneren als auch auf der äußeren Deckschicht aufgebracht werden; die Gipskartonplatte bzw. Gipsfaserplatte entweder auf der inneren oder äußeren Deckschicht.

Zudem wurde eine Variante untersucht, bei der ein Alublech zwischen Glasplatte und Dämmung eingebaut war (sogenannte „Shadowbox“; siehe nachfolgende Zeichnung).

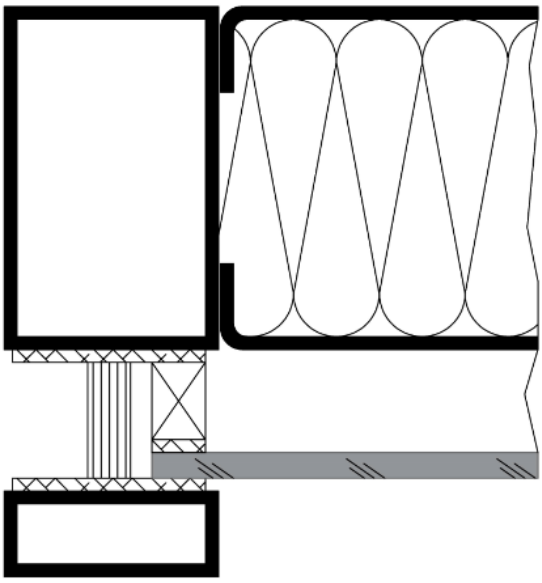


Bild 3 Horizontalschnitt zur sogenannten Shadowbox

In der ersten Arbeitsgruppensitzung wurde die in Tabelle 12 dargestellte Prüfmatrix erarbeitet.

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

Tabelle 12 Prüfmatrix für die Messungen an bauseits herzustellenden Paneelaufbauten

	Ohne Beschwerung	**Mit Gipskartonpl. 12,5 mm**	**Mit Gipsfaserpl. 12,5 mm**	**Mit Schwerbitumenfolie 5 mm**
Stahlblech 2 mm Nur innen	X	X	X	X
Stahlblech 3 mm Nur innen	X	X	X	X
Alublech 3 mm Innen und außen	X	X	X	X
Stahlblech 2 x 3 mm Nur innen	X			
Alublech 3 mm Für Shadowbox	X			
Float 6 Nur außen	X			
VSG12 SI Nur außen	X			

4.5.4 Kofferpaneele und Glattpaneele

Die Kofferpaneele wurden vom Projektpartner Linzmeier erstellt, die dabei zu untersuchenden Parameter und Prüfelemente wurden auf der zweiten Arbeitsgruppensitzung vom 18.11.2018 so festgelegt, dass sie in dem vorhandenen Rahmen aus Fassadenprofilen eingebaut werden konnten. Zusätzlich wurden noch 6 Glattpaneele des Projektpartners Schüco in diesem Rahmen geprüft.

Eine Zusammenstellung der Prüfelemente findet sich in der Anlage Tabelle A 5, die Bilder Bild A 55 bis Bild A 74 geben einen Überblick über Details dieser Elemente. Variiert wurden u. a. die Einspanndicke, die Orientierung und Einbringung der Mineralwolledämmung, Beschwerungsmaßnahmen sowie Abdichtungsmaßnahmen der Kofferfuge.

Die in den Kofferpaneelen verbaute Mineralwolle ist vom Typ Knauf CNF E Board D7 70 kg/m³, ein Auszug aus dem Datenblatt findet sich in der Anlage Bild A 61.

5 Analyse der Prüfergebnisse

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchungen analysiert hinsichtlich der Erstellung einer Bauteilsammlung.

5.1 Bauseits erstellte, glatte Paneele

In der Anlage Tabelle A 4 sind die Messergebnisse an den Paneelelementen in dem Fassadenelement zusammengefasst. Aus den Messungen lassen sich Schlüsse ziehen, die in den nachfolgenden Abschnitten diskutiert werden.

5.1.1 Mineralwollequalität

Die Messungen in gleichen Aufbauten mit unterschiedlichen Mineralwollequalitäten zeigen (unerwartet) einen geringen Einfluss des Mineralwolletyps. In der Anlage Bild A 43 und Bild A 44 finden sich Vergleiche mit einem Aufbau. Variiert wurde die Mineralwollequalität von 15-150 kg/m³, jeweils eingelegt mit liegender Faserausrichtung.

Das Ergebnis dieses Vergleiches ist, dass die Qualität der Mineralwolle selbst nur einen untergeordneten Einfluss auf die Schalldämmung des Elementes zu haben scheint. Wichtiger ist offenbar der gesamte Aufbau des jeweiligen Elementes.

5.1.2 Gesamtdicke des Paneels

In der Darstellung auf Bild A 52 oben ist ein Zusammenhang zwischen der Gesamtdicke des Paneels und der Schalldämmung erkennbar. In der Anlage Bild A 45 bis Bild A 48 sind dazu Vergleiche mit einem Paneelaufbau, einer Mineralwollequalität und drei Paneeldicken wiedergegeben.

Es besteht demnach 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 bei den Elementen mit 50 und 100 mm Mineralwolle in den Empfangsraum abstrahlte und somit einen Anteil an der resultierenden Schalldämmung aufweisen.

Der Einfluss der Rahmenprofile geht auch aus dem Messkurvenvergleich in der Anlage Bild A 46 und Bild A 47 hervor. Bei der Variante mit 80 mm und 130 mm Mineralwolle, bei der die Flanken der Rahmenprofile zum Teil frei sind und somit empfangsraumseitig abstrahlen, sind die Profilresonanzen im mittleren Frequenzbereich zu erkennen, die sich auch aus der Messung der Profilschalldämmung in Bild A 49 ablesen lassen.

Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass es in der Ausführung eines Paneel in einer Fassade als günstig zu beurteilen ist, wenn die Flanken der Fassadenrahmen durch das Paneel abgedeckt werden, wenn also das Paneel den gesamten Raum zwischen den Pfostenprofilen ausfüllt.

5.1.3 Flächenbezogene Masse, Einfluss der Fassadenrahmen

Ein Zusammenhang zwischen der flächenbezogenen Masse und der Schalldämmung der geprüften Elemente lässt sich aus der Anlage Bild A 53 herauslesen. Die Darstellungen beziehen sich auf die gleichen Messungen, einmal ausgewertet für die Masse des gesamten Elementes und einmal für die Masse des Paneels ohne den Fassadenrahmen. Die statistischen Eckdaten dazu finden sich in Tabelle 9 auf Seite 13 dieses Berichtes.

Eine Auswertung nach der flächenbezogenen Masse des Paneels ohne Berücksichtigung der Rahmen vereinfacht die Handhabung solcher Berechnungen für den Anwender. Wie die Darstellung in Bild A 53 zeigt, ändern sich dabei die Steigungen der Ausgleichsgeraden für die Wertemenge.

Vergleicht man die Dynamik der Ausgleichsgeraden mit den Auswertungen aus der statistischen Analyse ergibt sich ein ähnliches Bild für die Elemente, bei denen die Masse der Rahmen mit berücksichtigt worden ist, vgl. Tabelle 8.

Setzt man die flächenbezogene Masse des Paneels an, die sich aus dem Schichtaufbau ergibt und bezieht das Ergebnis auf das gesamte Element, so ergibt sich ein Ergebnis das in dem betrachteten Wertebereich bis 80 kg/m² auf der sicheren Seite liegt. Das Verfahren hat den Vorteil des relativ einfachen Handlings bei einer Detailplanung.

Es ist für diese Vorgehensweise eine Limitierung der Ansichtsbreite der Profile erforderlich, damit die Schalldämmung der Rahmenprofile das Gesamtergebnis nicht negativ beeinflusst. Geprüft wurden hier Elemente mit einer Ansichtsbreite von 50 mm. Mit Rückgriff auf die im vorangegangenen Projekt [21] in Kapitel 3.6.3 ermittelte maximale Ansichtsbreite von 70 mm wird diese Regelung für die hier betrachteten, bauseits erstellten Paneele übernommen.

Ebenfalls mit Verweis auf die Ergebnisse des vorangegangenen Projektes [21], Kapitel 3.6.3, wird die Regelung für die Rahmenmaterialien übernommen, d.h. eine Unterscheidung zwischen den Rahmenmaterialien Aluminium, Stahl oder Holz-Metall wird nicht getroffen.

 © ift Rosenheim 2019

5.1.4 Orientierung der Mineralwolleschichten

In der Anlage Bild A 50 und Bild A 51 sind zwei Beispiele für Paneele mit einem bis auf die Orientierung der Faserrichtung gleichen Aufbau wiedergegeben. Der Vergleich zeigt, dass die Einzahlangaben für das Schalldämm-Maß in einer ähnlichen Größenordnung liegen. In den beiden Beispielen ist das bewertete Schalldämm-Maß des Paneels mit liegender Faser jeweils um 1 dB höher festgestellt worden im Vergleich zur stehenden Faser.

Die Bauweise erfolgte in beiden Fällen lose eingelegt. In dieser Bauweise ist also die mit liegender Faser orientierte Mineralwolle tendenziell etwas günstiger zu beurteilen. Nicht untersucht wurde der Fall von mit den Deckschalen verklebten Mineralwollefüllungen.

Diese Bauweise mit verklebten Mineralwollefüllungen hat bei den Kofferpaneelen zu signifikanten Reduzierungen der Schalldämmung geführt, ist aber bei der bauseitigen Erstellung unüblich.

5.1.5 Deckschalen

Wie schon in dem vorangegangenen Forschungsprojekt des ift Rosenheim [21] war ein Aspekt bei den messtechnischen Untersuchungen die Deckschale, die aus optischen Gründen außen auf das Andruckprofil gepresst wird. Aus Gründen eines vereinfachten Prüfablaufes wurden Messungen ohne Deckschalen durchgeführt und vergleichend einige Messungen mit der Deckschale. Hintergrund der Überlegung ist die Zeitersparnis im Prüfablauf, die sich aus Messungen ohne Deckschalen ergibt.

Die vergleichenden Messungen haben gezeigt, dass es einen Unterschied macht, ob eine Deckschale eingebaut wurde oder nicht, und zwar mit der Tendenz, dass die Deckschalen das Ergebnis etwas verschlechtern (um etwa 1 dB) im direkten Vergleich. Dies ist bei der Erstellung der Bauteilkataloge zu berücksichtigen.

5.1.6 Shadowbox

Eine Zusammenstellung der Messungen mit der sogenannten Shadowbox findet sich in der Anlage Tabelle A 4, Messung Nr. Z 86 bis Z 93 ab Seite 94. Vergleicht man diese Ergebnisse mit den weiteren Paneelmessungen, ergeben sich keine auffälligen Abweichungen in der Betrachtung des bewerteten Schalldämm-Maßes, bei vergleichbarer Bautiefe und flächenbezogener Masse.

Anders ausgedrückt, hat das zusätzliche Alu-Blech der Shadowbox keinen signifikanten Einfluss auf das Schalldämm-Maß der bauseits verbauten Paneele.

5.1.7 Fazit für bauseits erstellte Paneele

Offenbar ist es so, dass die Bauweise eines bauseits erstellten Paneels mit Mineralwollefüllung in einem Fassadenrahmen zu vergleichsweise hohen Schalldämm-Maßen führt. Ein Grund dafür ist sicherlich, dass die äußere und innere Schale nicht direkt miteinander gekoppelt sind. Nach den Erfahrungen mit den Kofferpaneelen in Kapitel 5.2.1 kann auch hier angenommen werden dass die fehlende Verklebung der Mineralwolle einen positiven Effekt hat.

5.2 Kofferpaneele

Die Ergebnisse der Messungen finden sich in der Anlage, Tabelle A 6. Bei den Messungen 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.

5.2.1 Orientierung der Mineralwolleschichten

In der Anlage Bild A 62 bis Bild A 65 sind vier Beispiele für Kofferpaneele mit einem bis auf die Orientierung der Faserrichtung gleichen Aufbau wiedergegeben. Der Vergleich zeigt, dass bei ansonsten gleichem Einbau und Material eine lose eingelegte Mineralwolle mit liegender Faser die höchste Schalldämmung ergibt.

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 dem Paneel mit einer äußeren Deckplatte aus Glas ergab sich eine Verbesserung durch die Verklebung.

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.

In einem Fall, vgl. Bild A 65, hat sich dieser Einfluss nicht gezeigt. Auf der Suche nach der Ursache wurde festgestellt, dass in dem Element die Mineralwollestreifen nicht von Deckschicht zu Deckschicht durchgehen, sondern gestückelt waren. Die Stückelung erfolgte hier auf Nachfrage aus Gründen der Verschnittoptimierung. Dadurch ergibt sich im Paneelaufbau nicht die aussteifende Wirkung wie bei durchgehenden Mineralwollestreifen, vgl. Bild A 60. Das hat vermutlich zu dem (unerwarteten) Prüfergebnis geführt. Auch der Messkurvenvergleich in der Anlage Bild A 67 deutet drauf hin.

 © ift Rosenheim 2019

Die Messung Nr. Z 153 zeigt ein deutlich abweichendes Spektrum der Schalldämmung. Die Kofferpaneele mit 50 mm Gesamtdicke und Mineralwollefüllung mit stehender Faser zeigen eine Resonanzfrequenz bei 630 Hz, die weiteren Paneele mit 200 mm Gesamtdicke eine Resonanz bei 250 Hz. Dieses Verhalten erscheint typisch für die Bauweise mit verklebter stehender Faser, da hierdurch das Paneel ausgesteift wird.

5.2.2 Kofferfuge

In der Anlage Bild A 62 bis Bild A 65 sind Messungen an den Kofferpaneelen mit dem gleichen Aufbau enthalten, einmal mit offener Kofferfuge und einmal mit geschlossener Kofferfuge. Diese wurde bei den Messungen mit einer Steckdichtung aus EPDM aus dem Systemsortiment des Projektpartners Schüco geschlossen, vgl. Bild A 56.

Bei den Ausführungen mit stehend verklebter Faser ist der Unterschied gering, da die Resonanz der verklebten Mineralwolle das Ergebnis dominiert. Bei den Ausführungen mit liegender Faser ergeben sich mit einer Differenz bis zu ΔR_w = 7 dB zum Teil erhebliche Verbesserungen durch die Abdichtung der Kofferfuge.

5.2.3 Beschwerungsmaßnahmen

Die Messungen zu den Beschwerungsmaßnahmen wurden durchgeführt mit der stehenden Mineralwolle, verklebt. Es hat sich gezeigt, dass diese Bauweise die Paneele stark aussteift, was schalltechnisch zu einer deutlichen Verschlechterung bei der Schalldämmung führt. Dies überlagert den Effekt der Beschwerungsmaßnahme, sodass der Einfluss nur eingeschränkt betrachtet werden kann.

Messkurvenvergleiche mit Beschwerungsmaßnahmen sind in der Anlage Bild A 68 und Bild A 69 wiedergegeben. Die zusätzliche Beschwerung der Kofferflanken zeigt einen leichten Effekt bei der Schalldämmung im Vergleich zu der Variante, bei der die Beschwerung nur auf der Innenfläche aufliegt. Eine weiterführende detaillierte Analyse der Ergebnisse ist aufgrund der oben und in Abschnitt 5.2.1 beschriebenen Feststellungen leider nicht möglich.

5.2.4 Randverbund, Einspanndicke

Ein Aspekt der Untersuchungen war die Überprüfung des Einflusses der Einspanndicke auf die Schalldämmung. Zu diesem Zweck wurden Paneele mit einer Einspanndicke von 29 mm und 56 mm erstellt. Der Messkurvenvergleich in der Anlage Bild A 62 und Bild A 63 zeigt die Messergebnisse für diese beiden Bauweisen. Bei abgedichteter Kofferfuge ergibt sich für die Elemente mit liegender Faser eine Verbesserung bei geringerer Ein-

spanndicke. Bei offener Kofferfuge oder bei der Mineralwollefüllung mit stehender Faser ist ein signifikanter Einfluss auf die Schalldämmung nicht festzustellen.

Die bei dem Kofferpaneel Nr. 2 durchgeführte Variation des Einleimers hat keinen Einfluss auf das Schalldämm-Maß des Paneels gezeigt.

5.3 Glattpaneele

Als letzte Bauart werden die im Rahmen der Messungen zu den Kofferpaneelen untersuchten Glattpaneele betrachtet. Die Ergebnisse der Messungen finden sich in der Anlage Tabelle A 7.

In der Anlage Bild A 75 bis Bild A 77 sind Messkurvenvergleiche von Glattpaneelen mit den bauseits erstellten Paneelen enthalten. Der Vergleich zeigt, dass sich erwartungsgemäß bei den geringeren Paneeldicken die Doppelschalenresonanz zu höheren Frequenzen hin verschiebt. Auch sind Biegewellenresonanzen der verwendeten Plattenmaterialien aus den Messkurven ablesbar.

Die Einzahlangaben der Glattpaneele liegen unterhalb der Werte für die bauseits erstellten Paneele, was auf die Einspannung im Randverbund zurückzuführen ist. Bei den bauseits erstellten Paneelen gibt es keine feste Verbindung wie bei dem umlaufenden Rahmen in den Glattpaneelen. Für diese Bauart erscheint es demnach sinnvoll zu sein, für die Anwendung in einer Bauteilsammlung einen Abschlag zu definieren. Nach den Messkurvenvergleichen liegt dieser in einer Größenordnung von 6-7 dB auf die Messwerte der bauseits erstellten Paneele.

5.4 Format der Bauteile

Die hier durchgeführten Analysen beziehen sich auf Prüfergebnissen von Messungen an Elementen im Normformat. Im Rahmen der Untersuchungen wurden keine Erkenntnisse über den Einfluss der Abmessungen von Paneelen (Opaken Ausfachungen) auf die Schalldämmung ermittelt.

Erkenntnisse zu abweichenden Bauteilformaten konnten im Rahmen dieses Projektes nicht festgestellt werden.

 © ift Rosenheim 2019

6 Voraussetzungen für die Anwendung der Tabellen

In der Folge werden die Ergebnisse der Untersuchungen für die Luftschalldämmung von opaken Bauteilen zusammengefasst.

6.1 Anordnung der einzelnen Lagen eines Paneels

Die Anordnung der Bauteilschichten eines Paneels ist üblicherweise eine Dämmschicht, die beidseitig mit einer Deckplatte beplankt ist. Die Dämmschicht kann aus Hartschaum oder Mineralwolle bestehen, die Deckplatten aus unterschiedlichen Materialien. Diese können zusätzlich mit einer Beschwerung versehen sein, um die Schalldämmung zu erhöhen.

Bei der Analyse hat sich gezeigt, dass es auch Bauweisen gibt, bei denen die mittlere Dämmschicht mit einer weiteren Platte oder Beschwerungsmaßnahme versehen ist. Die Analyse bei den Verbundplatten hat gezeigt, dass diese mittlere Lage einen untergeordneten Einfluss auf das Schalldämm-Maß des Bauteils hat. Wenn es um die Verbesserung der Schalldämmung geht, sollte diese Schicht eine der Deckplatten beschweren.

Ähnliches gilt für die Shadowbox. Weitere Details dazu finden sich in den Kapiteln 3.4.2 und 5.1.6.

Hingewiesen sei in dem Zusammenhang auf die Analyse von Dreifach-Isolierglas, bei der ähnliches festgestellt wurde, nämlich dass die mittlere Scheibe einen untergeordneten Einfluss auf die Schalldämmung hat. Vgl. dazu u. a. Kapitel 3.1.2 im Bericht zu den Fassaden [21].

Als günstige Bauweise hat sich eine raumseitig flächenbündige Ausführung der Paneele gezeigt, da mit dieser Bauweise die Schallabstrahlung der flankierenden Profile unterbunden werden kann. Einzelheiten dazu siehe auch Kapitel 5.1.2.

6.2 Mineralwolle

Bei der Auswahl der Mineralwolle für den Einsatz in opaken Bauteilen hat sich herauskristallisiert, dass nachfolgend aufgelistete Merkmale für die Schalldämmung relevant sind.

6.2.1 Faserrichtung

Die Ausrichtung der Faser parallel zur Deckschicht (sog. liegende Faser) oder senkrecht zur Deckschicht (stehende Faser) ist ein für die Beurteilung relevantes Detail. Die liegen-

de Faserausrichtung ist dabei die für die Schalldämmung günstigere Variante hinsichtlich der Luftschalldämmung des Paneels.

6.2.2 Verbund von Fasern mit den Deckplatten

Der Verbund der Dämmplatte mit den Deckplatten ist ebenfalls relevant. Am günstigsten haben in den Bauteilversuchen die Elemente abgeschnitten, bei denen die Mineralwolle lose in den Hohlraum eingelegt wurde. Eine Verklebung steift die Paneele aus, was zu einer Verringerung der Schalldämmung führt. Das ist insbesondere bei stehender Faserausrichtung der Fall, bei der die Schalldämmung deutlich reduziert werden kann. In den messtechnisch untersuchten Beispielen wurden Reduzierungen in der Schalldämmung um bis zu 12 dB festgestellt.

Weitere Informationen zu dem Thema finden sich in den Kapiteln 5.1.4 und 5.2.1.

6.2.3 Flächenbezogene Masse

Die flächenbezogene Masse der Mineralwolle geht in der gesamten Bilanzierung der Masse des Paneels in die Bemessung der Schalldämmung mit ein. Messtechnische Vergleiche mit unterschiedlich schweren Mineralwollequalitäten haben nur einen geringen Einfluss auf die Schalldämmung, bei ansonsten gleichen Aufbauten, ergeben. Einzelheiten dazu finden sich im Abschnitt 5.1.3.

6.2.4 Mineralwollequalität

Der Typ der Mineralwolle hat nur einen geringen Einfluss auf die Schalldämmung der untersuchten Paneele. Vergleiche mit unterschiedlichen Qualitäten haben nur wenig signifikante Abweichungen in der Schalldämmung ergeben. Einzelheiten dazu finden sich in dem Kapitel 5.1.1 und den Messkurvenvergleichen in der Anlage Bild A 43 und Bild A 44.

6.3 Bauseits erstellte Paneele

Die Bauart der Bauseits erstellten Paneele hat die im Vergleich höchsten Werte für die Schalldämmung ergeben. Das liegt offenbar daran dass die Elemente in einzelnen Schichten eingebaut werden und somit kein fester Randverbund die Deckschichten der Paneele verbindet. Somit ist eine entkoppelte Bauweise vorhanden, die sich günstig aus die Schalldämmung auswirkt.

 © ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

6.4 Kofferpaneele

Eine Bewertung der Kofferpaneele erfolgt auf Basis einer mit liegender Faser eingebrachten Mineralwolle und abgedichteter Kofferfuge. Dann ergibt sich für die Abhängigkeit der Schalldämmung von der flächenbezogenen Masse eine ähnliche Dynamik wie bei den bauseits erstellten Paneelen, nur dass die Werte, bedingt durch die Randeinspannung, um etwa 6 dB niedriger ausfallen im Vergleich zu den bauseits erstellten Paneelen, bei denen die Deckschichten weitgehend entkoppelt sind.

Auf der Arbeitsgruppensitzung vom 15. Oktober 2019 wurde festgelegt dass auch Werte für Kofferpaneele mit stehender Faser erfasst werden sollen. Um dem Wunsch Rechnung zu tragen wurde die Tabelle 14 erstellt.

6.5 Glatte Paneele

Bei der Auswertung der glatten Paneele kann auf Basis der vorhandenen Daten prinzipiell eine Bewertung für die Paneele selbst als auch für in Rahmen eingebaute Paneele erfolgen. Für eine pragmatische Vorgehensweise wird an dieser Stelle auf die Bewertung der Paneele allein verzichtet.

Die Auswertung folgt in etwa der Analyse von Kofferpaneelen mit abgedichteter Funktionsfuge (Kofferfuge), so dass basierend auf den Analysen für bauseits erstellte Paneele ein Abzug von 6 dB für die Randeinspannung erfolgt.

7 Vorschlag für einen Bauteilkatalog

Aus den vorangestellten Ausarbeitungen wird ein Vorschlag für einen Bauteilkatalog erstellt. Basis für den grundsätzlichen Aufbau des Bauteilkatalogs ist das Rahmendokument nach DIN 4109-31, das folgende Kapitel für den Aufbau einer Bauteilsammlung vorsieht [3]:

- Beschreibung der Bauteilgruppe,
- die Schalldämmung beeinflussende Größen,
- Hinweise für Planung und Ausführung,
- Daten für den rechnerischen Nachweis,
- Herkunft der Daten (hier sinnvollerweise Zitat dieses Berichtes).

Das für den Bauteilkatalog vorgeschlagene Verfahren ist eine Berechnung für die drei Kenngrößen R_w, R_A und $R_{A,tr}$, auf Basis der flächenbezogenen Masse, gerundet auf ganze Einzahlwerte. In den Rechengleichungen wurde ein Sicherheitsabschlag in Höhe einer einfachen Standardabweichung berücksichtigt.

7.1 Luftschalldämmung von opaken Ausfachungen (Paneelen)

Die folgenden Abschnitte enthalten einen Textvorschlag für einen Bauteilkatalog. Basis dazu sind die Analysen nach Kapitel 3 und 5 dieses Berichtes.

7.1.1 Die Schalldämmung beeinflussende Größen

Die Schalldämmung von opaken Ausfachungen (Paneelen) wird durch die Bauart und durch die flächenbezogene Masse des Bauteils beeinflusst.

Bauarten von Paneelen sind

- Verbundplatten mit EPS- oder PU-Kerndämmung,
- Bauseits erstelle 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.

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.

7.1.2 Hinweise für Planung und Ausführung

Mittig im Paneel befindliche Plattenmaterialien zur Beschwerung haben keinen signifikanten Einfluss auf die Schalldämmung und dürfen bei der Berechnung der flächenbezogenen Masse für die Anwendung in Tabelle 13 nicht berücksichtigt werden. Nicht gemeint sind in diesem Zusammenhang die Dämmstoffe.

Bei Verbundplatten ist sicherzustellen dass die Deckplatten vollflächig mit dem Dämmkern verbunden (verklebt) sind. Ohne den vollflächigen Verbund dürfen die Werte nach Tabelle 13 nicht angewendet werden.

Für die Anwendung der nachfolgenden Tabelle 13 hat der Einbau von Mineralwollefüllungen in opaken Ausfachungen mit sogenannter liegender Faser zu erfolgen (Faserausrichtung parallel zur Deckschicht).

Eine vollständige Ausfüllung des Raumes zwischen den Profilen der Fassade mit einem raumseitig flächenbündigen Abschluss reduziert die Schallabstrahlung der Pfostenprofile und kann damit zu Vorteilen in der Schalldämmung führen.

Die Berechnung der Schalldämmung gemäß den nachfolgend beschriebenen Rechenverfahren bezieht sich auf die Bereiche eines opaken Fassadenelementes einschließlich der dort verbauten Rahmenprofile, wenn die Ansichtsbreite der Profile 70 mm nicht überschreitet.

Die hier formulierten Rechenregeln gelten für Pfosten-Riegelfassaden und für Elementfassaden. Eine Unterscheidung im Rahmenmaterial erfolgt nicht, die Rechenregeln gelten für die Rahmenmaterialien Aluminium, Holz-Metall und Stahl.

Bei Kofferpaneelen muss die Kofferfuge (raumseitige Fuge zwischen Kofferpaneel und Fassadenprofil) mit einem geeigneten Dichtprofil oder einem Dichtstoff geschlossen werden. Konstruktionen mit offener Kofferfuge reduzieren die Schalldämmung zum Teil erheblich und können nicht systemunabhängig beschrieben werden.

Es werden keine Anforderungen an die Mindestdicke der Paneele hinsichtlich der Schalldämmung formuliert.

Erkenntnisse zum Einfluss abweichender Bauteilformate auf die Schalldämmung von opaken Ausfachungen liegen nicht vor. Die nach diesem Verfahren ermittelten Werte können ohne eine Korrektur, also unabhängig von der tatsächlichen Ansichtsfläche des Paneels, für die Planung von Fassadenrahmen herangezogen werden.

 © ift Rosenheim 2019

7.1.3 Daten für den rechnerischen Nachweis

Die nachfolgende Tabelle enthält einen Vorschlag für die Berechnung der Luftschalldämmung von Paneelen (opaken Ausfachungen), eingebaut in Rahmenelemente mit einer maximalen Profilansichtsbreite von 70 mm.

Für Kofferpaneele mit Mineralwolle mit stehender Faserausrichtung werden anstelle der Berechnung Zahlenwerte der Schalldämmung angegeben in einer eigenen Tabelle.

Tabelle 13 Schalldämm-Maß von Paneelen (opake Ausfachungen)

Bauart	Gültigkeitsbereich für m‘ in kg/m²	Berechnung der Schalldämmung in dB
Verbundplatte mit EPS-Kern. Vollflächige Verklebung zwischen Deckschichten und Dämmkern.	5 ≤ m‘ ≤ 50	$R_w = 16 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 12$ $R_A (= R_w + C) = 16 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 11$ $R_{A,tr} (= R_w + C_{tr}) = 16 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 9$
Verbundplatte mit PU-Kern. Vollflächige Verklebung zwischen Deckschichten und Dämmkern.	5 ≤ m‘ ≤ 40	$R_w = 16 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 10$ $R_A (= R_w + C) = 16 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 9$ $R_{A,tr} (= R_w + C_{tr}) = 16 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 8$
Bauseits erstelltes Paneel mit Mineralwolle mit liegender Faser, Deckschichten einzeln eingebaut (nicht miteinander verbunden), eingebaut in Rahmenelemente	15 ≤ m‘ ≤ 80	$R_w = 24 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 6$ $R_A (= R_w + C) = 29 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) - 3$ $R_{A,tr} (= R_w + C_{tr}) = 34 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) - 17$
Kofferpaneel, Mineralwolle mit liegender Faserausrichtung, Kofferfuge abgedichtet, eingebaut in Rahmenelemente	25 ≤ m‘ ≤ 80	$R_w = 24 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 0$ $R_A (= R_w + C) = 29 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) - 9$ $R_{A,tr} (= R_w + C_{tr}) = 34 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) - 23$

Tabelle 13 Schalldämm-Maß von Paneelen (opake Ausfachungen)

Bauart	Gültigkeitsbereich für m‘ in kg/m²	Berechnung der Schalldämmung in dB
Glattes Paneel, Mineralwolle mit liegender Faserausrichtung, eingebaut in Rahmenelemente	15 ≤ m‘ ≤ 80	$R_w = 24 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 0$ $R_A (= R_w + C) = 29 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) - 9$ $R_{A,tr} (= R_w + C_{tr}) = 34 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) - 23$

Für die Anwendung der Tabelle gelten folgende Randbedingungen:

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

Tabelle 14 Schalldämm-Maß von Kofferpaneelen (opake Ausfachungen), Mineralwolle mit stehender Faserausrichtung, verklebt, eingebaut in Rahmenelemente

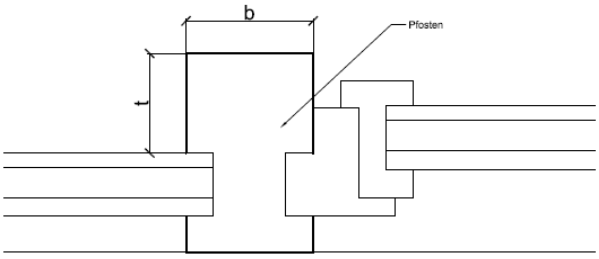
Bauart	R_w (C;C_{tr}) in dB
Deckschichten aus 3 mm Aluminium, Gesamtdicke ≥ 50 mm	30 (-2;-4)
Deckschichten aus 3 mm Aluminium, Gesamtdicke ≥ 200 mm	33 (-2;-5)

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

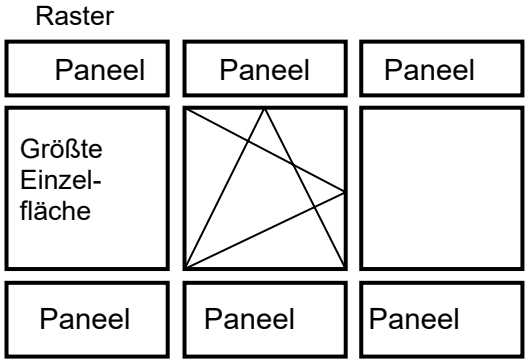
8 Anwendungsbeispiel

Die Vorgehensweise zur Anwendung des Bauteilkataloges verdeutlicht das folgende Beispiel, das auf dem Ablesebeispiel aus dem Bauteilkatalog für Vorhangfassaden basiert [21].

Es ist die Schalldämmung einer Pfosten-Riegel-Fassade mit Einsatzelementen zu ermitteln. Aus der Planung ergeben sich folgende Randbedingungen.



- Rastermaß der Fassade 1,3 m
- Gewählter Profilquerschnitt Bautiefe t = 130 mm, Ansichtsbreite b = 50 mm
- Schalldämmung der Glasfüllung R_w (C;C_{tr}) = 45 (-1;-6) dB
- Das größte Glasfeld hat eine Höhe von 1,8 m
  (d.h. mit dem Rastermaß von 1,3 m ergibt sich eine sichtbare Glasfläche von 2,3 m²).
- Der Flächenanteil der verglasten Fassade ergibt sich zu ist 7,0 m²
  (3 Raster zu 1,3 m × 1,8 m Glasanteil).
- Die Fassade hat ein Einsatzelement mit einem Drehkippfenster mit Innendichtung.
- Die oberen und unteren Ausfachungen sind mit bauseits erstellten Paneelen mit einem Aufbau mit außen 8 mm ESG und raumseitig 3 mm Aluminiumblech ausgeführt, Hohlraumfüllung Mineralwolle mit liegender Faser, 50 kg/m³, 100 mm dick, eingelegt.
- Die Höhe der Brüstungspaneele ist 1100 mm, der Oberlichtpaneele 850 mm
- Der Flächenanteil der opaken Elemente der Fassade ergibt sich zu ist 7,6 m² (3 Raster zu 1,3 m × 1,1 m Brüstung + 0,85 m Oberlicht als Paneelanteil).



Zur Anwendung der Tabellen werden die einzelnen kennzeichnenden Größen der Glasfüllung benötigt, in dem Beispiel also:

R_w = 45 dB
R_A = 44 dB (ergibt sich aus R_w+C = 45 -1 dB)
$R_{A,tr}$ = 39 dB (ergibt sich aus R_w+C_{tr} = 45 -6 dB)

Damit ergeben sich aus den Tabellen für die Vorhangfassade folgende kennzeichnende Größen für die Schalldämmung der Fassade:

R_w = 42 dB
R_A = 40 dB
$R_{A,tr}$ = 36 dB

Aufgrund der größten Glasfläche von 2,3 m² ergibt sich noch ein Korrektursummand von -1 dB.

Mit diesem Verfahren ergibt sich für die Glasfassade als bewertetes Schalldämm-Maß incl. der Spektrum-Anpassungswerte

R_w (C;C_{tr}) = 41 (-2;-6) dB

Für den Paneelaufbau ergibt sich als flächenbezogene Masse:
8 mm ESG (Rohdichte Glas = 2500 kg/m³):

$$\frac{8\,mm \cdot 2500\frac{kg}{m^3}}{1000} = 20\frac{kg}{m^2}$$

100 mm Mineralwolle (Rohdichte = 50 kg/m³):

$$\frac{100\,mm \cdot 50\frac{kg}{m^3}}{1000} = 5\frac{kg}{m^2}$$

3 mm Alu (Rohdichte Alu = 2700 kg/m³):

$$\frac{3\,mm \cdot 2700\frac{kg}{m^3}}{1000} = 8{,}1\frac{kg}{m^2}$$

Als Flächenbezogene Masse ergibt sich 20+5+8,1=**<u>33,1 kg/m²</u>**

Eingesetzt in die Gleichungen nach Tabelle 13 ergibt sich

$$R_w = 24 \cdot \lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right) + 6 = 24 \cdot \lg\left(\frac{33{,}1}{1}\right) + 6 = 42{,}5\,dB$$

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

$$R_A(=R_w+C)=29\cdot\lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right)-3=29\cdot\lg\left(\frac{33{,}1}{1}\right)-3=41{,}1\,dB$$

$$R_{A,tr}(=R_w+C_{tr})=34\cdot\lg\left(\frac{m'}{m'_0}\right)-17=34\cdot\lg\left(\frac{33{,}1}{1}\right)-17=34{,}7\,dB$$

Das Gesamtergebnis für die Fassade berechnet sich nun aus den Flächenanteilen der Glasfassade und der opaken Ausfachungen.

$$R_w=-10\cdot\lg\left(\frac{7{,}0\,m^2\cdot10^{-0{,}1\cdot41}+7{,}6\,m^2\cdot10^{-0{,}1\cdot42{,}5}}{14{,}6\,m^2}\right)=41{,}7\,dB\xrightarrow{abgerundet}41\,dB$$

$$R_A=R_w+C=-10\cdot\lg\left(\frac{7{,}0\,m^2\cdot10^{-0{,}1\cdot39}+7{,}6\,m^2\cdot10^{-0{,}1\cdot41{,}1}}{14{,}6\,m^2}\right)=40{,}0\,dB\xrightarrow{gerundet}40\,dB$$

$$R_{A,tr}=R_w+C_{tr}=-10\cdot\lg\left(\frac{7{,}0\,m^2\cdot10^{-0{,}1\cdot35}+7{,}6\,m^2\cdot10^{-0{,}1\cdot34{,}7}}{14{,}6\,m^2}\right)=34{,}8\,dB\xrightarrow{gerundet}35\,dB$$

Mit diesem Verfahren ergibt sich nun für die gesamte Fassade als bewertetes Schalldämm-Maß incl. der Spektrum-Anpassungswerte

R_w (C;C_{tr}) = 41 (-1;-6) dB

9 Literaturverzeichnis

[1] DIN 4109-1:2018-01, "Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen“

[2] DIN 4109-2:2018-01, "Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen“

[3] DIN 4109-31:2016-07
Schallschutz im Hochbau – Teil 31: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Rahmendokument
Beuth Verlag GmbH, Berlin

[4] DIN 4109-35:2016-07, "Schallschutz im Hochbau – Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden“

[5] DIN EN ISO 717-1: 2013-06, "Akustik; Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung (ISO 717-1:2013)“

[6] DIN EN ISO 10140-1:2016, " Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 1: Anwendungsregeln für bestimmte Produkte (ISO 10140-1:2010)",

[7] DIN EN ISO 10140-2:2010-12, "Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 2: Messung der Luftschalldämmung (ISO 10140-1:2016)"

[8] EN ISO 10140-5:2010
Acoustics; Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 5: Requirements for test facilities and equipment
Beuth Verlag GmbH, Berlin

[9] DIN EN ISO 12354-3:2017-11, “Bauakustik; Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 3: Luftschalldämmung von Außenbauteilen gegen Außenlärm”

[10] DIN EN ISO 12651:2018-01, “Wärmetechnisches Verhalten von Vorhangfassaden ”

[11] DIN EN ISO 12999-1:2014-09
Akustik .Messung und Anwendung der Messunsicherheit in der Bauakustik, Teil 1: Schalldämmung (ISO 12999-1:2014)
Beuth Verlag GmbH, Berlin

[12] DIN EN 29053:1993-05, "Akustik – Materialien für akustische Anwendungen; Bestimmung des Strömungswiderstandes (ISO 9053-1:1991)"

[13] DIN EN ISO 9053-1:2019-03, "Akustik –Bestimmung des Strömungswiderstandes – Teil 1: Verfahren mit statischer Luftströmung (ISO 9053-1:2018)"

[14] ift Richtlinie SC-08/1:2017-01 „Bestimmung der Profilschalldämmung – Prüfverfahren“

[15] ifz info 1/97, „Füllungen für Fensterelemente und Fensterwände, Teil 2 Schallschutz“

[16] DIN EN 12758:2011
Glas im Bauwesen – Glas und Luftschalldämmung
Beuth Verlag GmbH, Berlin

[17] DIN EN 13830:2015-07
Vorhangfassaden – Produktnorm
Beuth Verlag GmbH, Berlin

[18] DIN EN 13119:2016-07
Vorhangfassaden – Terminologie
Beuth Verlag GmbH, Berlin

[19] DIN EN 14351-1:2010-8
Fenster und Türen - Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit
Beuth Verlag GmbH, Berlin

[20] Froelich H., Saß B., Schumacher R.: Forschungsbericht „Überarbeitung von DIN 4109, Beiblatt 1, Tabelle 40“, ift Rosenheim, 1999-06

[21] Forschungsbericht „Erarbeitung eines Bauteilkatalogs zur Ermittlung der Luftschalldämmung sowie Längsschalldämmung von Vorhangfassaden ", **ift** Rosenheim 2017-03

[22] Messdatenarchiv „Auswert“ des ift Rosenheim, Labor Bauakustik (nicht veröffentlicht)

[23] Protokolle der Arbeitsgruppensitzungen vom 25. April 2018 und 6. November 2018 (nicht veröffentlicht)

[24] M. Zeitler, „Bestimmung des Strömungswiderstandes nach DIN 52213 mit einer automatisch gesteuerten Meßeinrichtung“, FIW München, 1983

[25] VFF Merkblatt Schall.01 „Schallschutz mit Fenstern, Türen und Fassaden“, Ausgabe Juni 2017

[26] DIN EN 13162:2015-04, „Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) - Spezifikation”

[27] DIN EN 13163:2017-02, „Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS) - Spezifikation ”

[28] DIN EN 13164:2015-04, „Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) - Spezifikation ”

[29] DIN EN 13165:2016-09, „Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PU) - Spezifikation”

10 Danksagung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumordnung gefördert (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-17.65).

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.

Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Herrn Christoph Roderer, der in seinem Praktikum an den messtechnischen Untersuchungen mit viel Engagement und Zuarbeit mitgewirkt hat.

Besonderer Dank gebührt auch folgenden Industriepartnern, die das gesamte Projekt sowohl ideell als auch finanziell unterstützten und somit zum Gelingen beitrugen:

heroal	heroal – Johann Henkenjohann GmbH & Co. KG Verl
ALUMINIUM SYSTEMS HUECK GERMAN ENGINEERING SINCE 1814	Hueck GmbH & Co. KG Lüdenscheid
LINZMEIER Dämmen mit System	Linzmeier Bauelemente GmbH Riedlingen
RAICO Wir zeigen Profil.	RAICO Bautechnik GmbH Pfaffenhausen
REYNAERS aluminium	Reynaers Aluminium N.V./S.A. Duffel
SCHÜCO	Schüco International KG Bielefeld
VFF Verband Fenster + Fassade	Verband Fenster und Fassade e.V. Frankfurt a. Main
WICONA	Hydro Building Systems Germany GmbH Ulm

Anlage

Verzeichnis der Tabellen in der Anlage

Tabelle A 1 Liste der Deckschichten für die Versuche in KW 35/2018, zur Verfügung gestellt vom Projektpartner Heroal 90

Tabelle A 2 Liste der Deckschichten für die Versuche in KW 35/2018, zur Verfügung gestellt vom Projektpartner Raico 92

Tabelle A 3 Liste der Dämmstoffe für die Versuche in KW 35/2018, zur Verfügung gestellt vom Projektpartner Hydro 92

Tabelle A 4 Ergebnis der Schallmessungen an bauseits erstellten, glatten Paneelelement im Fassadenrahmen 94

Tabelle A 5 Liste der Kofferpaneele für die Versuche in KW 26/2019, zur Verfügung gestellt vom Projektpartner Linzmeier 112

Tabelle A 6 Ergebnis der Schallmessungen an Kofferpaneelen im Fassadenrahmen .. 113

Tabelle A 7 Ergebnis der Schallmessungen an Glattpaneelen im Fassadenrahmen 127

Verzeichnis der Bilder in der Anlage

Bild A 1 Statistische Analyse von Stegplatten im Normformat (n = 29) 54

Bild A 2 Statistische Analyse von Stegplatten aus GFK im Normformat (n = 11) 55

Bild A 3 Statistische Analyse von Stegplatten aus PC (Polycarbonat) im Normformat (n = 18) 56

Bild A 4 Statistische Analyse von Verbundplatten im Normformat (n = 171) 57

Bild A 5 Statistische Analyse von Verbundplatten mit EPS/XPS-Kern im Normformat (n = 102) 58

Bild A 6 Statistische Analyse von Verbundplatten mit EPS/XPS-Kern im Normformat (n = 58), ohne Platten mit mittig platzierter Beschwerung (vgl. mit Bild A 5) 59

Bild A 7 Statistische Analyse von Verbundplatten mit PU-Kern im Normformat (n = 48) 60

Bild A 8 Statistische Analyse von Verbundplatten mit PU-Kern im Normformat (n = 39) ohne Platten mit mittig platzierter Beschwerung (vgl. mit Bild A 7) 61

Bild A 9 Statistische Analyse von Vakuumpaneelen im Normformat (n = 26) 62

Bild A 10 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralfaserfüllung im Normformat (n = 218) 63

Bild A 11 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralfaserfüllung im Normformat, eingebaut ohne Rahmen (n = 200) 64

Bild A 12 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralfaserfüllung im Normformat, eingebaut in einen Rahmen (n = 18) 65

Bild A 13 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralfaserfüllung im Normformat, eingebaut ohne Rahmen (n = 116) Faserausrichtung liegend 66

Bild A 14 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralfaserfüllung im Normformat (n = 46) Faserausrichtung stehend..... 67

Bild A 15 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralfaserfüllung im Normformat (n = 163) Bauart als glattes Paneel 68

Bild A 16 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralfaserfüllung im Normformat (n = 73) Bauart als glattes Paneel, liegende Faserausrichtung..... 69

Bild A 17 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralfaserfüllung im Normformat (n = 38) Bauart als glattes Paneel, Deckplatten aus Aluminium..... 70

Bild A 18 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralfaserfüllung im Normformat (n = 19) Bauart als glattes Paneel, Deckplatten aus Aluminium, liegende Faser 71

Bild A 19 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralfaserfüllung im Normformat (n = 15) Bauart als glattes Paneel, Deckplatten aus Stahl, liegende Faser 72

Bild A 20 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralfaserfüllung im Normformat (n = 44) Bauart als Kofferpaneel..... 73

Bild A 21 Beispiel für das Spektrum der Schalldämmung einer Verbundplatte mit ausgeprägter Bauteilresonanz bei 2kHz (Messung 13-001252/Z2) 74

Bild A 22 Beispiel für das Spektrum der Schalldämmung eines Paneels mit Mineralfaserfüllung mit ausgeprägter Bauteilresonanz (Messung 16441812/Z1) 75

Bild A 23 Beispiel für das Spektrum der Schalldämmung eines Paneels mit Mineralfaserfüllung mit ausgeprägter Bauteilresonanz (Messung 17-002053/Z01) 76

Bild A 24 Beispiel 1 für Datenblätter von Mineralwolle (hier Fa. Isover), ... 77

Bild A 25 Beispiel 1 für Datenblätter von Mineralwolle (hier Fa. Isover, 2 Teil) 78

Bild A 26 Beispiel 2 für Datenblätter von Mineralwolle (hier Fa. Rockwool) 79

Bild A 27 Beispiel 3 für Datenblätter von Mineralwolle (hier Fa. Knauf) 80

Bild A 28 Prüfeinrichtung zur Bestimmung des längenbezogenen Strömungswiderstandes r bzw. σ 81

Bild A 29 Messbeispiel für die Bestimmung des längenbezogenen Strömungswiderstandes r bzw. σ 82

Bild A 30 Längenbezogener Strömungswiderstandes als Funktion der Rohdichte für die untersuchten Mineralwolleproben, liegende Faser..... 83

Bild A 31 Längenbezogener Strömungswiderstandes als Funktion der Rohdichte der untersuchten Mineralwolleproben, Vergleich liegende Faser zu stehender Faser 83

Bild A 32 Längenbezogener Strömungswiderstandes als Funktion der Rohdichte, aktuelle Messdaten im Vergleich zur Veröffentlichung von Zeitler [24] 84

Bild A 33 Pfosten-Riegel-Prüfelement für die Messungen in KW 35/2018 85

Bild A 34 Ansicht des Pfosten-Riegel-Prüfelementes von der Senderaumseite..... 86

 © ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

Bild A 35 Ansicht des Pfosten-Riegel-Prüfelementes von der Empfangsraumseite 86

Bild A 36 Rahmenkonstruktion zur Befestigung der Deckschichten, hier hergerichtet für 50 mm Mineralwollestärke 87

Bild A 37 Rahmenkonstruktion zur Befestigung der Deckschichten, hier hergerichtet für 200 mm Mineralwollestärke 87

Bild A 38 Einstellen der Rahmenkonstruktion zur Befestigung der Deckschichten, hier für 100 mm Mineralwollestärke 88

Bild A 39 Befestigung der Deckschichten umlaufend geschraubt in die Rahmenkonstruktion 88

Bild A 40 Messvorrichtung zur Bestimmung der Profilschalldämmung 89

Bild A 41 Prüfelemente (Pfosten und Riegel) zur Bestimmung der Profilschalldämmung 89

Bild A 42 Messung der Maximalschalldämmung des Prüfstandes „Z-Wand“ des ift Rosenheim, Labor Bauakustik 93

Bild A 43 Messung mit drei Mineralwollequalitäten, Paneelaufbau 6 Float - 30 mm Luft - 100 mm Mineralwolle in 3 Qualitäten 50/100/150 kg/m³ - 12 mm Gipsfaserplatte - 3 mm Stahlblech, geprüft im Fassadenrahmen 97

Bild A 44 Messung mit drei Mineralwollequalitäten, Paneelaufbau 3 Stahlblech - 230 mm Abstand mit Mineralwolle in 3 Qualitäten 15/50/100 kg/m³ - 3 mm Stahlblech, geprüft im Fassadenrahmen 98

Bild A 45 Messung mit einer Mineralwollequalität in drei Bautiefen, 3 Alublech – 32 mm Luftspalt, 50/100/200mm Mineralwolle BSP 50 - 3 mm Alublech, geprüft im Fassadenrahmen 99

Bild A 46 Messung mit einer Mineralwollequalität in drei Bautiefen, 3 Alublech – 80/130/230mm Mineralwolle BSP 100 - 3 mm Alublech, geprüft im Fassadenrahmen, Hohlraum vollständig gefüllt 100

Bild A 47 Messung mit einer Mineralwollequalität in drei Bautiefen, 3 Alublech – 80/130/230mm Mineralwolle BSP 100 - 3 mm Stahlblech, geprüft im Fassadenrahmen, Hohlraum vollständig gefüllt 101

Bild A 48 Messung mit einer Mineralwollequalität in drei Bautiefen, 3 Stahlblech – 32 mm Luftspalt, 50/100/200mm Mineralwolle BSP 50 - 3 mm Stahlblech, geprüft im Fassadenrahmen 102

Bild A 49 Messung eines Elementes mit Paneels, verglichen mit der Profilschalldämmung des Riegelprofils und des Pfostenprofils (jeweils mit S = 0,06 m²). 103

Bild A 50 Messung mit einer Mineralwollequalität (SP 150), Vergleich stehende und liegende Faser, Deckschicht 3 mm Stahl und 3 mm Alu, lose eingelegt, geprüft im Fassadenrahmen 104

Bild A 51 Messung mit einer Mineralwollequalität (SP 150), Vergleich stehende und liegende Faser, Deckschicht 6 Float und 3 mm Stahl, lose eingelegt, geprüft im Fassadenrahmen 105

Bild A 52 Statistische Analyse der in KW 35/2018 geprüften Paneele mit Mineralfaserfüllung, liegende Faser, im Fassadenrahmen im Normformat (n = 60, bezogen auf das Gesamtgewicht mit Rahmen) 106

Bild A 53 Statistische Analyse der in KW 35/2018 geprüften Paneele mit Mineralfaserfüllung, liegende Faser, im Fassadenrahmen im Normformat (n = 60, bezogen auf das Gesamtgewicht mit Rahmen (oben) und ohne Rahmen (unten)) 107

Bild A 54 Ansicht eines Prüfelementes von der Senderaumseite 108

Bild A 55 Ansicht eines Prüfelementes von der Empfangsraumseite 108

Bild A 56 Abdichtung der Kofferfuge mit einer Steckdichtung 109

Bild A 57 Randverbund der Kofferpaneele 109

Bild A 58 Klebemuster für vollflächig verklebte Mineralwolle in den Kofferpaneelen. 110

Bild A 59 Mineralwolle mit stehender Faser in den Kofferpaneelen 110

Bild A 60 Mineralwolle mit stehender Faser in den Kofferpaneelen bei Paneel Nr. 18 (gestückelte Mineralwollestreifen wg. Verschnittoptimierung)..... 111

Bild A 61 Produktdatenblatt zur verwendeten Mineralwolle in den Kofferpaneelen, zur Verfügung gestellt vom Projektpartner Linzmeier..... 111

Bild A 62 Messung der Kofferpaneele Nr. 5-7, eine Mineralwollequalität, drei Einbauarten, 29 mm Einspanndicke, Deckplatte 3 mm Aluminium beidseitig. Das Diagramm oben ist das Ergebnis mit abgedichteter Kofferfuge, das u. a.e Diagramm mit offener Kofferfuge. Geprüft im Fassadenrahmen..... 115

Bild A 63 Messung der Kofferpaneele Nr. 8-10, eine Mineralwollequalität, drei Einbauarten, 56 mm Einspanndicke, Deckplatte 3 mm Aluminium beidseitig. Das Diagramm oben ist das Ergebnis mit abgedichteter Kofferfuge, das untere Diagramm mit offener Kofferfuge. Geprüft im Fassadenrahmen 116

Bild A 64 Messung der Kofferpaneele Nr. 13-15, eine Mineralwollequalität, drei Einbauarten, 32 mm Einspanndicke, Deckplatte 6 Glas und 3 mm Aluminium. Das Diagramm oben ist das Ergebnis mit abgedichteter Kofferfuge, das untere Diagramm mit offener Kofferfuge. Geprüft im Fassadenrahmen..... 117

Bild A 65 Messung der Kofferpaneele Nr. 18-20, eine Mineralwollequalität, drei Einbauarten, 32 mm Einspanndicke, Deckplatte 6 Glas und 3 mm Stahlblech. Das Diagramm oben ist das Ergebnis mit abgedichteter Kofferfuge, das untere Diagramm mit offener Kofferfuge. Geprüft im Fassadenrahmen..... 118

Bild A 66 Messung eines Paneelaufbaus, beplankt beidseitig mit 3 mm Aluminiumblech, als bauseits erstelltes Paneel im Vergleich zu Kofferpaneelen, Mineralwollefaser liegend, lose eingelegt 119

Bild A 67 Messung von Kofferpaneelen mit Mineralwollefüllung, stehende Faser, verklebt, Kofferfuge abgedichtet..... 120

Bild A 68 Messung von Kofferpaneelen mit Mineralwollefüllung, Paneel 200 mm, 6 ESG + 3 mm Stahl, stehende Faser, verklebt, Kofferfuge abgedichtet..... 121

Bild A 69 Messung von Kofferpaneelen mit Mineralwollefüllung, Paneel 200 mm, 3 mm Alu und + 3 mm Stahl, stehende Faser, verklebt, Kofferfuge abgedichtet . 122

Bild A 70 Statistische Analyse aller geprüften und erfassten Kofferpaneele (n = 87) 123

Bild A 71 Statistische Analyse aller geprüften und erfassten Kofferpaneele mit liegender Faserausrichtung (n = 54) 124

 © ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

Bild A 72 Statistische Analyse aller geprüften und erfassten Kofferpaneele mit liegender Faserausrichtung und abgedichteter Kofferfuge (n = 25) 125

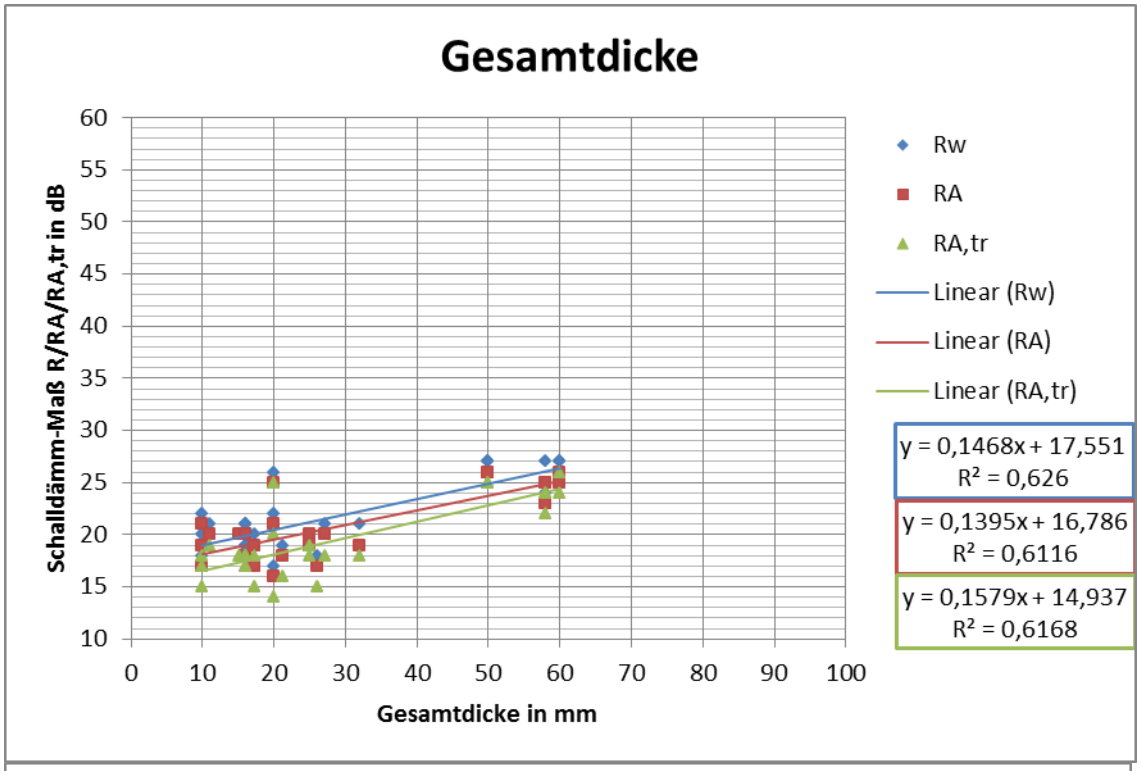
Bild A 73 Mineralwolle mit liegender Faser in den Glattpaneelen 127

Bild A 74 Messung von Paneelen unterschiedlicher Bauart als bauseits erstelltes Paneel und als Glattpaneel mit Mineralfaserdämmung, liegende Faser, Deckschicht 2 × 3 mm Alu-blech 128

Bild A 75 Messung von Paneelen unterschiedlicher Bauart als bauseits erstelltes Paneel und als Glattpaneel mit Mineralfaserdämmung, liegende Faser, Deckschicht 3 mm Alublech und 3 mm Stahlblech 129

Bild A 76 Messung von Paneelen unterschiedlicher Bauart als bauseits erstelltes Paneel und als Glattpaneel mit Mineralfaserdämmung, liegende Faser, Deckschicht außen Glas 6, 10 und 8 mm, innen 3 mm Alublech 130

10.1 Ergebnisse der Datenanalysen



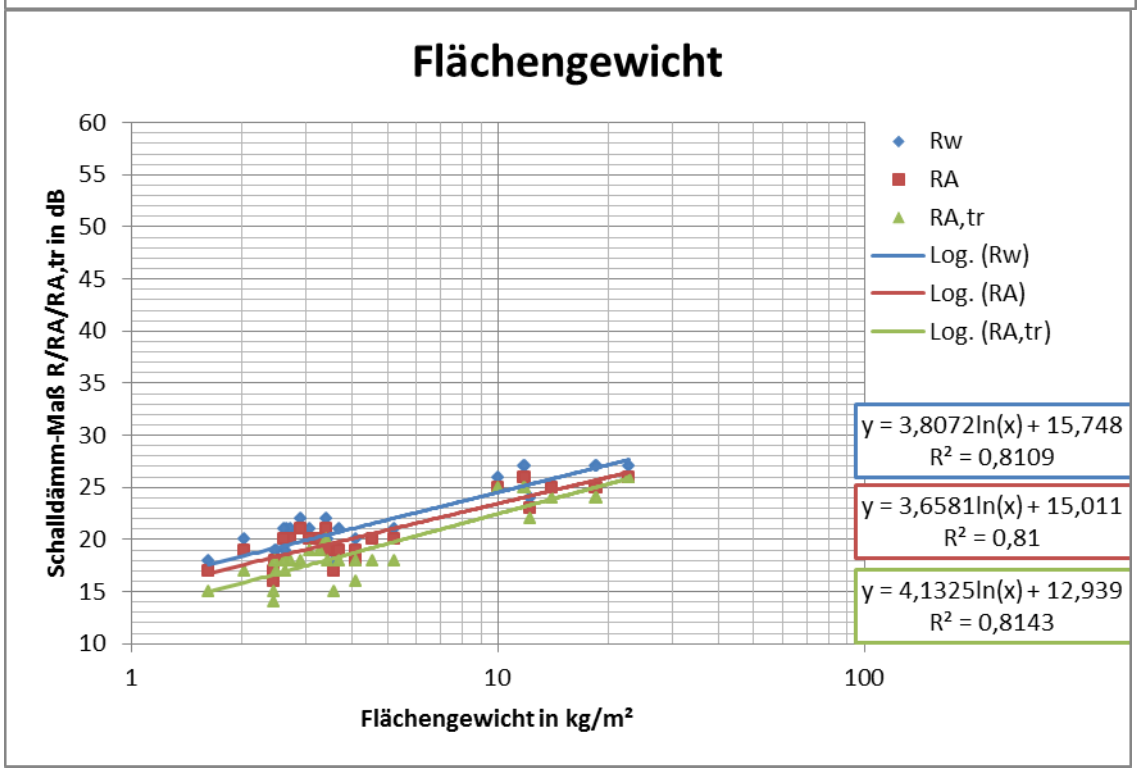


Bild A 1 Statistische Analyse von Stegplatten im Normformat (n = 29)

Der Wertebereich für das Flächengewicht dieser Bauart ergibt sich aus der Grafik mit etwa [1,5..25] kg/m²

 © ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

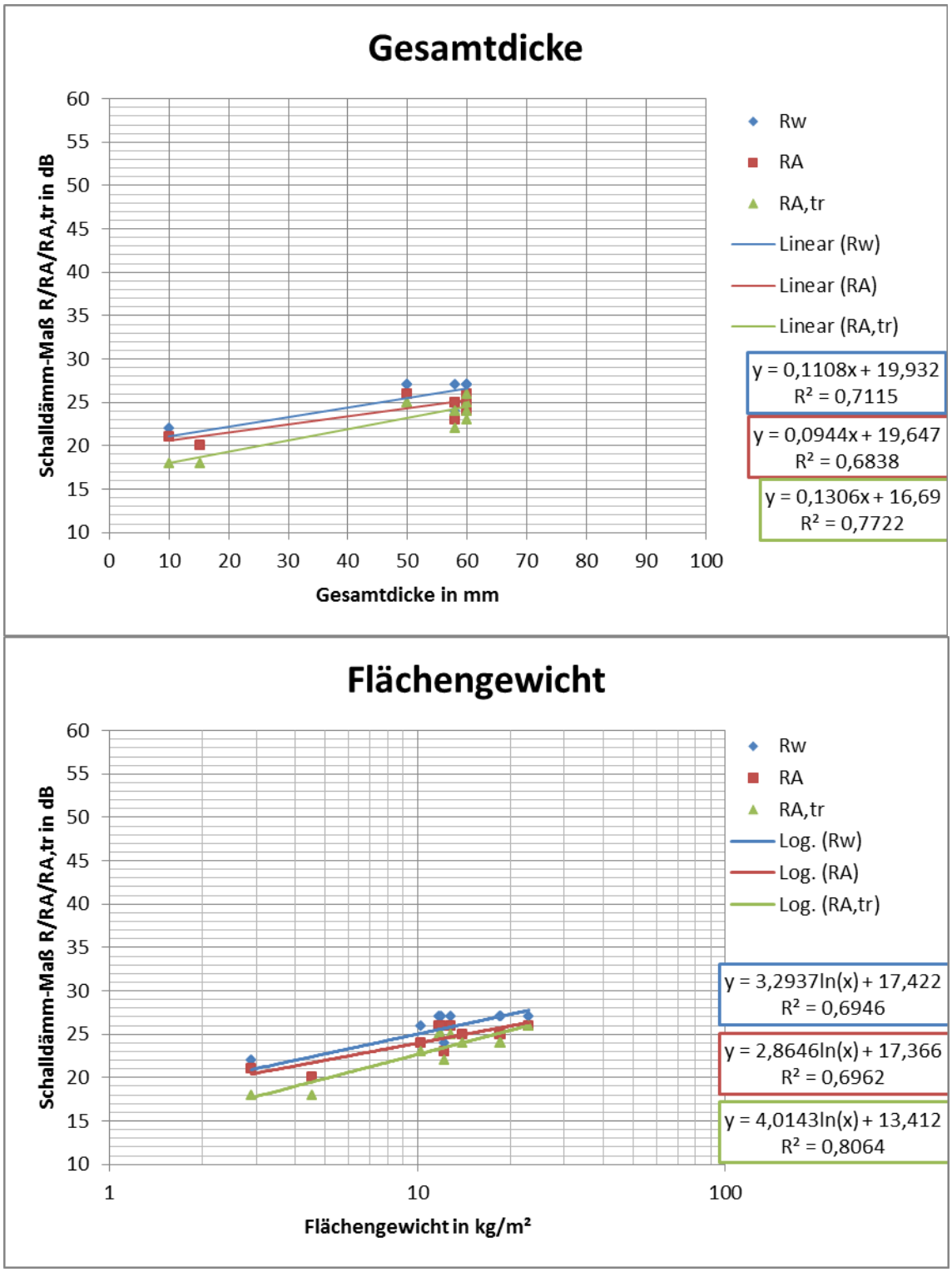


Bild A 2 Statistische Analyse von Stegplatten aus GFK im Normformat (n = 11)

Der Wertebereich für das Flächengewicht dieser Bauart ergibt sich aus der Grafik mit etwa [3..25] kg/m²

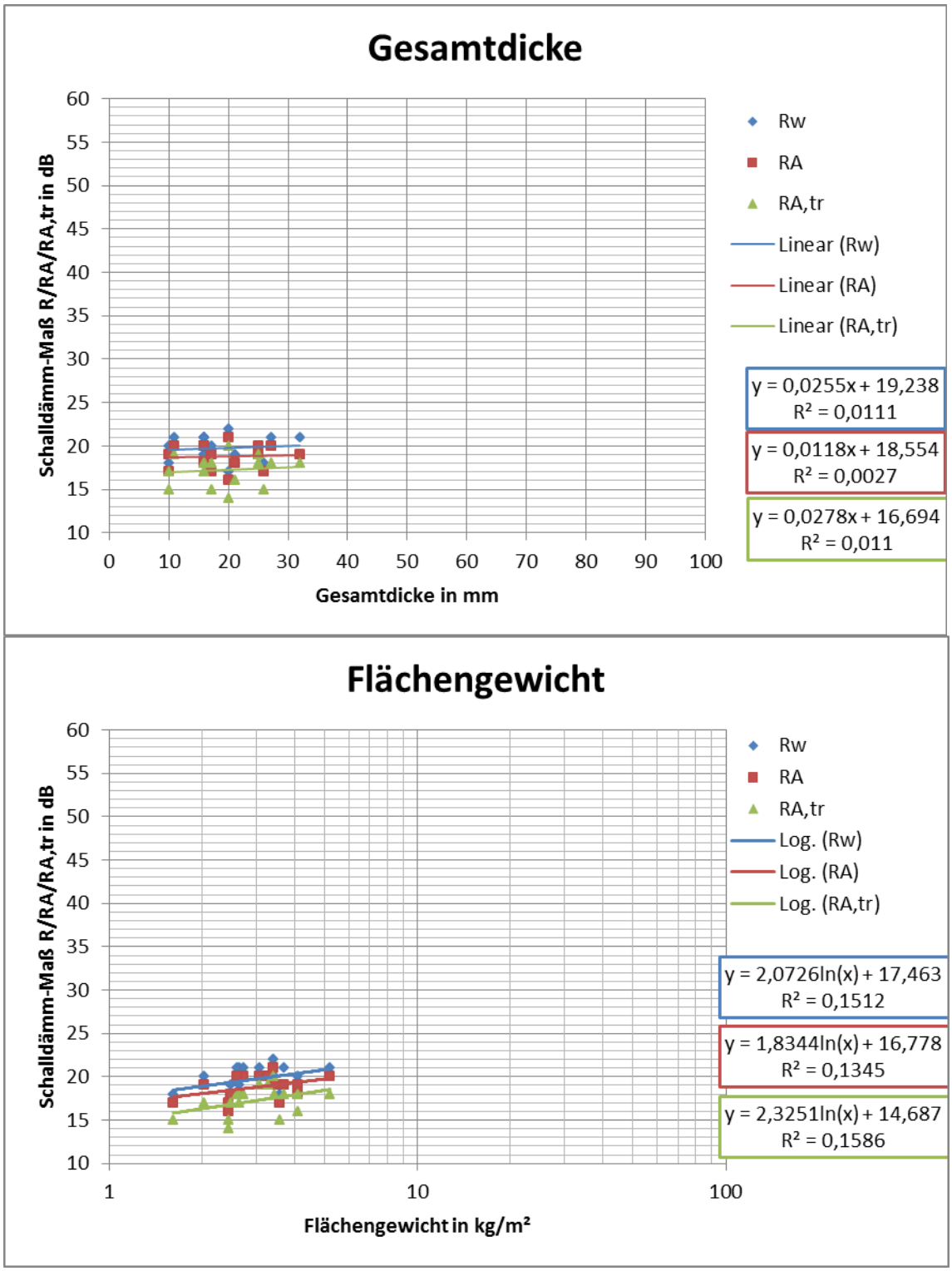
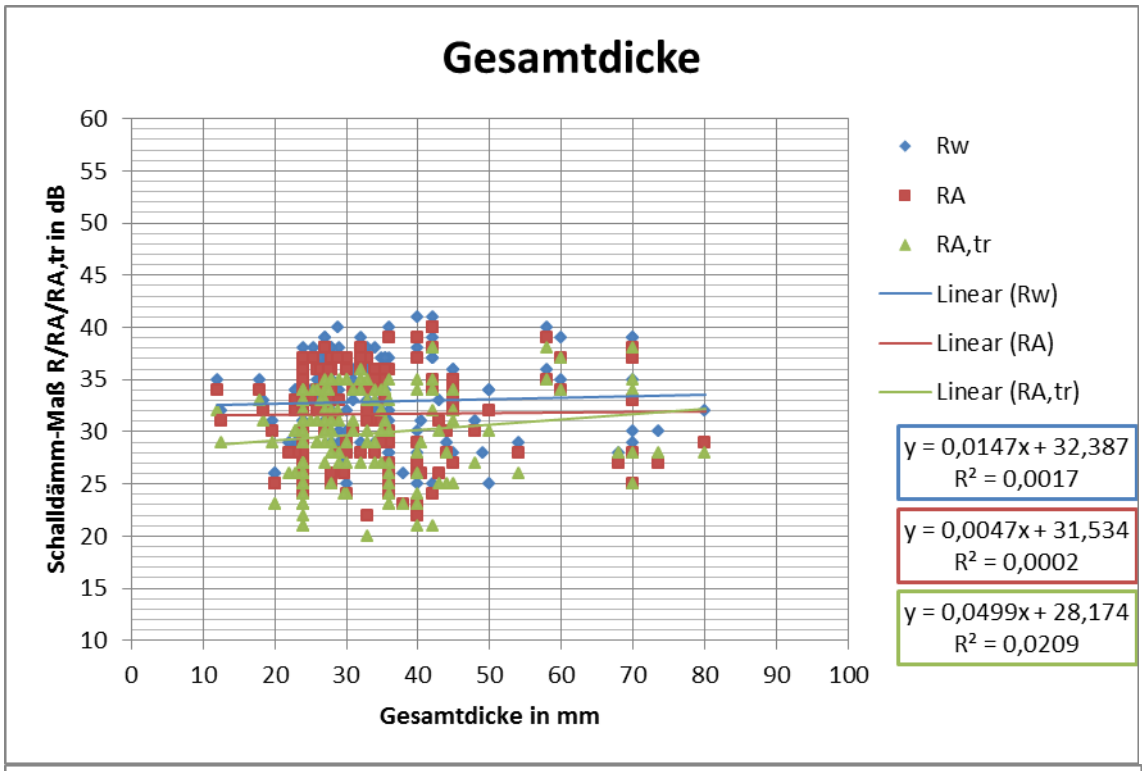


Bild A 3 Statistische Analyse von Stegplatten aus PC (Polycarbonat) im Normformat (n = 18)

Der Wertebereich für das Flächengewicht dieser Bauart ergibt sich aus der Grafik mit etwa [1,5..5] kg/m²

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



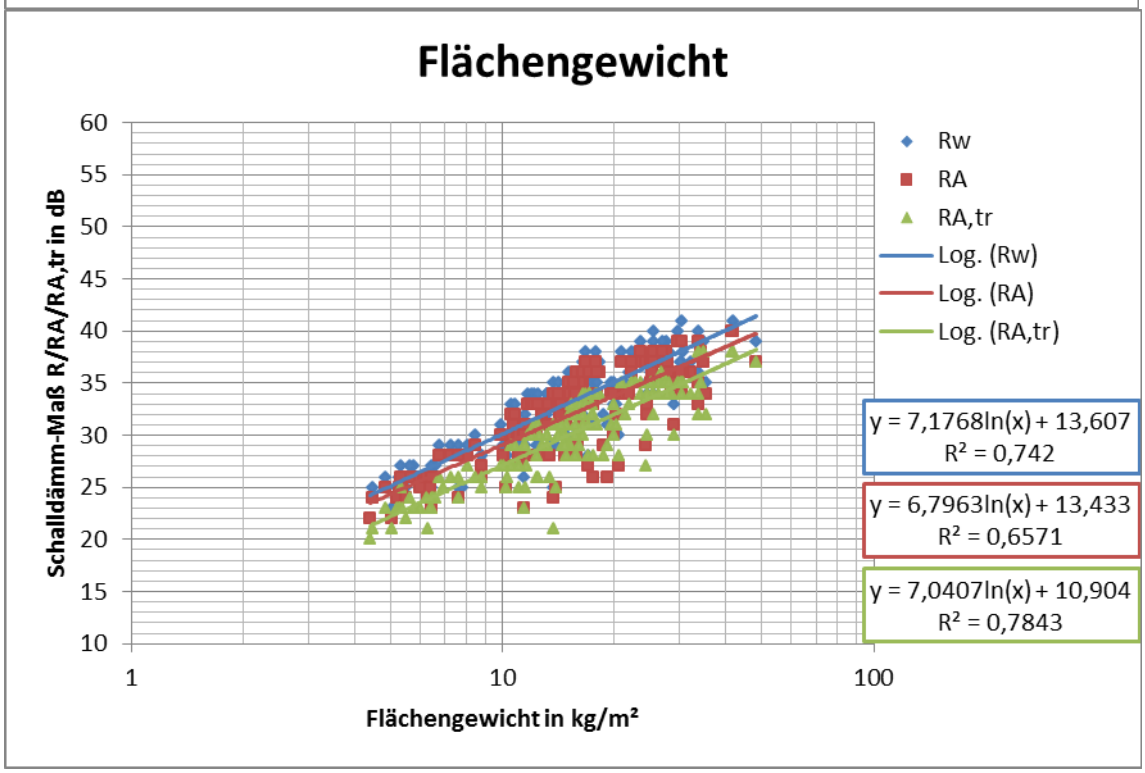


Bild A 4 Statistische Analyse von Verbundplatten im Normformat (n = 171)

Der Wertebereich für das Flächengewicht dieser Bauart ergibt sich aus der Grafik mit etwa [5..50] kg/m²

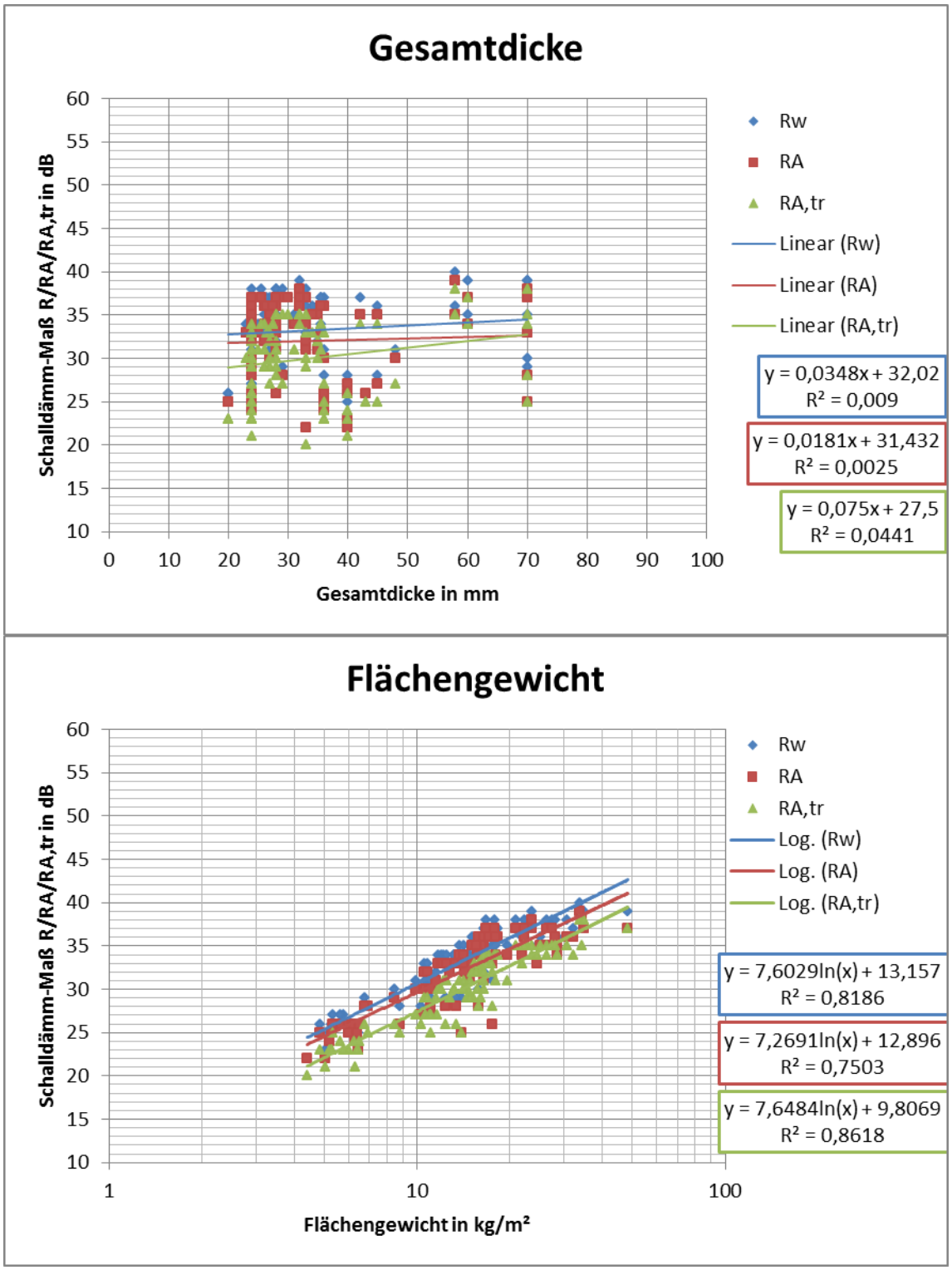
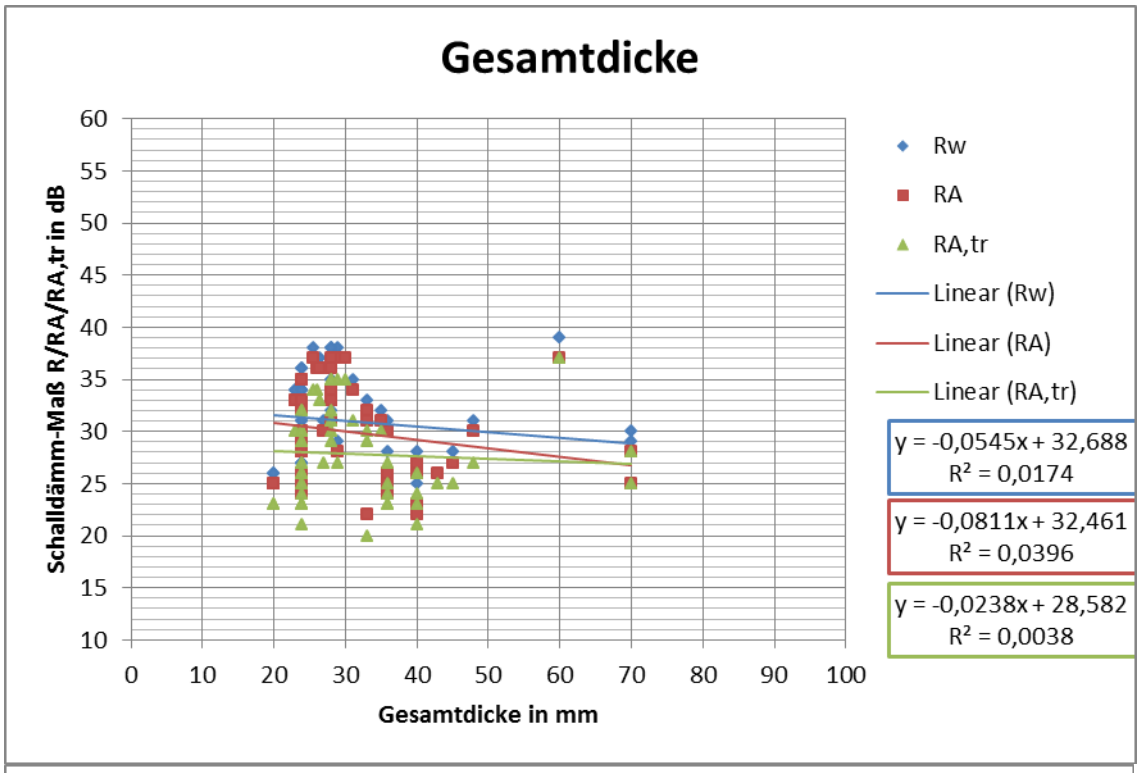


Bild A 5 Statistische Analyse von Verbundplatten mit EPS/XPS-Kern im Normformat (n = 102)

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



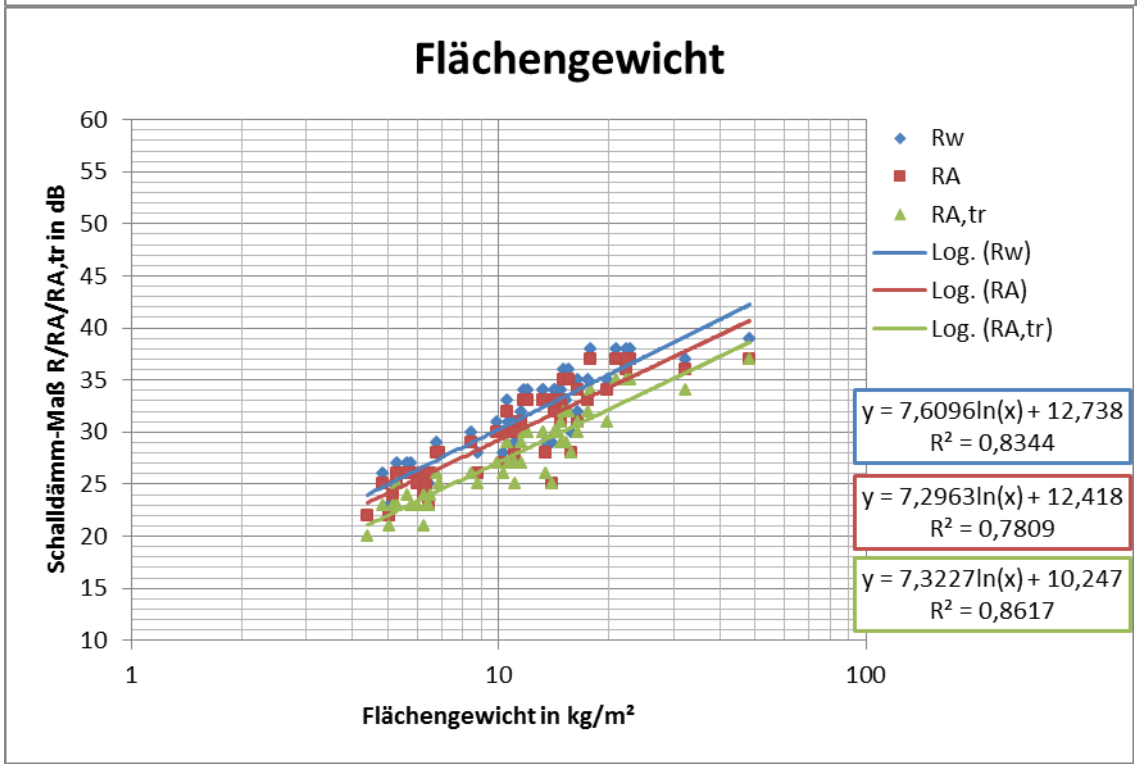


Bild A 6 Statistische Analyse von Verbundplatten mit EPS/XPS-Kern im Normformat (n = 58), ohne Platten mit mittig platzierter Beschwerung (vgl. mit Bild A 5)

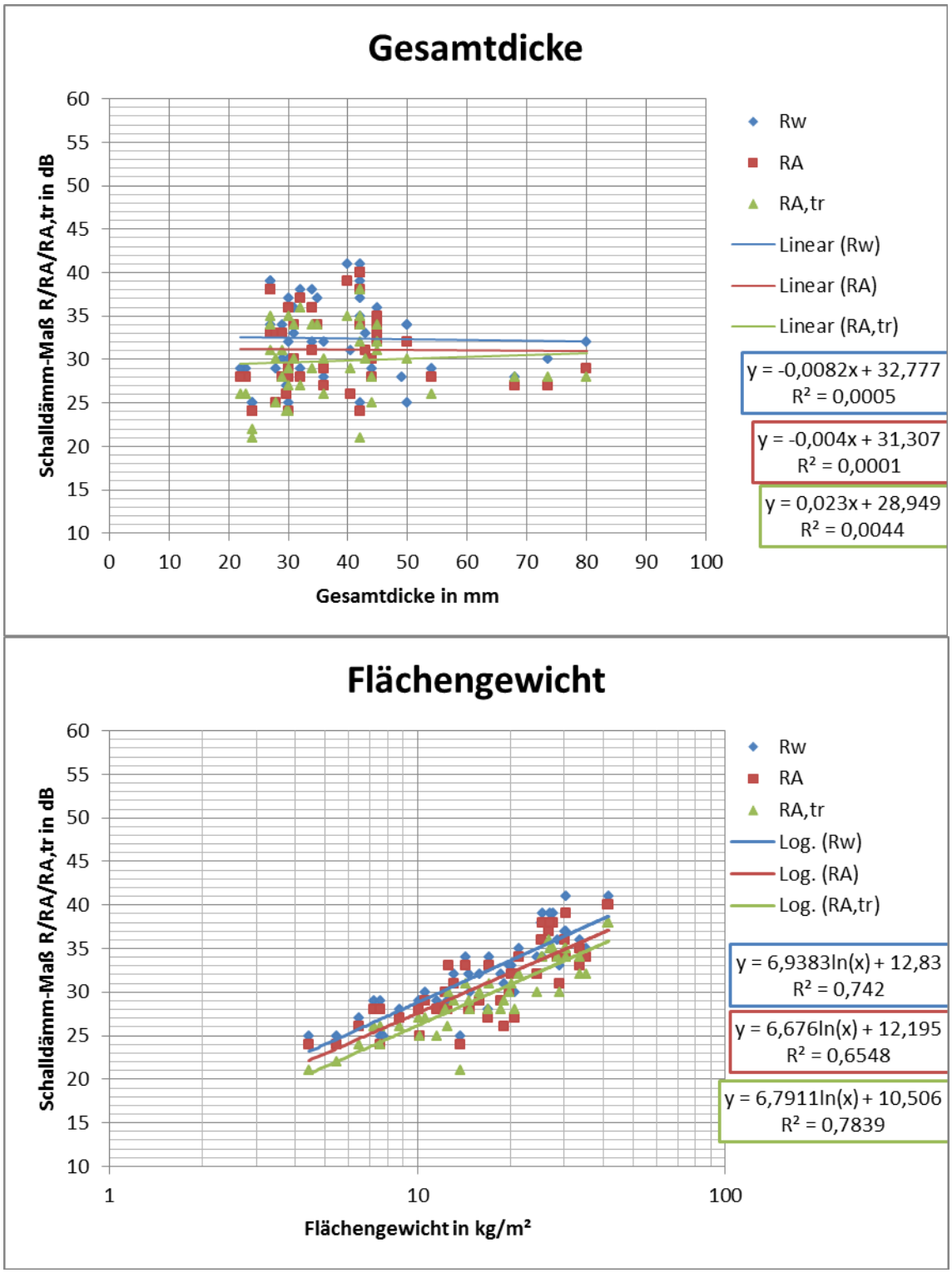
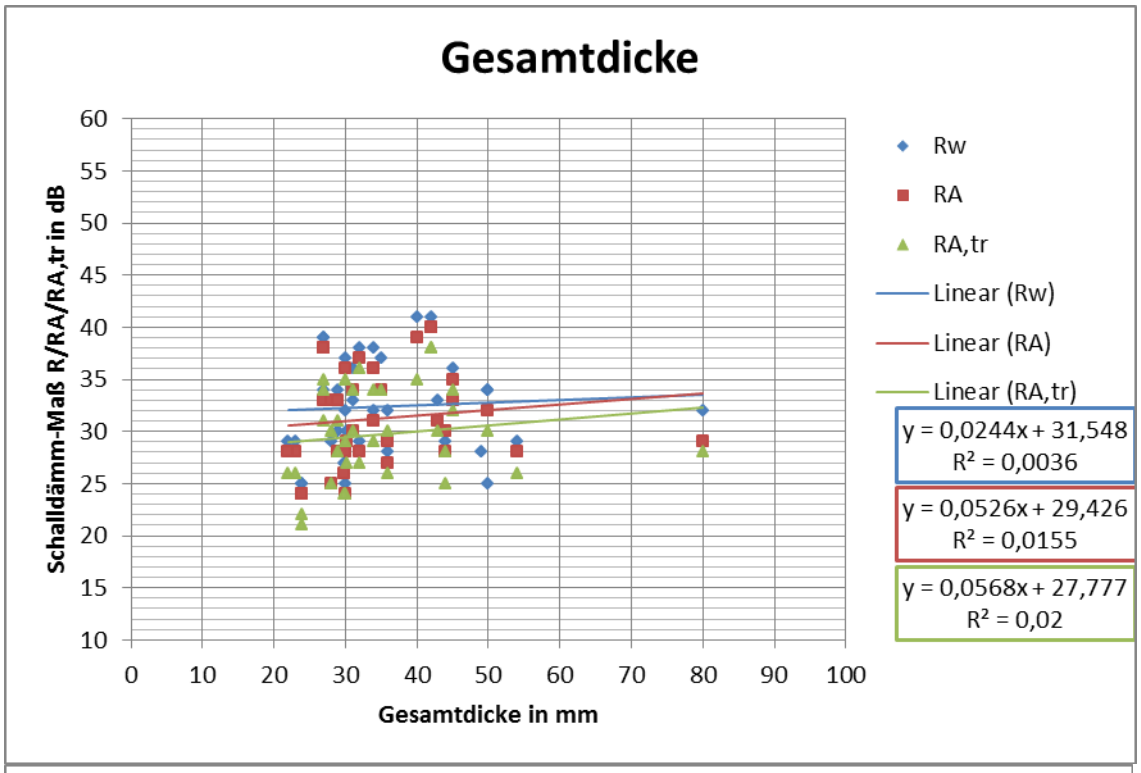


Bild A 7 Statistische Analyse von Verbundplatten mit PU-Kern im Normformat (n = 48)

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



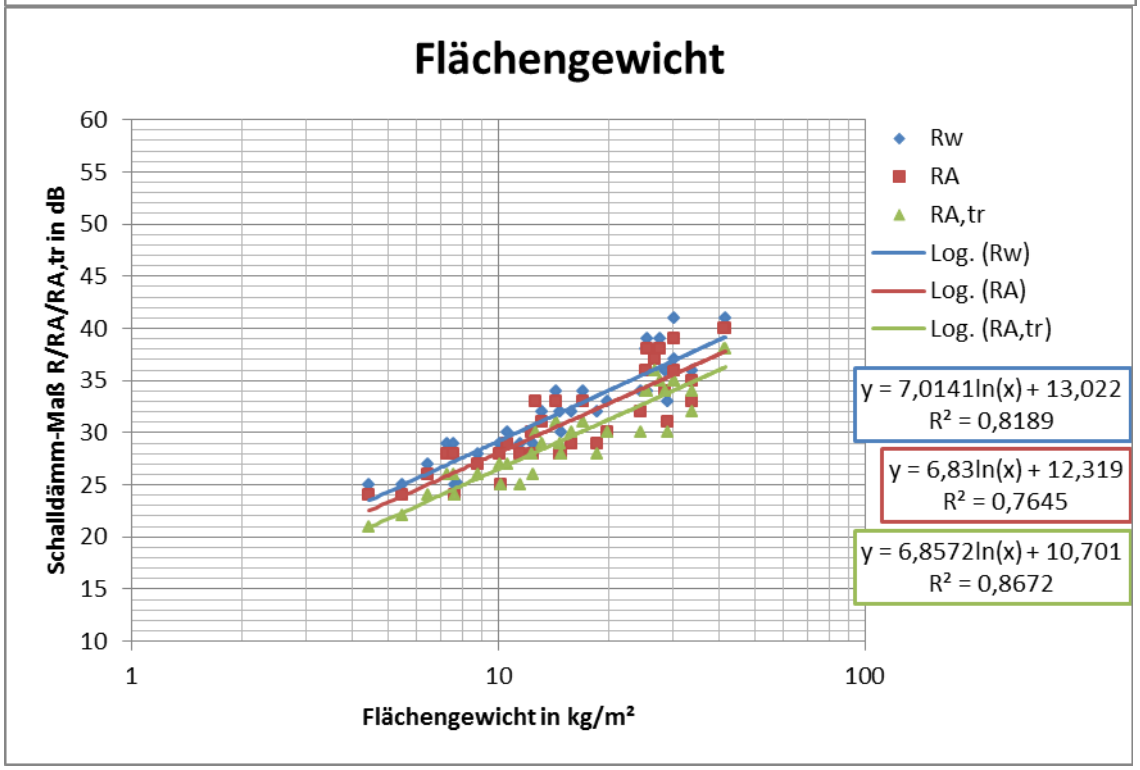
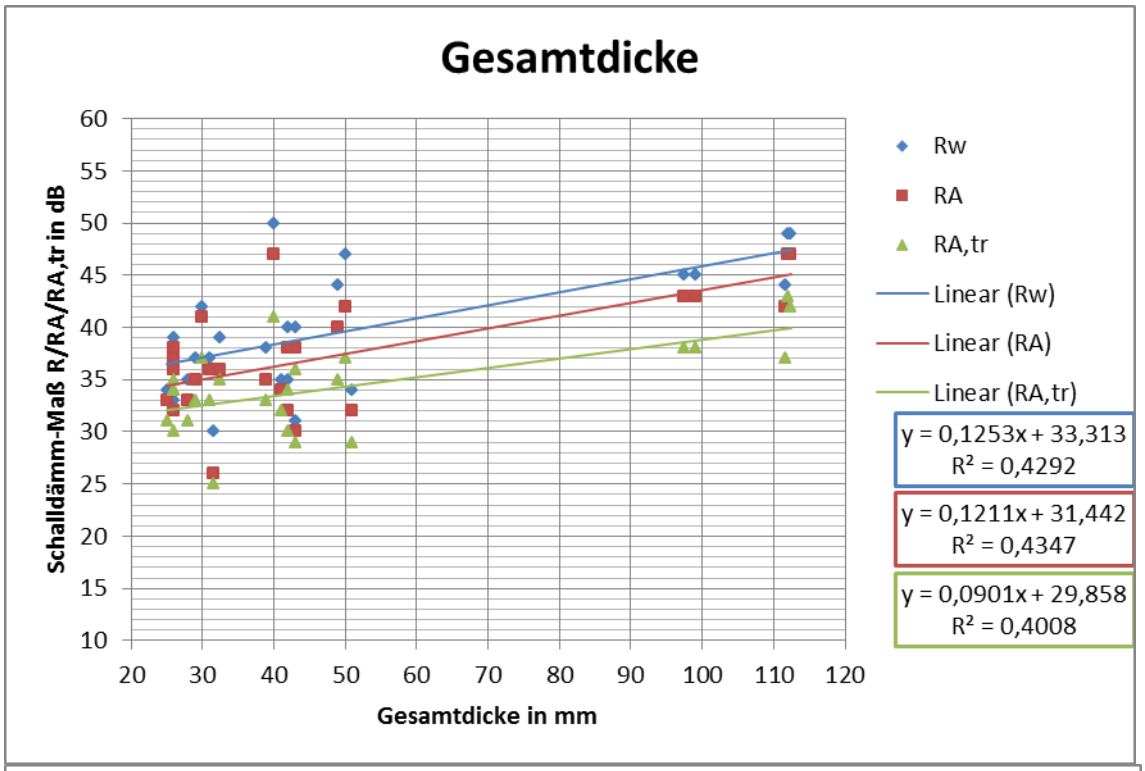


Bild A 8 Statistische Analyse von Verbundplatten mit PU-Kern im Normformat (n = 39) ohne Platten mit mittig platzierter Beschwerung (vgl. mit Bild A 7)



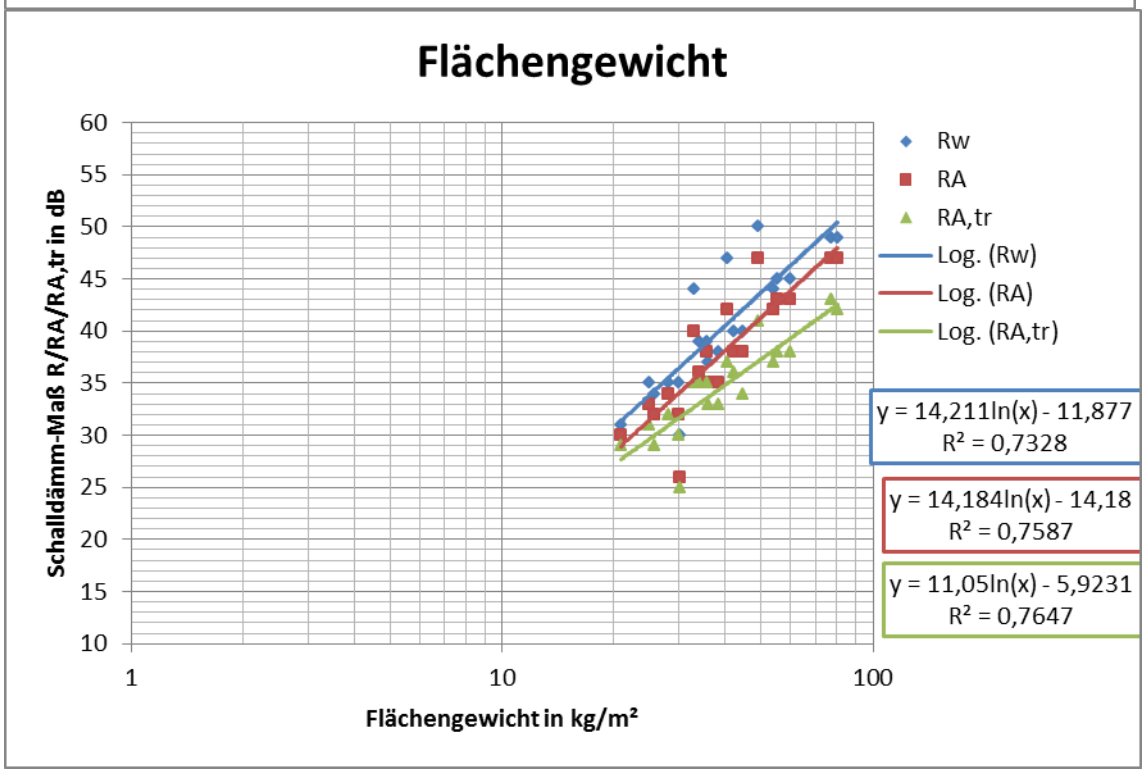


Bild A 9 Statistische Analyse von Vakuumpaneelen im Normformat (n = 26)

Der Wertebereich für das Flächengewicht dieser Bauart ergibt sich aus der Grafik mit etwa [20..80] kg/m²

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

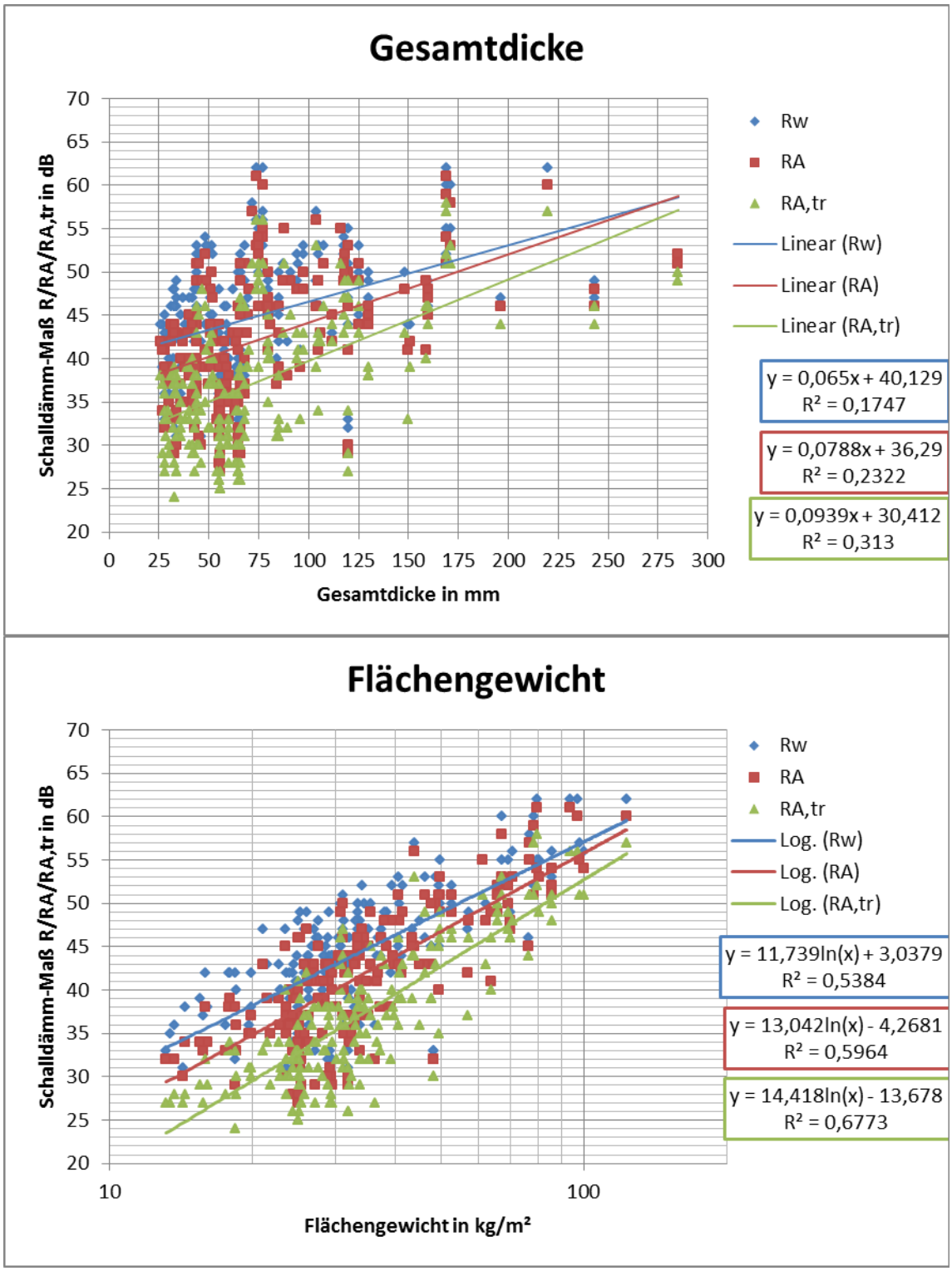


Bild A 10 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralwollefüllung im Normformat (n = 218)

Der Wertebereich für das Flächengewicht dieser Bauart ergibt sich aus der Grafik mit etwa [15..130] kg/m²

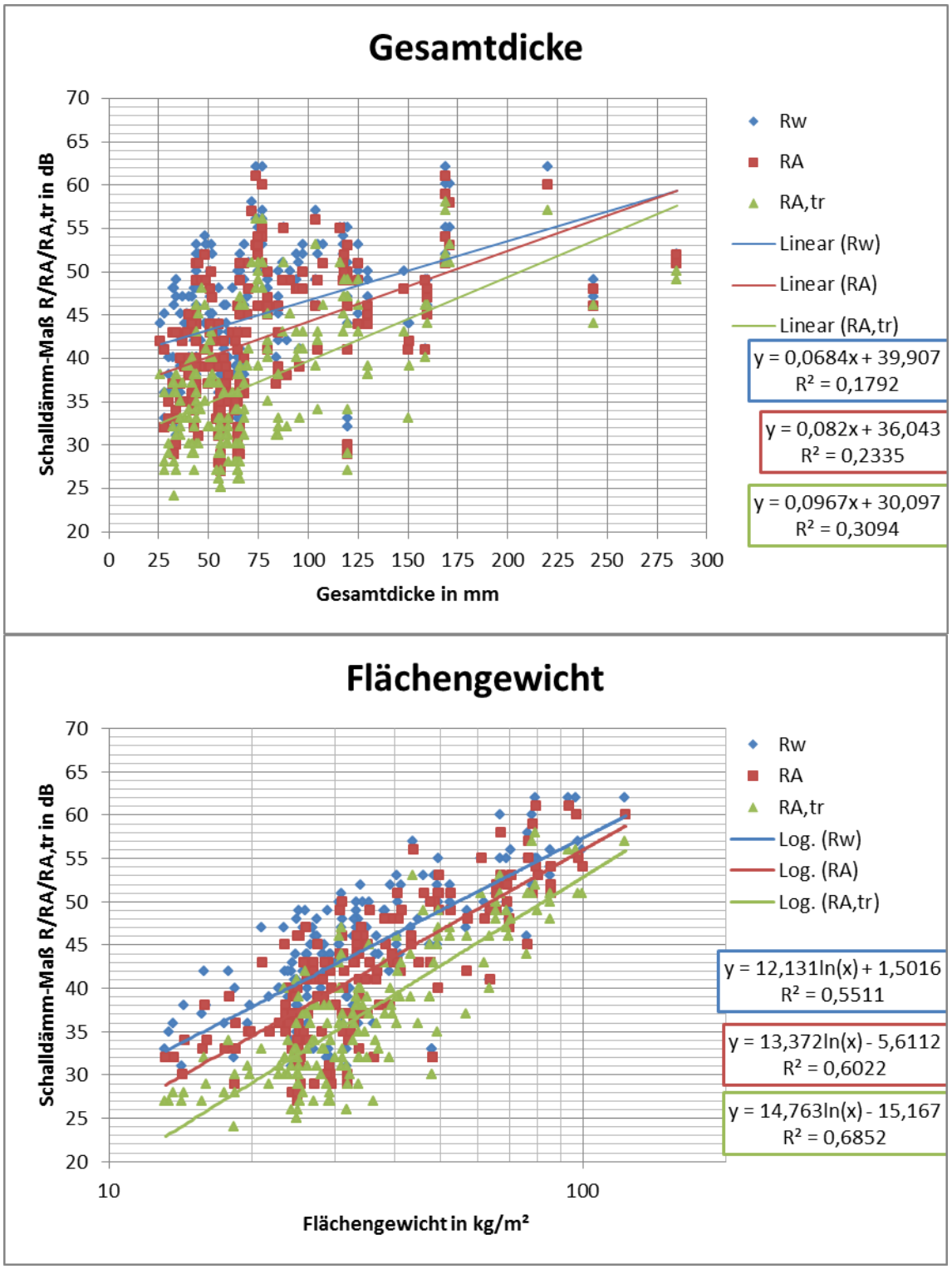


Bild A 11 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralwollefüllung im Normformat, eingebaut ohne Rahmen (n = 200)

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

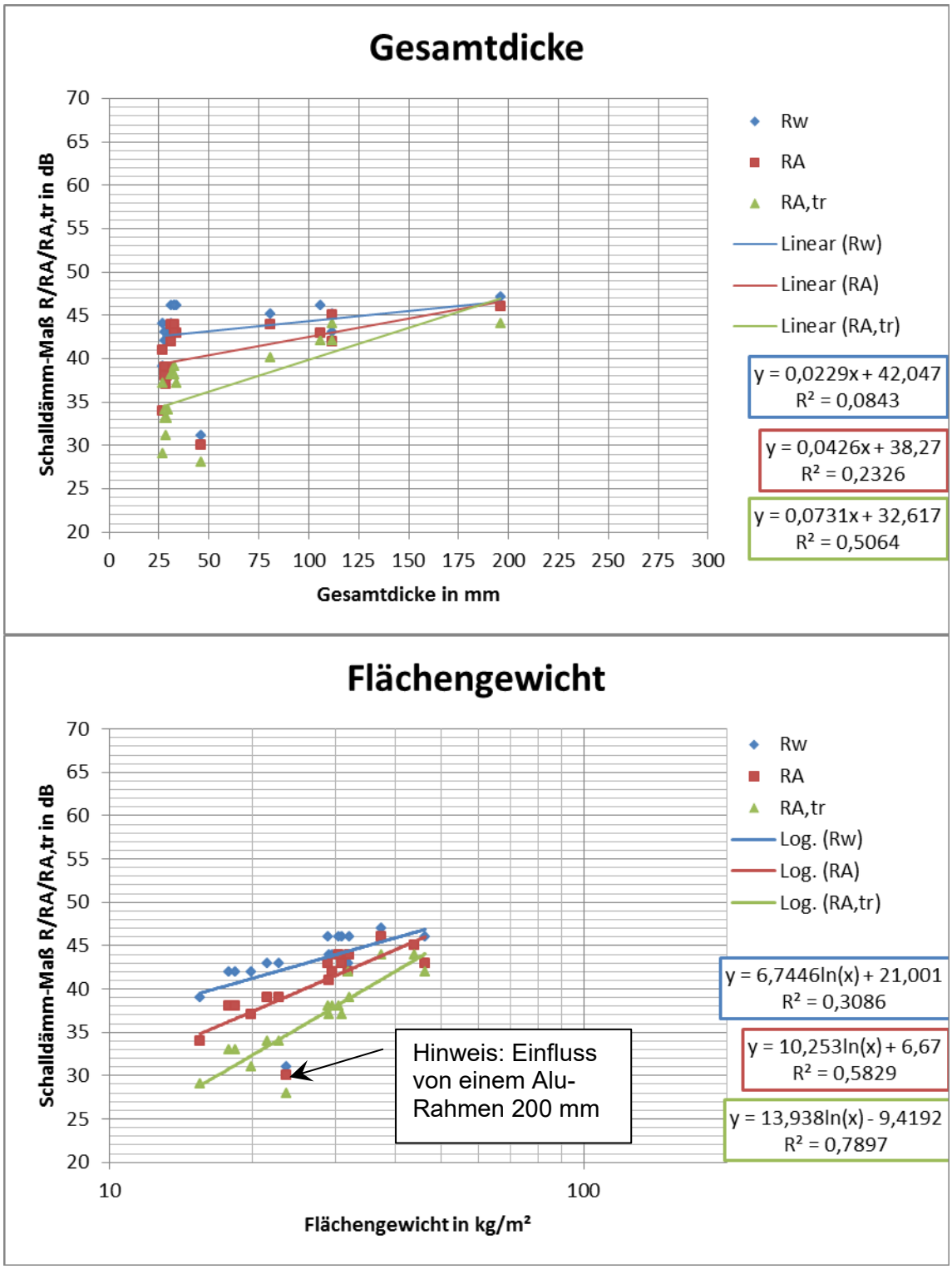


Bild A 12 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralwollefüllung im Normformat, eingebaut in einen Rahmen (n = 18)

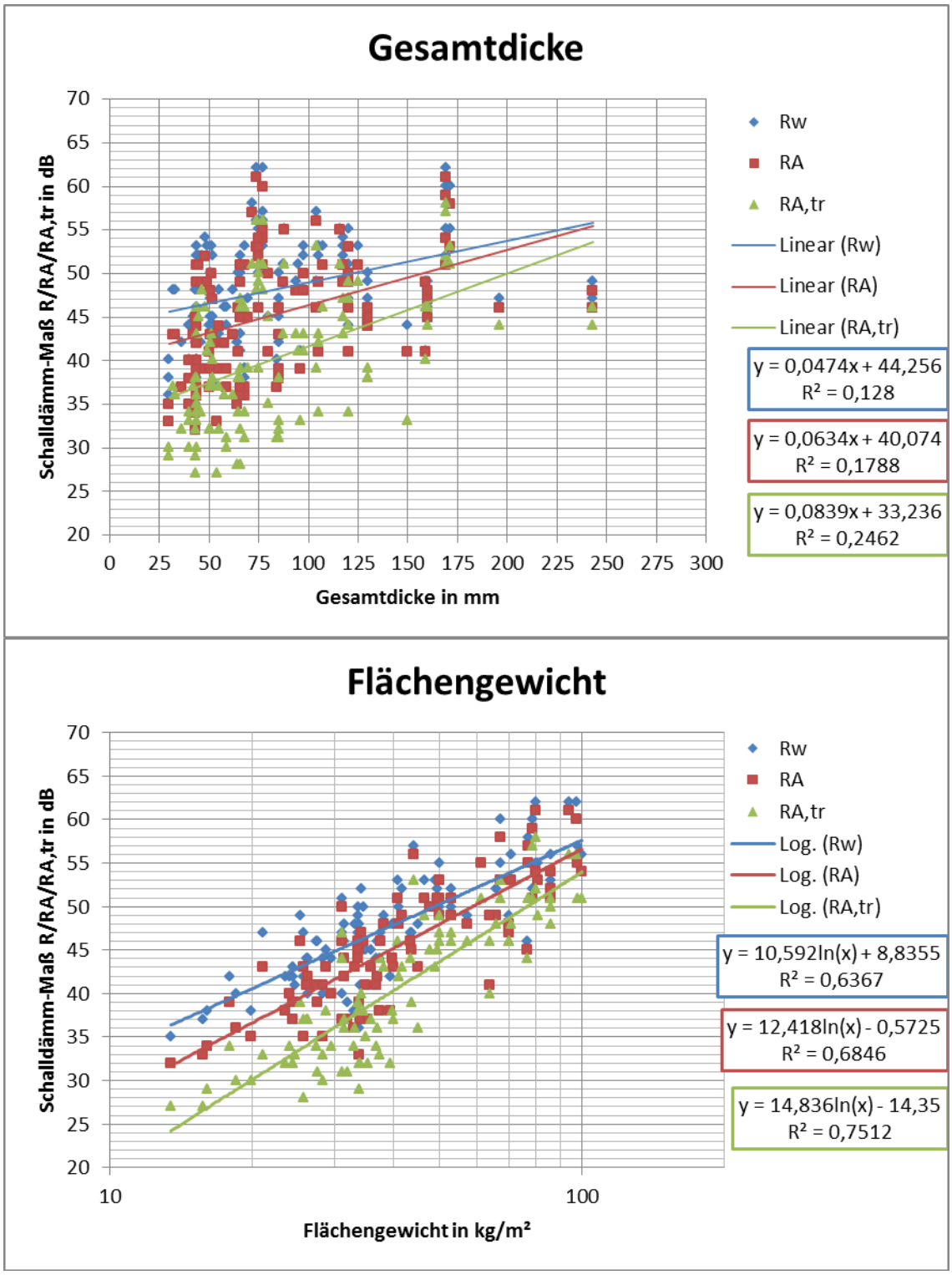


Bild A 13 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralwollefüllung im Normformat, eingebaut ohne Rahmen (n = 116) Faserausrichtung liegend

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

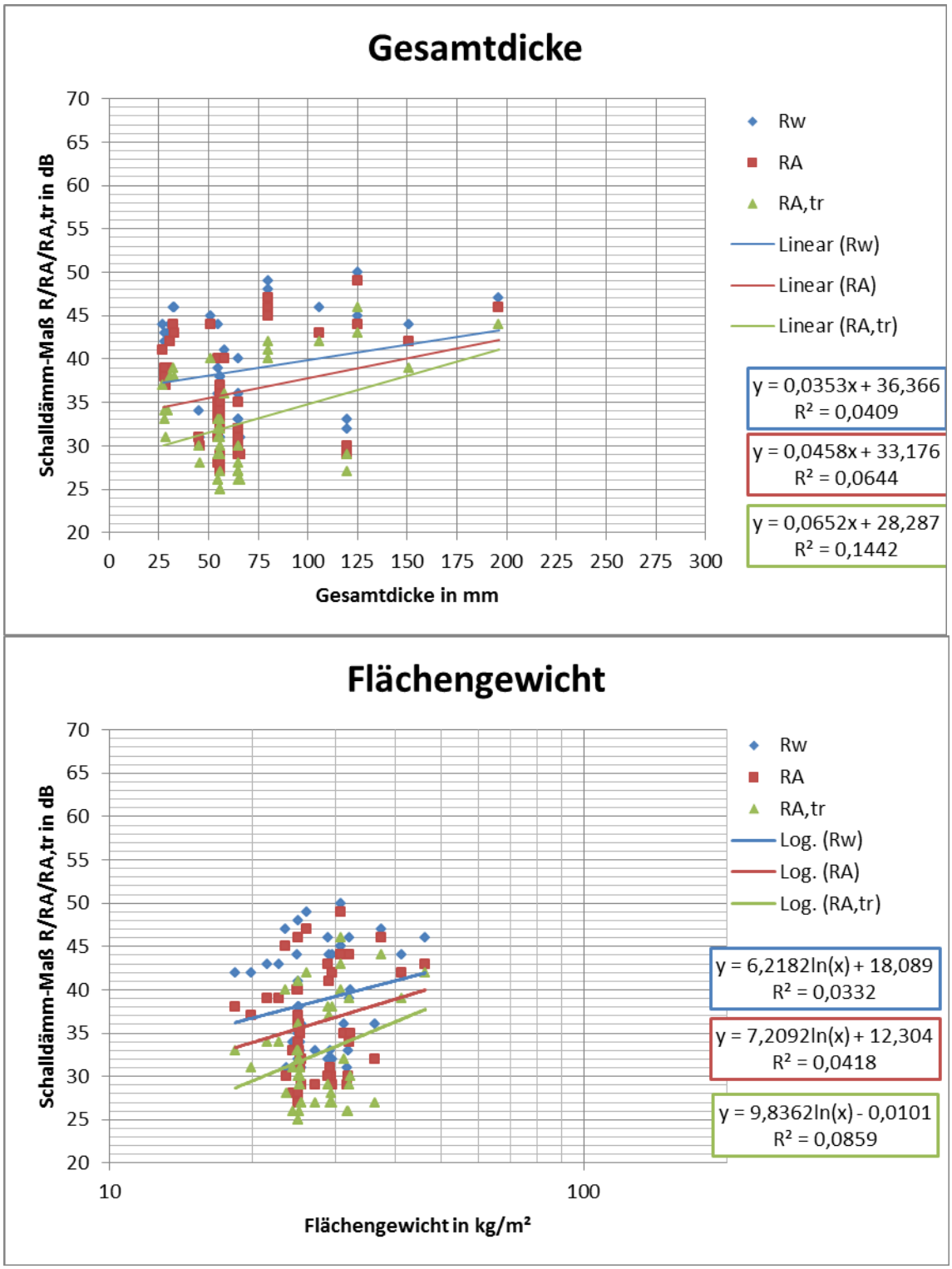


Bild A 14 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralwollefüllung im Normformat (n = 46) Faserausrichtung stehend

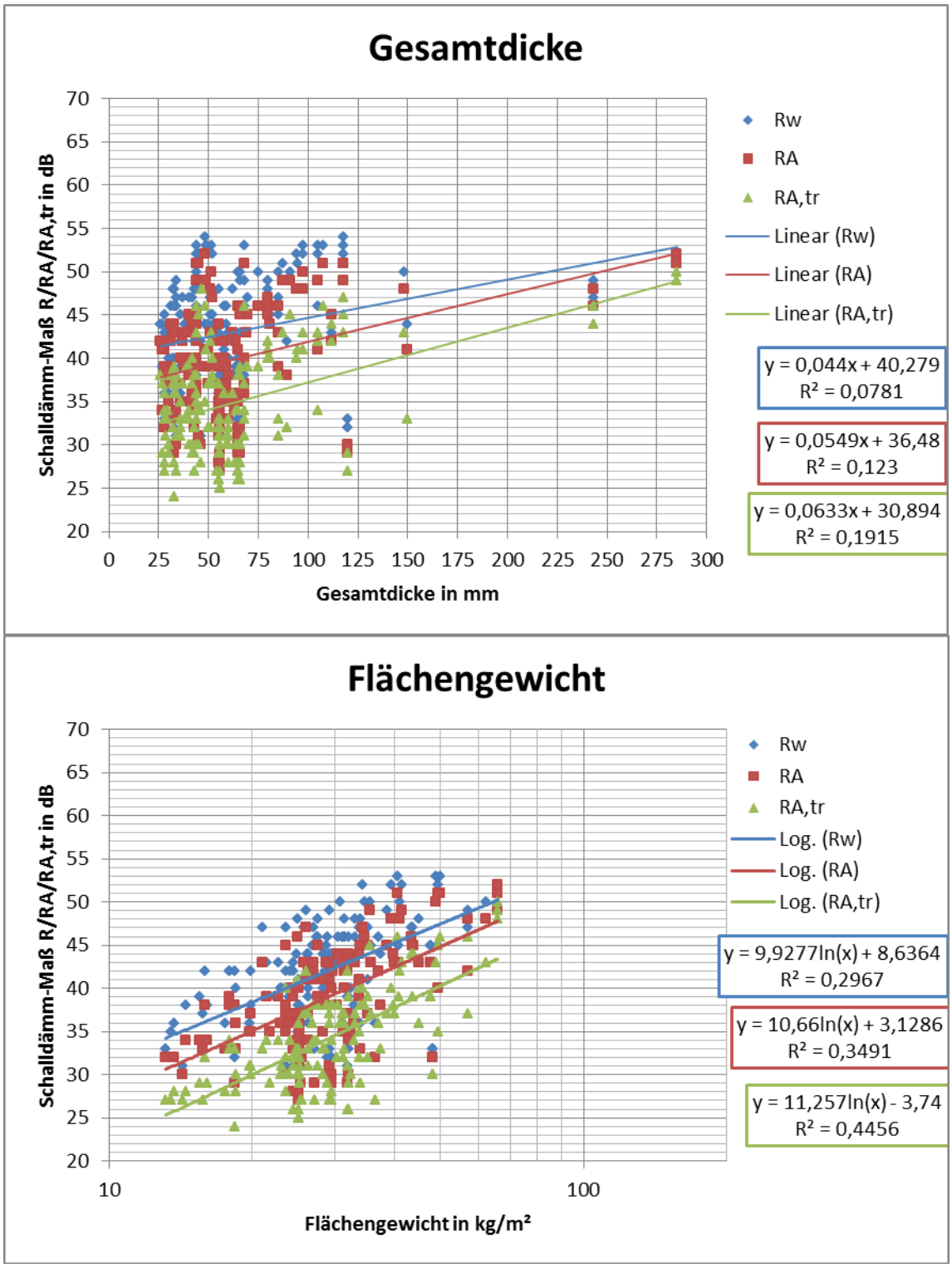


Bild A 15 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralwollefüllung im Normformat (n = 163) Bauart als glattes Paneel

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

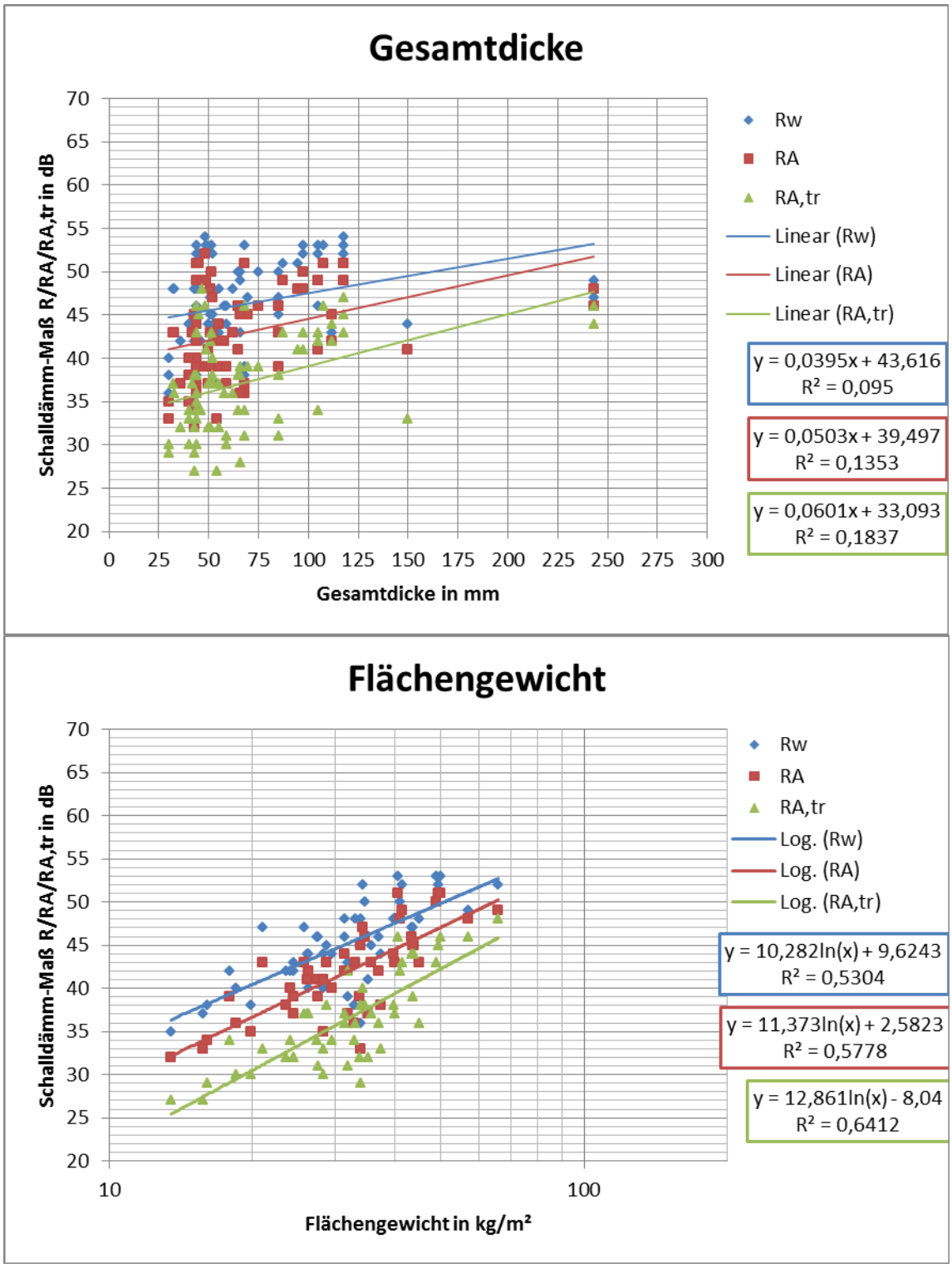


Bild A 16 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralwollefüllung im Normformat (n = 73) Bauart als glattes Paneel, liegende Faserausrichtung

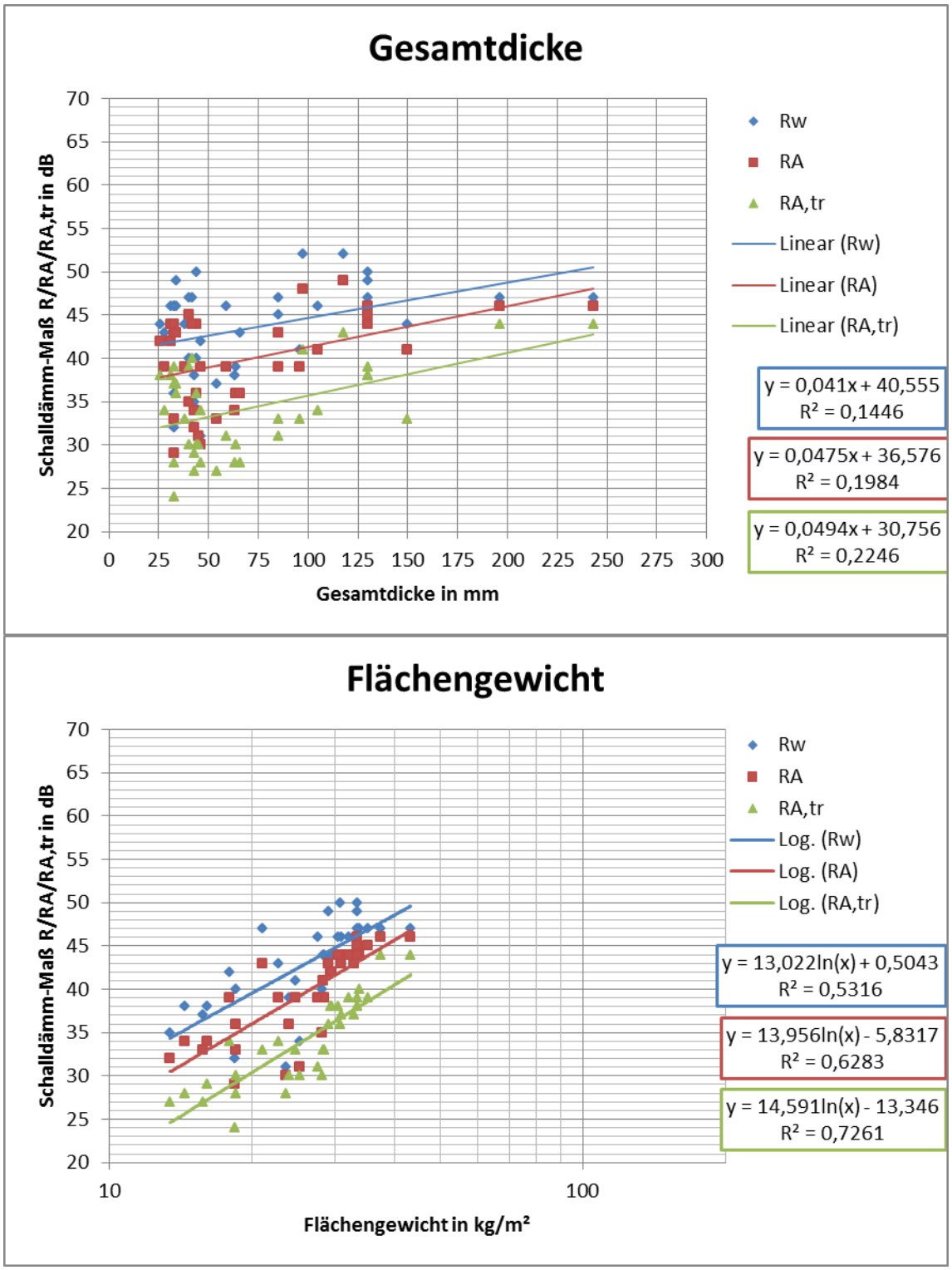


Bild A 17 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralwollefüllung im Normformat (n = 38)
Bauart als glattes Paneel, Deckplatten aus Aluminium

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

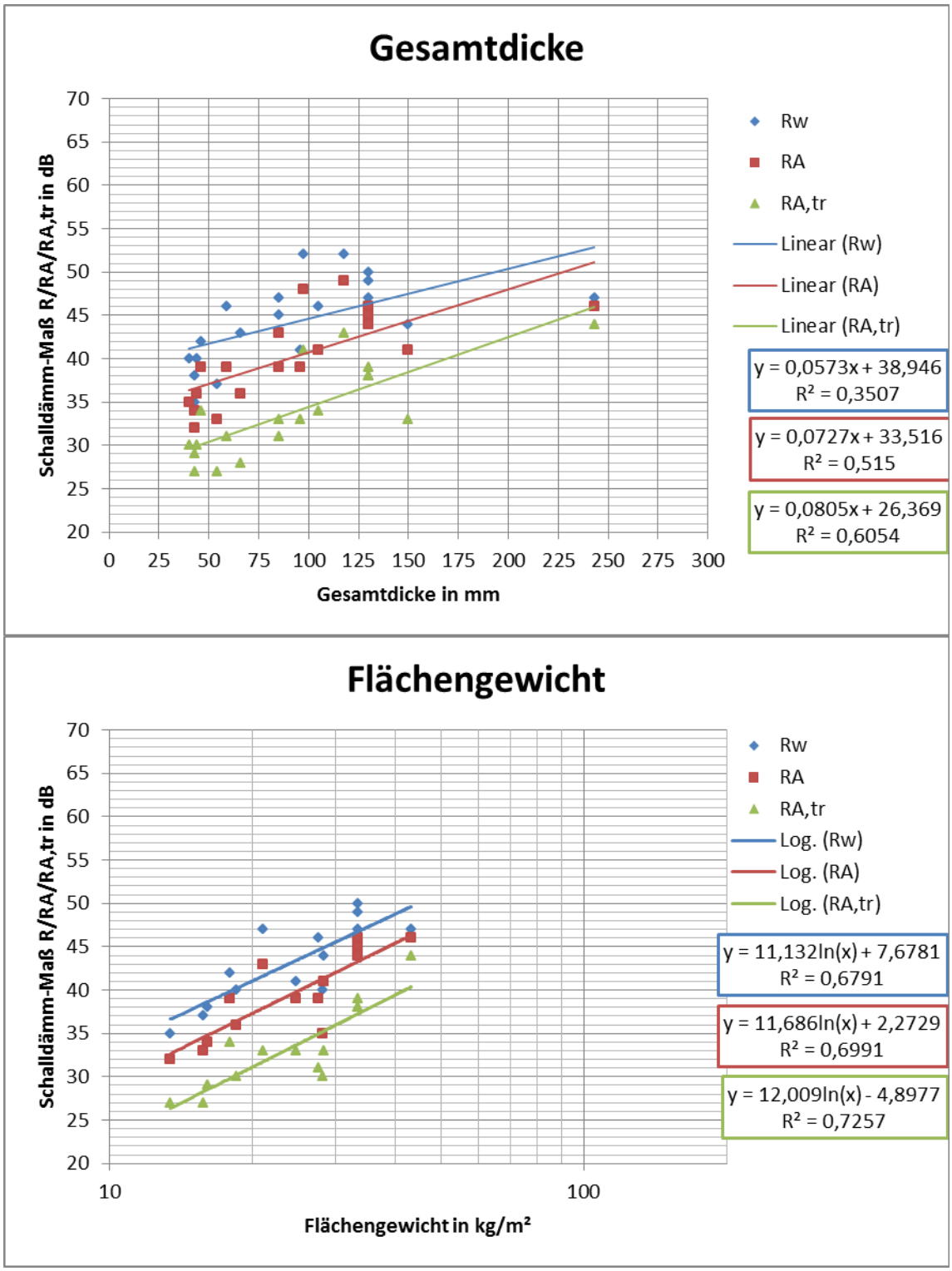


Bild A 18 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralwollefüllung im Normformat (n = 19)
Bauart als glattes Paneel, Deckplatten aus Aluminium, liegende Faser

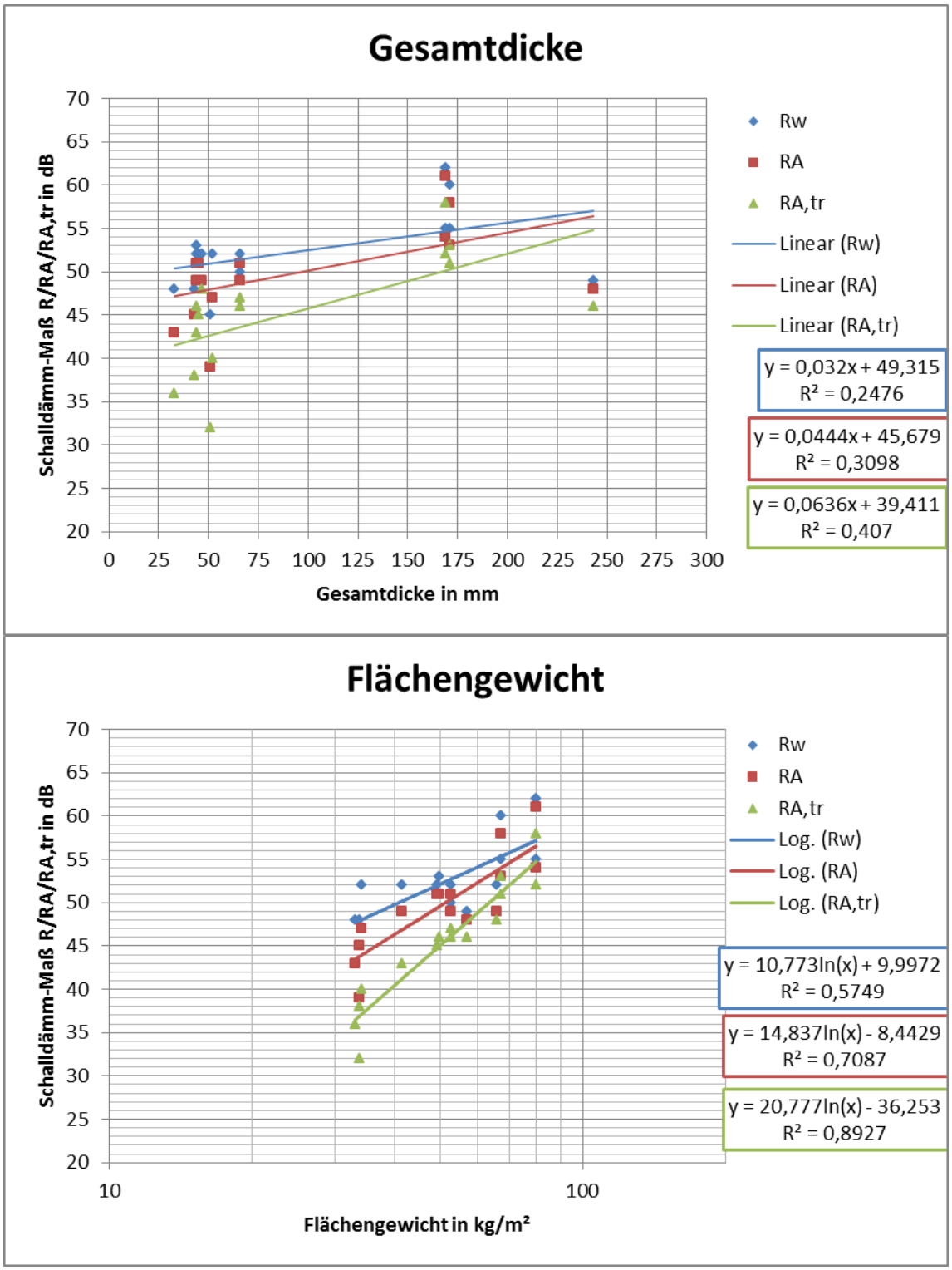
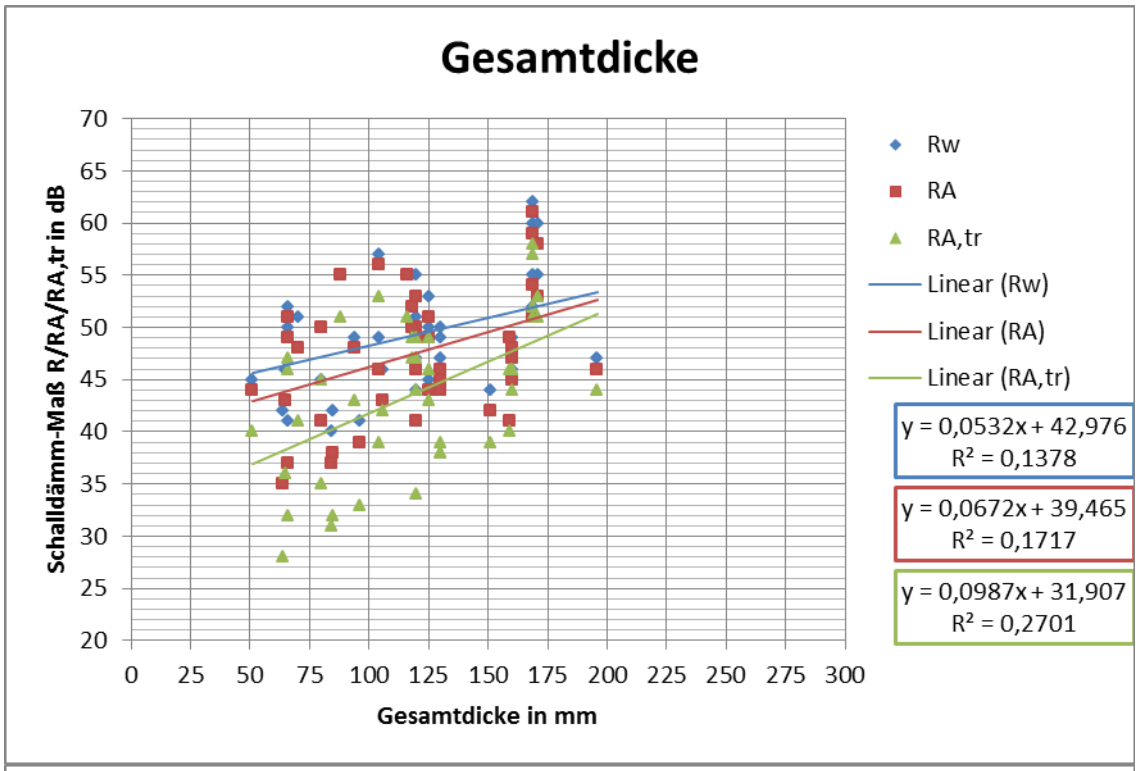


Bild A 19 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralwollefüllung im Normformat (n = 15)
Bauart als glattes Paneel, Deckplatten aus Stahl, liegende Faser

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



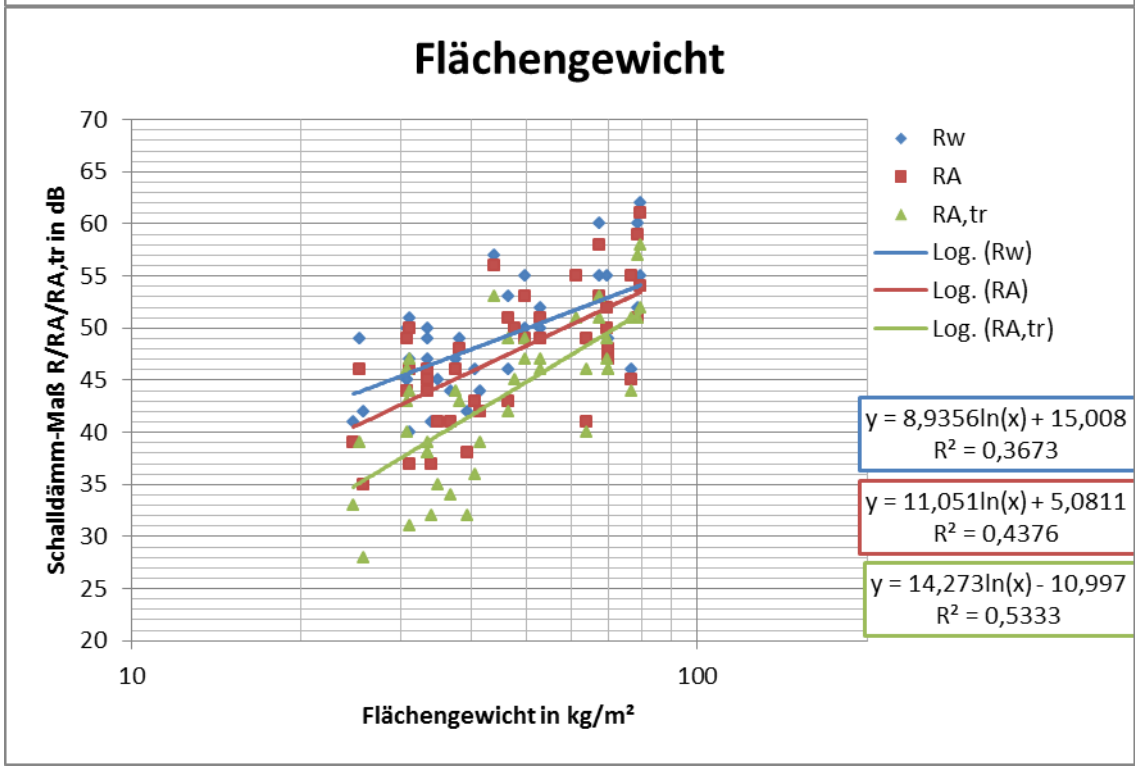
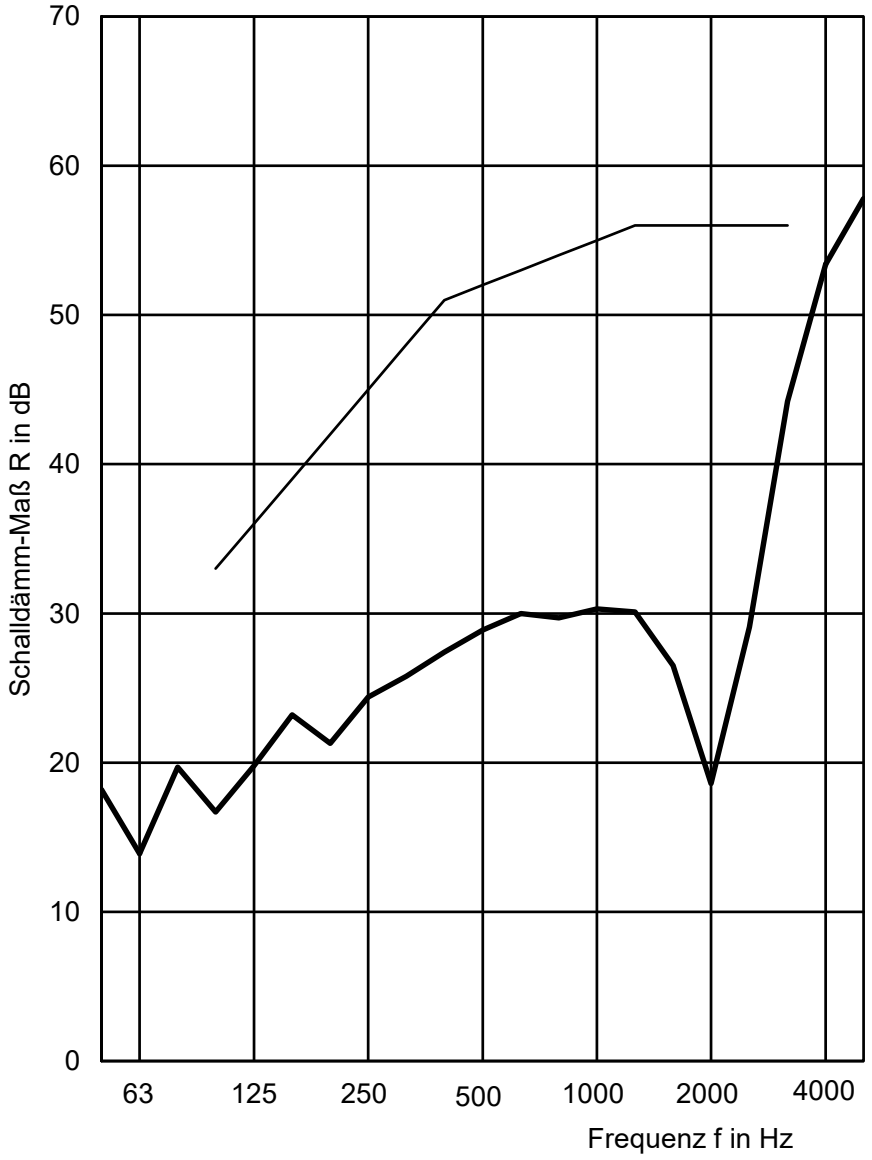


Bild A 20 Statistische Analyse von Paneelen mit Mineralwollefüllung im Normformat (n = 44) Bauart als Kofferpaneel

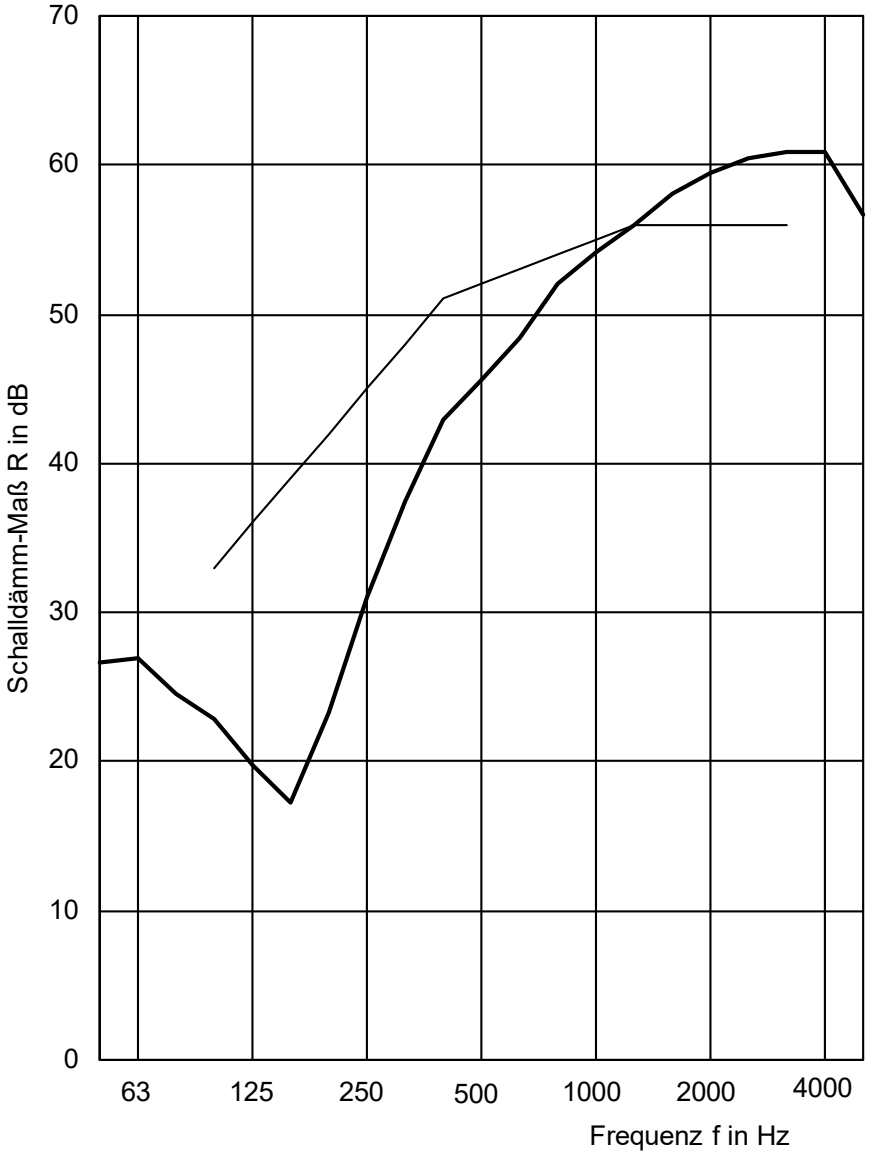


Verbundplatte aus PVC und EPS-Kern, R_w (C;C_{tr}) = 29 (-4;-4) dB

Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

Bild A 21 Beispiel für das Spektrum der Schalldämmung einer Verbundplatte mit ausgeprägter Bauteilresonanz bei 2kHz (Messung 13-001252/Z2)

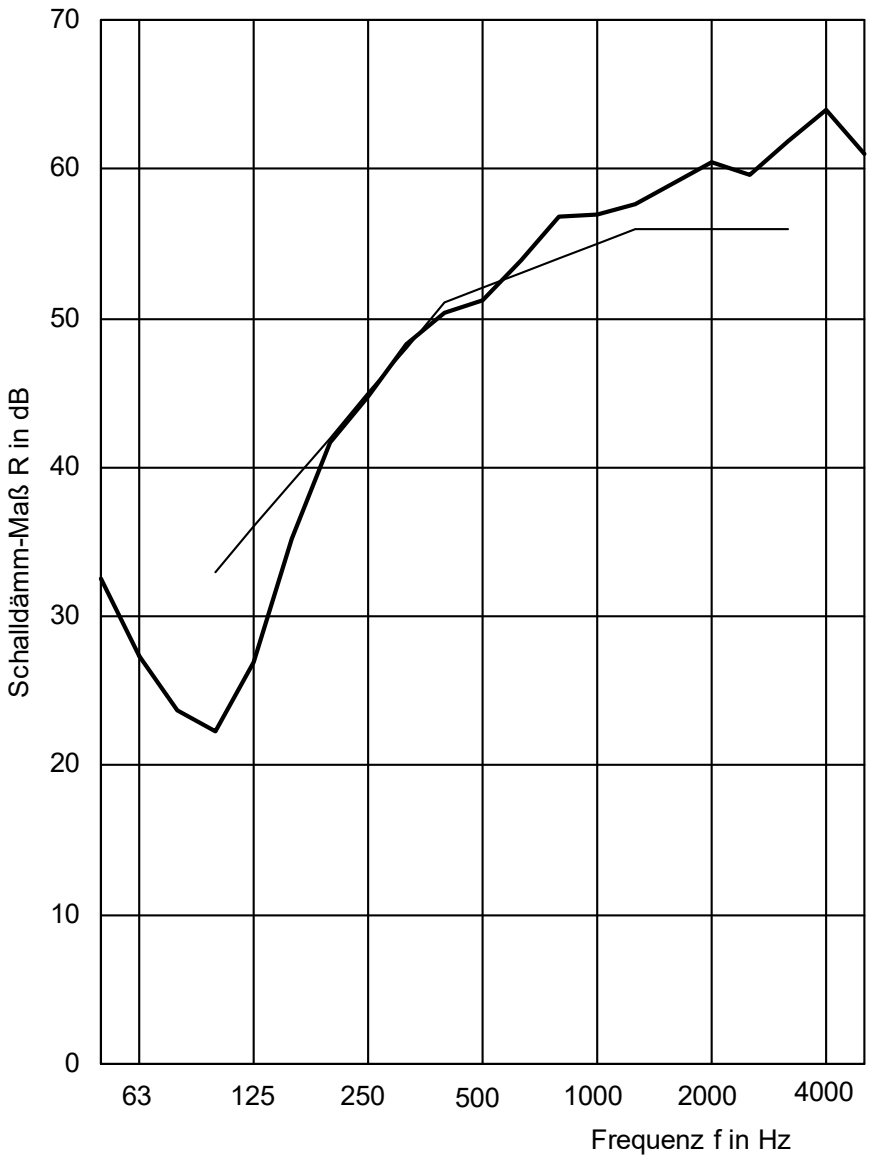
© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



Paneel 36 mm aus Alu- und Stahlblech mit Mineralwollefüllung,
R_w (C;C_{tr}) = 42 (-5;-10) dB

Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

Bild A 22 Beispiel für das Spektrum der Schalldämmung eines Paneels mit Mineralwollefüllung mit ausgeprägter Bauteilresonanz (Messung 16441812/Z1)



Paneel 94 mm aus Alu- und Stahlblech mit Mineralwollefüllung und Beschwerung, R_w (C;C_{tr}) = 52 (-4;-12) dB

Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

Bild A 23 Beispiel für das Spektrum der Schalldämmung eines Paneels mit Mineralwollefüllung mit ausgeprägter Bauteilresonanz (Messung 17-002053/Z01)

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

10.2 Datenblätter von Mineralwolle

ISOVER SAINT-GOBAIN

Technische Daten
Stand: März 2017
Akustic SSP 1 / SSP 2
Seitenanzahl 1/2

Akustic SSP 1 / SSP 2
Schallschluck-Platte

Eigenschaften	Zeichen	Einheit	Kenngrößen und Messwerte		Normen
Material			G3 touch Mineralwolle, hergestellt nach dem Glaswolle-Produktionsverfahren von SAINT-GOBAIN ISOVER, mit RAL-Gütezeichen der Gütegemeinschaft Mineralwolle e. V., freigezeichnet nach Gefahrstoffverordnung, Chemikalienverbotsverordnung und Verordnung (EG) Nr. 12/72/2008 Anmerkung Q		-
Kaschierung			Akustic SSP 2: einseitig schwarzes Glasvlies		-
Anwendungsgebiet			DI	Innendämmung der Decke (innenseitig), abgehängte Decken	4108-10
			WI-zk	Innendämmung der Wand, keine Anforderungen an Zugfestigkeit	
Euroklasse			A1 nichtbrennbar		EN 13 501
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	λ	W/(m·K)	0,040		Z-23.15-1459 DIN 4108-4
Nennwert der Wärmeleitfähigkeit	λ_D	W/(m·K)	0,039		EN 13 162
Wärmeleitfähigkeitsgruppe	WLG		040		-
Grenzabmessung für die Dicken	Ti		3		EN 13 162
Temperaturverhalten		°C	Verwendung bis 150		-
Spezifische Wärmekapazität	c	kJ/(kg·K)	1,03		ISO 10456-
Wasserdampf Diffusionswiderstandszahl	μ		1		ISO 10456-
Strömungswiderstand	AF	kPa·s/m²	≥ 11		EN 13 162
Schallabsorption	α		Schallabsorptionsgrade α siehe untenstehende Tabelle		EN ISO 354 EN ISO 11 654
Anwendungshinweise	SSP 1: Als schallschluckende Auflage auf mit Vlies oder dünnen Kunststoff-Folien abgedeckten, gelochten oder geschlitzten Verkleidungsplatten von Akustik-Decken. SSP 2: Als schallschluckende Auflage bzw. Hinterfüllung für gelochte und geschlitzte Verkleidungsplatten an Wand und Decke.				

Schallabsorption

Bild A 24 Beispiel 1 für Datenblätter von Mineralwolle (hier Fa. Isover),

Schallabsorption							
Schallabsorptionsgrade α, Akustic SSP 2 direkt verlegt							
Dicke	Frequenz (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
20 mm	Schallabsorptionsgrad α_s	0,07	0,19	0,48	0,75	0,90	0,98
	Praktischer Schallabsorptionsgrad α_p	0,05	0,20	0,50	0,75	0,90	0,95
30 mm	Schallabsorptionsgrad α_s	0,09	0,32	0,74	0,99	1,05	1,02
	Praktischer Schallabsorptionsgrad α_p	0,10	0,30	0,70	1,00	1,00	1,00
40 mm	Schallabsorptionsgrad α_s	0,20	0,47	0,84	1,04	1,05	1,01
	Praktischer Schallabsorptionsgrad α_p	0,20	0,45	0,85	1,00	1,00	1,00
50 mm	Schallabsorptionsgrad α_s	0,26	0,59	0,98	1,12	1,05	1,10
	Praktischer Schallabsorptionsgrad α_p	0,25	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00

Die Angaben in dieser technischen Information entsprechen dem Stand unseres Wissens und unserer Erfahrungen bei Drucklegung (vgl. Druckvermerk). Sofern nicht ausdrücklich anders vereinbart, stellen sie jedoch keine Garantie im Rechtssinne dar. Der Wissens- und Erfahrungsstand entwickelt sich stets weiter. Achten Sie deshalb bitte darauf, die neueste Auflage dieser technischen Informationen zu verwenden (zugänglich im Internet unter „www.isover.de"). Die beschriebenen Produktanwendungen können besondere Verhältnisse des Einzelfalles nicht berücksichtigen. Prüfen Sie deshalb unsere Produkte auf ihre Eignung für den konkreten Anwendungszweck. Wir liefern ausschließlich auf Grundlage unserer Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen.

SAINT-GOBAIN ISOVER G+H AG, Bürgermeister-Grünzweig-Straße 1, 67059 Ludwigshafen, www.isover.de

ISOVER SAINT-GOBAIN

Technische Daten
Stand: März 2017
Akustic SSP 1 / SSP 2
Seitenanzahl 2/2

Lieferformen						
Akustic SSP 1						
Dicke (mm)	m²/Paket	Pakete/Palette	m²/Palette	Länge (mm)	Breite (mm)	R_D
30	12,00	16	192,00	1.250	600	0,80
20	18,00	16	288,00	1.250	600	0,50

Lieferformen						
Akustic SSP 2						
Dicke (mm)	m²/Paket	Pakete/Palette	m²/Palette	Länge (mm)	Breite (mm)	R_D
50	7,50	16	120,00	1.250	600	1,35
40	9,00	16	144,00	1.250	600	1,05
30	12,00	16	192,00	1.250	600	0,80
20	18,00	16	288,00	1.250	600	0,50

Bild A 25 Beispiel 1 für Datenblätter von Mineralwolle (hier Fa. Isover, 2 Teil)

Anwendungsbereich
Wärme-, Schall- und Brandschutz von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden. Fixrock 035 ist bezüglich der technischen Eigenschaften mit Fixrock 035 VS identisch, verfügt jedoch über keine Vlieskaschierung.

Anwendungsempfehlung
Fassadenbekleidungen mit Fugenbreiten ≤ 5 mm bzw. geschlossenen Fugen.

Wichtiger Hinweis
Für die Montage mit nur 1 Dübel pro Platte ist im Vorfeld eine Beratung durch den zuständigen Außendienst-Mitarbeiter oder die zentrale Anwendungstechnik (Tel: 02043/408-408) erforderlich.

Lieferprogramm
Fixrock 035

Dicke mm	m²/ Paket	m²/Groß-gebinde	R-Wert[1] m²K/W
60	6,250	125,0	1,70
80	3,750	90,0	2,25
100	3,750	75,0	2,85
120	3,125	62,5	3,40
140	2,500	50,0	4,00
160	1,875	45,0	4,55
180	1,875	37,5	5,10
200	1,875	37,5	5,70
220	1,250	30,0	6,25
240	1,250	30,0	6,85

Plattenformat L x B (mm): 1000 x 625

[1] Bemessungswert

Technische Daten

	Zeichen	Beschreibung/Messwert	Norm/Vorschrift
Anwendungsgebiet	WAB	Außendämmung der Wand hinter Bekleidung	DIN 4108-10
Brandverhalten (Euroklasse)		nichtbrennbar, A1	DIN EN 13501-1
Glimmverhalten		keine Neigung zu kontinuierlichem Schwelen	DIN EN 16733
Schmelzpunkt		> 1000 °C	DIN 4102-17
Nennwert der Wärmeleitfähigkeit	λ_D	0,034 W/(m·K)	DIN EN 13162
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	λ	0,035 W/(m·K)	DIN 4108-4:2017-03
Grenzabmaße für die Dicken	Ti	T3	DIN EN 823
Druckspannung bei 10 % Stauchung	CS(10) 0,5	$\sigma_{10} \geq 0{,}5$ kPa	DIN EN 826
Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	TR 1	$\sigma_{mt} \geq 1$ kPa	DIN EN 1607
Langzeitige Wasseraufnahme	WL(P)	WL(P)	DIN EN 12087
Längenbezogener Strömungswiderstand	AFr5	≥ 5 kPa · s/m²	DIN EN ISO 29053
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	MU 1	μ = 1	DIN EN 12086

Bezeichnungsschlüssel gem. DIN EN 13162: MW-EN 13162-T3-CS(10)0,5-TR1-WL(P)-AFr5-MU1
KEYMARK Güteüberwachung

Bild A 26 Beispiel 2 für Datenblätter von Mineralwolle (hier Fa. Rockwool)

Knauf Insulation
Trennwand-Dämmplatte TW

Technische Daten

Eigenschaften	Zeichen	Beschreibung / Daten							Einheit	Norm
Brandverhalten	—	A1							—	DIN EN 13501-1
Schmelzpunkt der Steinwolle	—	≥ 1000							(°C)	DIN 4102-17
Nennwert der Wärmeleitfähigkeit	λ_D	0,040							(W/mK)	DIN EN 13162
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	λ	0,040							(W/mK)	Z-23.15-1475
Dicke	d	40	50	60	80	100	120	140	(mm)	
Nennwert des Wärmedurchlasswiderstands	R_D	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	(m^2K/W)	DIN EN 13162
Bemessungswert des Wärmedurchlasswiderstands	R	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	(m^2K/W)	Z-23.15-1475
Wasserdampfdiffusions-widerstandszahl	μ	1							—	DIN 13162
Strömungswiderstand	Ξ	≥ 5							(kPa s/m^2)	DIN EN 29053
Spezifische Wärmekapazität	c_P	1030							J/(kgK)	DIN EN 12524

Bild A 27 Beispiel 3 für Datenblätter von Mineralwolle (hier Fa. Knauf)

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

10.3 Längenbezogener Strömungswiderstand

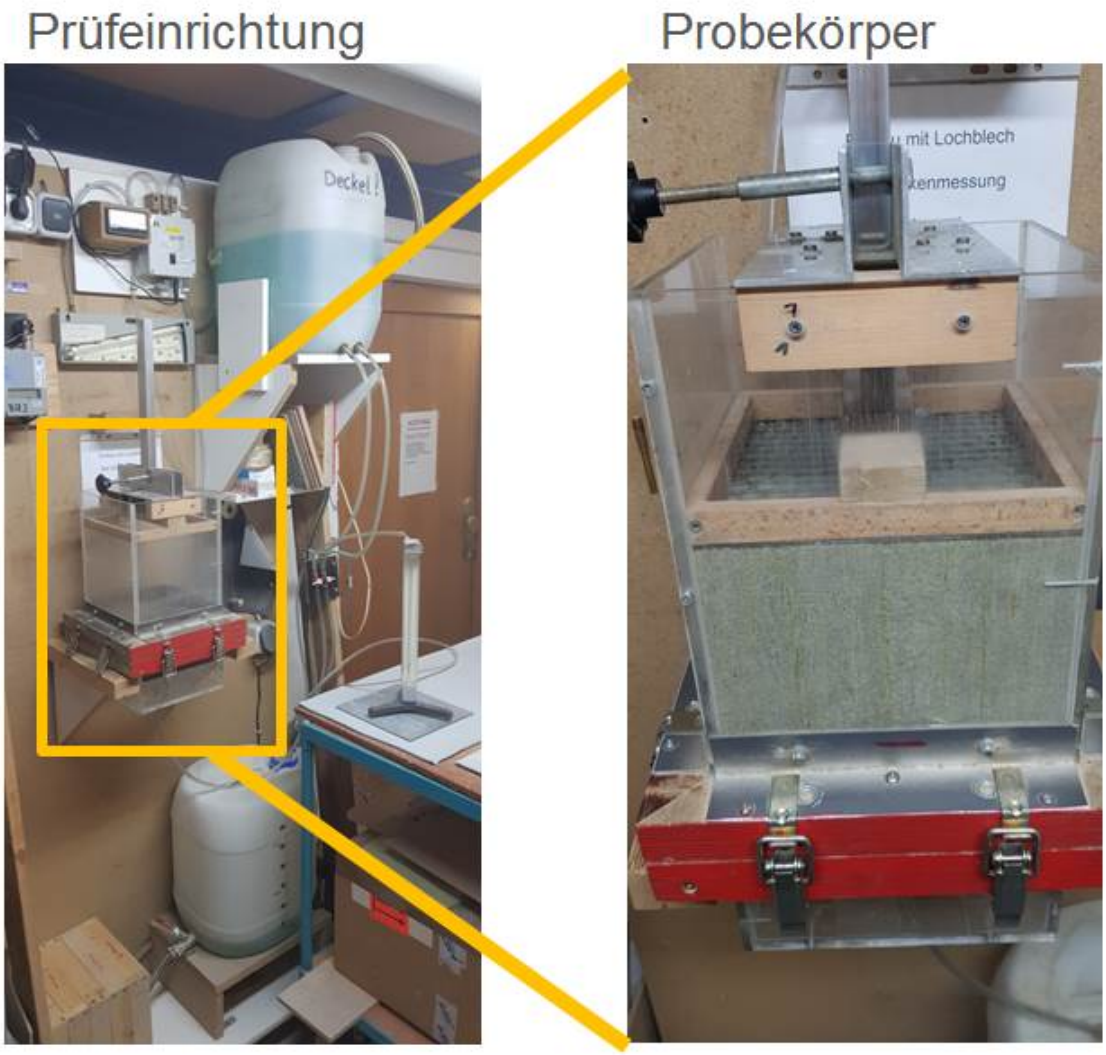


Bild A 28 Prüfeinrichtung zur Bestimmung des längenbezogenen Strömungswiderstandes r bzw. σ

Längenbezogener Strömungswiderstand

Prüfer:	roc	Temperatur:	21 °C
Prüfdatum:	20.09.2018	Luftfeuchte:	69 %
Prüfstand:	#25720 - LS-Prüfstand-Strömmungswiderstand	Luftdruck:	967 hPa
Projektnummer:	31-045730-PR01	Durchflussmenge:	72,08 l/h
	P 01 K04-09-de-01	Rotameter:	158

Auftraggeber:	ift Rosenheim gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschft mbH
Hersteller:	SAINT GOBAIN ISOVER G+H AG
Produkt:	Brandschutz-Platte aus Steinwolle
Produktbezeichnung:	PROTECT BSP 100
Produktionsdatum:	27.03.2018
Nenndicke in mm:	40
Format in mm x mm:	1200 x 625

Probe		A 1	A 2	A 3	B 1	B 2	B 3	C 1	C 2	C 3
l	in mm	202	202	203	204	203	203	202	203	202
b	in mm	203	202	203	202	202	202	203	203	202
d_{Mat} *	in mm	39	40	39	38	38	38	40	39	37
d_{Mat} *	in mm	39	39	40	38	39	38	40	39	39
d_{Mat} *	in mm	40	39	39	39	40	40	40	38	39
d_{Mat} *	in mm	40	39	39	39	40	40	41	40	38
d_{Mat} **	in mm	39,5	39,3	39,3	38,5	39,3	39,0	40,3	39,0	38,3
$d_{Ström}$	in mm	39	38	39	38	39	39	39	39	38
m	in kg	0,180	0,170	0,164	0,189	0,178	0,164	0,161	0,181	0,164
ρ	in kg/m³	111,4	106,2	101,4	118,9	111,0	102,2	97,2	112,7	105,1
ρ	in kg/m³	107,4								
Δp	in Pa	0,9	0,9	0,8	1,0	0,8	0,8	0,7	0,9	0,8
q_v	in l/h	72,08	72,08	72,08	72,08	72,08	72,08	72,08	72,08	72,08
u	in m/s	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050
R	in kPa·s/m³	45	45	40	50	40	40	35	45	40
R_s	in kPa·s/m	2	2	2	2	2	2	1	2	2
r	in kPa·s/m²	46	47	41	53	41	41	36	46	42
r	in kPa·s/m²	**44**								

Anmerkung	Einbau mit Lochblech
	Liegende Faser

Bild A 29 Messbeispiel für die Bestimmung des längenbezogenen Strömungswiderstandes r bzw. σ

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

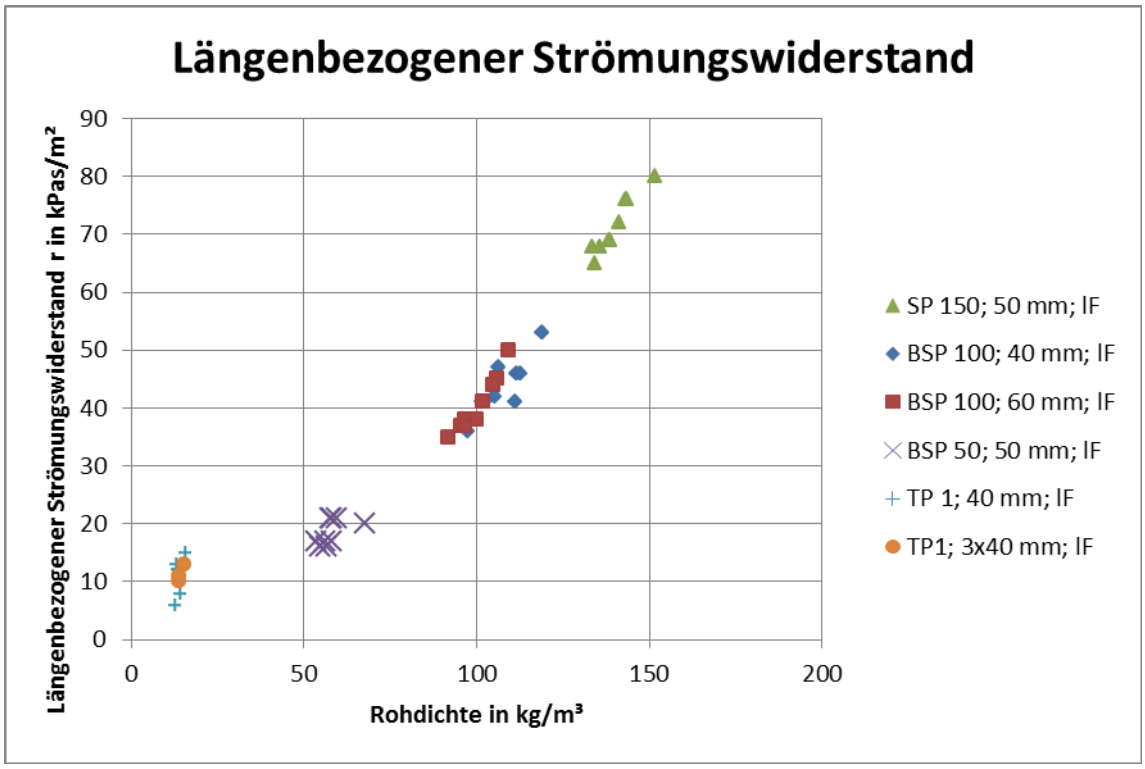


Bild A 30 Längenbezogener Strömungswiderstandes als Funktion der Rohdichte für die untersuchten Mineralwolleproben, liegende Faser

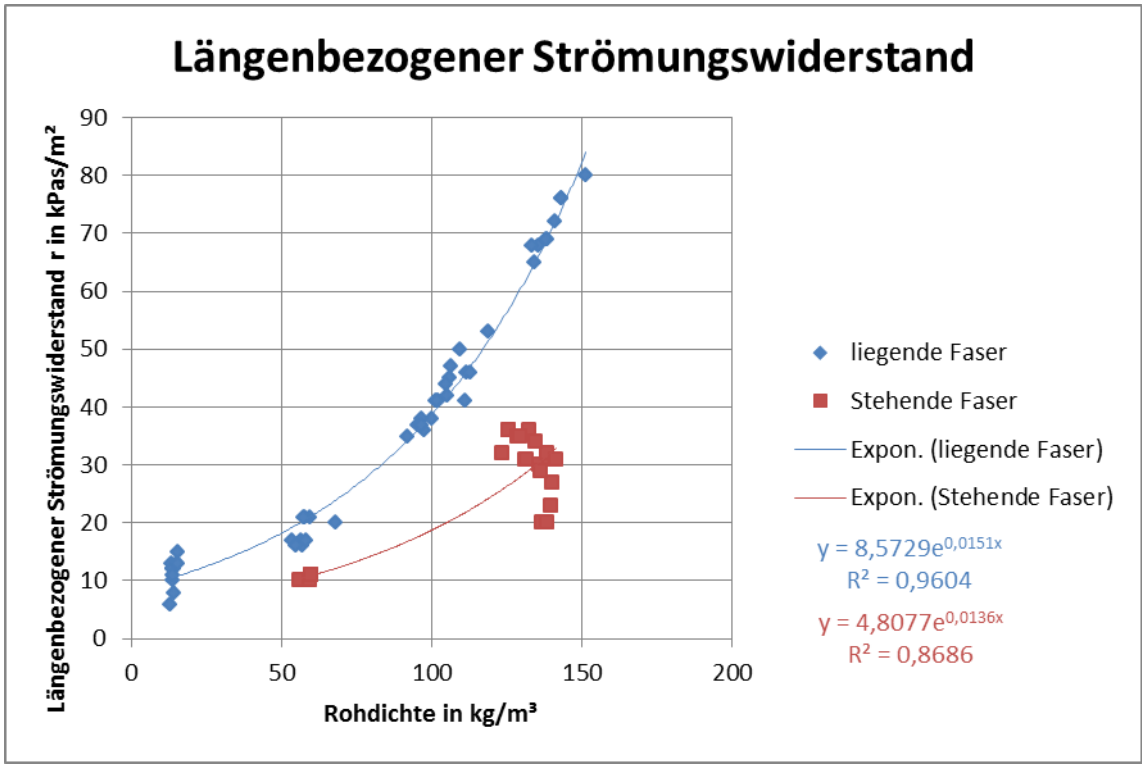


Bild A 31 Längenbezogener Strömungswiderstandes als Funktion der Rohdichte der untersuchten Mineralwolleproben, Vergleich liegende Faser zu stehender Faser

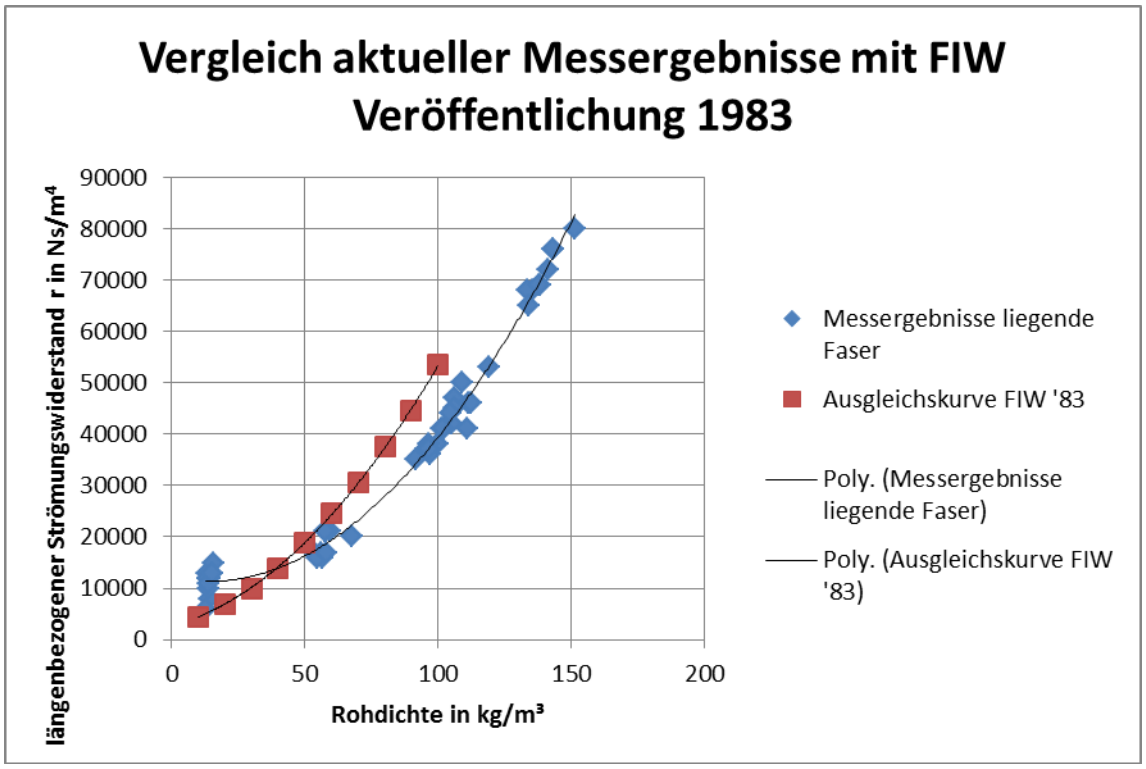


Bild A 32 Längenbezogener Strömungswiderstandes als Funktion der Rohdichte, aktuelle Messdaten im Vergleich zur Veröffentlichung von Zeitler [24]

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

10.4 Prüfelemente: bauseits im Fassadenrahmen erstellte Paneele

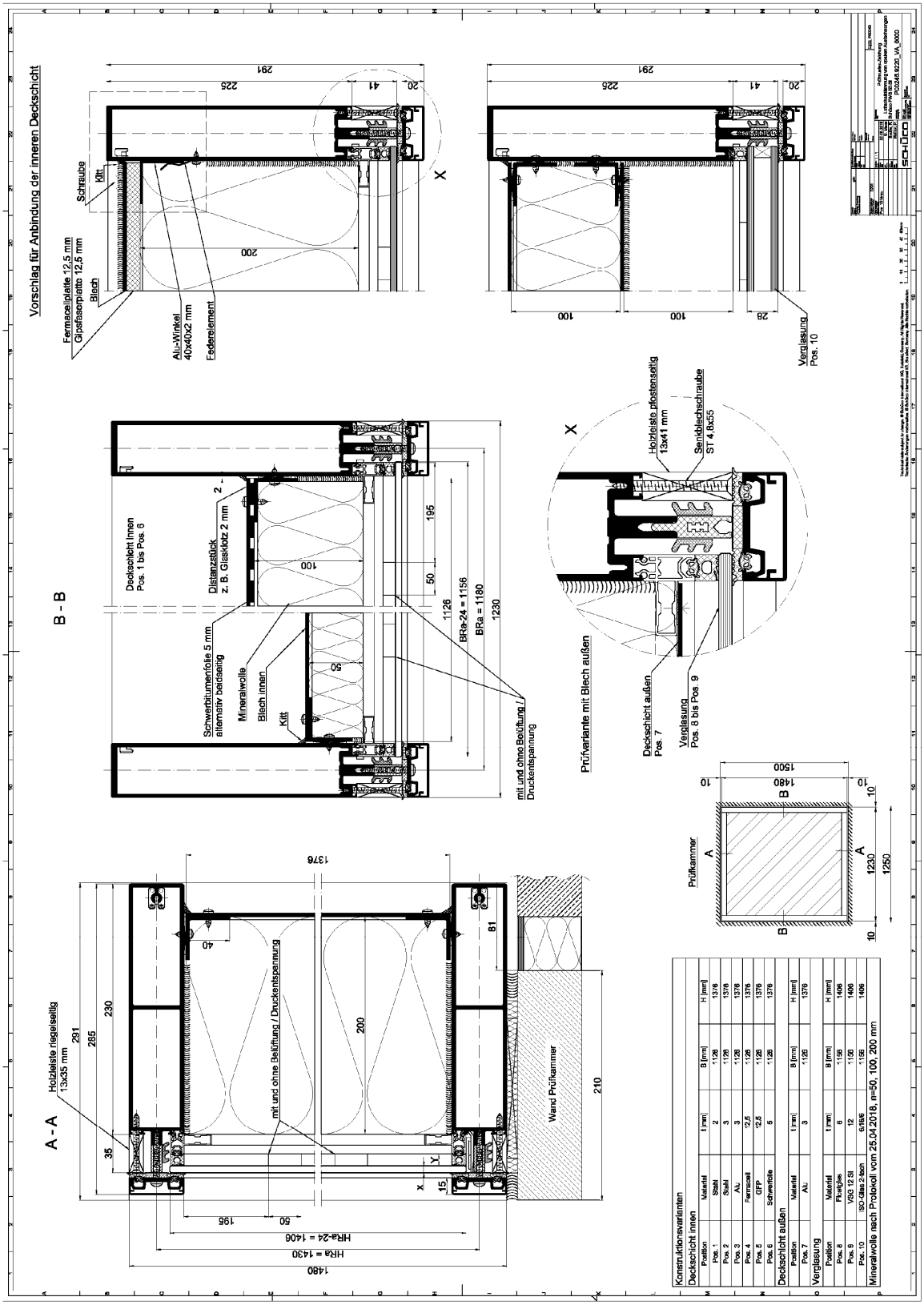


Bild A 33 Pfosten-Riegel-Prüfelement für die Messungen in KW 35/2018

Bild A 34 Ansicht des Pfosten-Riegel-Prüfelementes von der Senderaumseite

Bild A 35 Ansicht des Pfosten-Riegel-Prüfelementes von der Empfangsraumseite

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

Bild A 36 Rahmenkonstruktion zur Befestigung der Deckschichten, hier hergerichtet für 50 mm Mineralwollestärke

Bild A 37 Rahmenkonstruktion zur Befestigung der Deckschichten, hier hergerichtet für 200 mm Mineralwollestärke

Bild A 38 Einstellen der Rahmenkonstruktion zur Befestigung der Deckschichten, hier für 100 mm Mineralwollestärke

Bild A 39 Befestigung der Deckschichten umlaufend geschraubt in die Rahmenkonstruktion

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

Bild A 40 Messvorrichtung zur Bestimmung der Profilschalldämmung

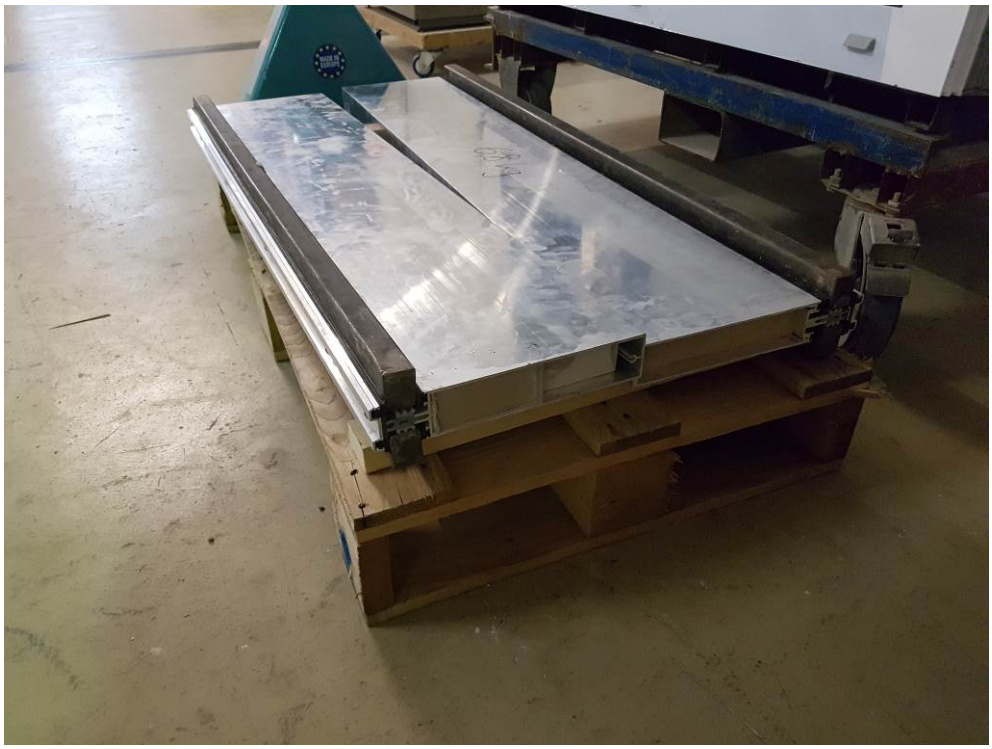


Bild A 41 Prüfelemente (Pfosten und Riegel) zur Bestimmung der Profilschalldämmung

Tabelle A 1 Liste der Deckschichten für die Versuche in KW 35/2018, zur Verfügung gestellt vom Projektpartner Heroal

Material	Dicke in mm	Breite in mm	Höhe in mm	WE 46514-	M/kg	Beschwerung
Deckschicht/Beplankung innen						
Stahlblech	2	1126	1376	23	24,5	ohne
Stahlblech	3	1126	1376	7	36,5	ohne
Alublech	3	1126	1376	14	12,7	ohne
Stahlblech	2 x 3	1126	1376	8,9	36,6, 36,6	ohne
Stahlblech	2	1126	1376	19	38,6	mit Gipskartonplatte (ca. 700 kg/m³) 12,5 mm vollflächig verklebt
Stahlblech	3	1126	1376	3	50,5	mit Gipskartonplatte (ca. 700 kg/m³) 12,5 mm vollflächig verklebt
Alublech	3	1126	1376	11	26,8	mit Gipskartonplatte (ca. 700 kg/m³) 12,5 mm vollflächig verklebt
Stahlblech	2	1126	1376	21	48,5	mit Gipsfaserplatte (ca. 1150 kg/m³) 12,5 mm vollflächig verklebt
Stahlblech	2	1126	1376	20	48,0	mit Gipsfaserplatte (ca. 1150 kg/m³) 12,5 mm punktuell verklebt
Stahlblech	3	1126	1376	4	60,5	mit Gipsfaserplatte (ca. 1150 kg/m³) 12,5 mm vollflächig verklebt
Stahlblech	3	1126	1376	5	60,3	mit Gipsfaserplatte (ca. 1150 kg/m³) 12,5 mm punktuell verklebt
Alublech	3	1126	1376	13	36,5	mit Gipsfaserplatte (ca. 1150 kg/m³) 12,5 mm vollflächig verklebt
Alublech	3	1126	1376	12	36,3	mit Gipsfaserplatte (ca. 1150 kg/m³) 12,5 mm punktuell verklebt
Stahlblech	2	1126	1376	18	39,7	mit Schwerbitumenfolie (ca. 1800 kg/m³) 5 mm vollflächig verklebt
Stahlblech	3	1126	1376	6	51,8	mit Schwerbitumenfolie (ca. 1800 kg/m³) 5 mm vollflächig verklebt

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

Tabelle A 1 Liste der Deckschichten für die Versuche in KW 35/2018, zur Verfügung gestellt vom Projektpartner Heroal

Material	Dicke in mm	Breite in mm	Höhe in mm	WE 46514-	M/kg	Beschwerung
Alublech	3	1126	1376	10	28,2	mit Schwerbitumenfolie (ca. 1800 kg/m³) 5 mm vollflächig verklebt
Deckschicht für Shadowbox						
Alublech	3	1126	1376	22	13,3	ohne
Deckschicht/Beplankung außen						
Alublech	3	1156	1406	15	13,3	ohne
Stahlblech	3	1156	1406	2	38,3	ohne
Alublech	3	1156	1406	17	27,8	mit Gipskartonplatte (ca. 700 kg/m³) 12,5 mm vollflächig verklebt
Alublech	3	1156	1406	1	38,2	mit Gipsfaserplatte (ca. 1150 kg/m³) 12,5 mm vollflächig verklebt
Alublech	3	1156	1406	16	29,4	mit Schwerbitumenfolie (ca. 1800 kg/m³) 5 mm vollflächig verklebt

(WE = Wareneingangsnummer in Labor)

Tabelle A 2 Liste der Deckschichten für die Versuche in KW 35/2018, zur Verfügung gestellt vom Projektpartner Raico

Material	**Dicke in mm**	**Breite in mm**	**Höhe in mm**	**WE-Nr.**	**M in kg**
Deckschicht/Beplankung außen				PK	M / kg
Float	6	1156	1406	46543/1	23,7
VSG 12	2x 6 mit SI Folie	1156	1406	46543/2	48,7
MIG	6/16/6 aus Float	1156	1406	46543/3	48

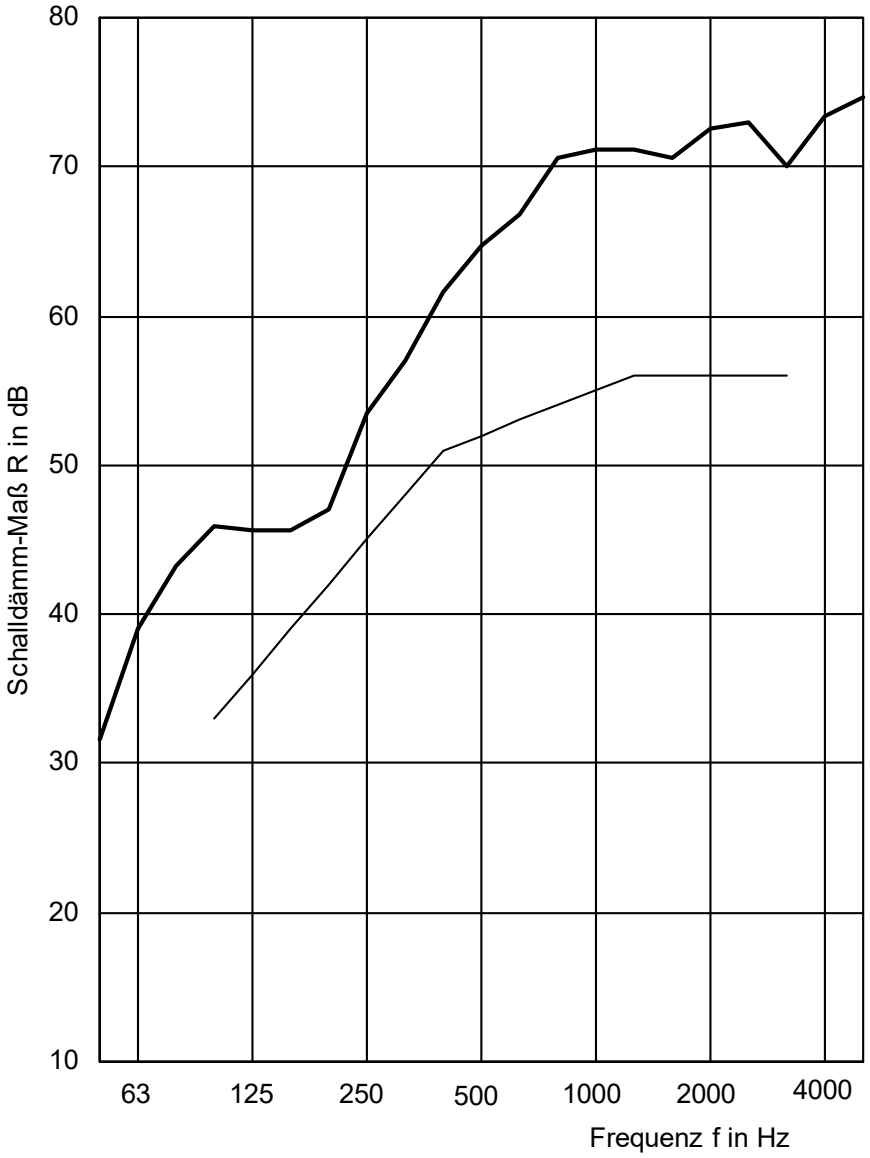
Tabelle A 3 Liste der Dämmstoffe für die Versuche in KW 35/2018, zur Verfügung gestellt vom Projektpartner Hydro

Mineralwolle	Rohdichte 50 kg/m³	Dicke 50, 100 und 200 mm	ohne Kaschierung
Mineralwolle	Rohdichte 100 kg/m³	Dicke 50, 100 und 200 mm	ohne Kaschierung
Mineralwolle	Rohdichte 150 kg/m³	Dicke 50, 100 und 200 mm	ohne Kaschierung

Menge ausreichend für je 4 komplette Füllungen

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

10.5 Prüfergebnisse, bauseits im Fassadenrahmen erstellte Paneele



Maximalschalldämmung des Prüfstandes, R_w (C;C_{tr}) = 65 (-3;-8) dB, bezogen auf die Prüffläche 1,88 m²

Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

Bild A 42 Messung der Maximalschalldämmung des Prüfstandes „Z-Wand“ des ift Rosenheim, Labor Bauakustik

Tabelle A 4 Ergebnis der Schallmessungen an bauseits erstellten, glatten Paneelelementen im Fassadenrahmen

Mess-Nr.	Aufbau Paneel				Gesamtdicke Paneel	m' (mit Rahmen)	m' (ohne Rahmen)	R_w (C;C_{tr})
	Deckschicht außen	Luftspalt	Dämmung	Deckschicht innen				
	mm	mm	mm, Typ	mm	mm	kg/m²	kg/m²	dB
Z1	3 Alu	-	-	-	3	28,3	8,5	30 (0;-3)
Z81	3 Stahl	-	-	-	3	42,1	24,6	39 (-1;-4)
Z2	3 Alu	32	50, SP 150	-	85	31,7	13,1	38 (-2;-7)
Z6				3 Alu	88	38,7	21,3	46 (-3;-9)
Z5				2 Stahl	87	45,2	28,9	49 (-2;-6)
Z4				3 Stahl	88	51,8	36,6	50 (-1;-6)
Z7				5 SF, 3 Alu	93	47,2	31,2	50 (-2;-7)
Z8				5 SF, 2 Stahl	92	53,5	38,6	51 (-1;-5)
Z9				5 SF, 3 Stahl	93	60,2	46,4	51 (-1;-4)
Z10				12 GK, 3 Alu	100	46,5	30,3	49 (-3;-9)
Z12				12 GK, 2 Stahl	99	52,9	37,9	50 (-1;-6)
Z11				12 GK, 3 Stahl	100	59,5	45,5	51 (-2;-6)
Z13				12 GF, 3 Alu	100	51,8	36,6	50 (-2;-8)
Z14				12 GF, 3 Stahl punktuell	100	64,9	51,8	51 (-1;-5)
Z15								54 (-2;-8)[1]
Z25	3 Stahl			3 Alu	88	52,4	37,3	51 (-2;-8)
Z26				2 Stahl	87	58,9	44,9	53 (-1;-4)
Z27				3 Stahl	88	65,5	52,6	52 (-1;-4)
Z24				12 GF, 3 Alu	100	65,5	52,6	52 (-1;-5)
Z23				12 GF, 2 Stahl	99	72,1	60,3	53 (-1;-3)
Z17				12 GF, 3 Stahl punktuell	100	78,6	67,8	52 (-1;-3)
Z16								56 (-1;-4)[1]
Z18				12 GF, 3 Stahl	100	78,7	68,0	52 (-1;-3)
Z19								50 (-1;-2)[2]
Z20								51 (0;-2)[2,3]
Z21								55 (-2;-4)[3]
Z30	6 Float	30		3 Alu	89	44,4	28,0	48 (-1;-5)
Z28				3 Stahl	89	57,5	43,2	50 (-1;-4)
Z31				12 GF, 3 Alu	101	57,5	43,2	49 (0;-2)
Z32				12 GF, 3 Stahl	101	70,7	58,6	49 (0;-1)
Z35		kein	80, SP 150 (Stehend)	3 Alu	89	46,5	30,7	46 (-2;-6)
Z36				3 Stahl	89	59,5	46,0	49 (-1;-4)
Z33				12 GF, 3 Stahl	101	72,7	61,4	49 (-2;-4)
Z34								50 (-1;-4)[3]
Z38	3 Alu	2		3 Alu	88	40,7	24,1	45 (-2;-7)
Z37				3 Stahl	88	53,8	39,3	50 (-2;-7)
Z39	3 Stahl			3 Alu	88	54,5	40,1	50 (-2;-7)
Z40				3 Stahl	88	67,6	55,4	53 (-2;-6)

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

Tabelle A 4 Ergebnis der Schallmessungen an bauseits erstellten, glatten Paneelelementen im Fassadenrahmen

Mess-Nr.	Aufbau Paneel				Gesamtdicke Paneel	m‘ (mit Rahmen)	m‘ (ohne Rahmen)	R_w (C;C_{tr})
	Deckschicht außen	Luftspalt	Dämmung	Deckschicht innen				
	mm	mm	mm, Typ	mm	mm	kg/m²	kg/m²	dB
Z43	3 Alu	32	50, BSP 50	3 Alu	88	36,7	18,5	47 (-3;-9)
Z44				3 Stahl	88	49,8	33,8	50 (-1;-6)
Z42	3 Stahl			3 Alu	88	50,4	34,6	51 (-2;-8)
Z41				3 Stahl	88	63,5	49,8	53 (-1;-5)
Z45	6 Float	30		3 Stahl	89	55,5	40,5	50 (-1;-3)
Z48		17 + 3 Alu + 10		3 Alu	89	49,4	33,3	47 (-1;-5)
Z47				3 Stahl	89	62,5	48,6	49 (0;-2)
Z49	3 Alu	-	80, BSP 100	3 Alu	86	39,2	22,0	49 (-3;-10)
Z50				3 Stahl	86	52,3	37,3	53 (-2;-5)
Z51		40	40, BSP 100	3 Stahl	86	50,4	34,6	50 (-2;-6)
Z55		32	100, BSP 50	3 Alu	138	38,1	20,4	49 (-2;-7)
Z52				3 Stahl	138	51,1	35,7	51 (-1;-4)
Z53								51 (-1;-4)[3]
Z56	3 Stahl			3 Alu	138	51,8	36,4	52 (-1;-4)
Z57				3 Stahl	138	64,9	51,7	53 (-1;-4)
Z58				12 GF, 3 Stahl	150	78,0	67,1	54 (-1;-2)
Z59	6 Float	30			151	70,0	57,7	51 (-1;-2)
Z60			100, BSP 100		151	72,2	60,7	51 (-1;-2)
Z61			100, SP 150		151	74,1	63,2	51 (-1:-2)
Z62				3 Stahl	139	60,9	47,8	51 (-1;-3)
Z63	3 Stahl	32		3 Stahl	138	68,9	57,2	53 (-1;-3)
Z65	3 Alu			3 Alu	138	42,1	25,9	49 (-1;-6)
Z64				3 Stahl	138	55,2	41,2	51 (-1;-4)
Z66		kein	130, BSP 100	3 Alu	136	41,7	25,3	51 (-1;-6)
Z67				3 Stahl	136	54,8	40,6	53 (-1;-4)
Z69		32	200, BSP 50	3 Stahl	238	53,9	39,4	56 (-1;-5)
Z70							39,4	55 (-1;-5)[3]
Z71	3 Stahl			3 Stahl	238	67,6	55,4	58 (-2;-6)
Z72				12 GF, 3 Stahl	250	80,8	70,8	58 (-1;-4)
Z73				12 GF, 3 Stahl	250	80,8	70,8	56 (0;-3)[2]
Z74	3 Alu			12 GF, 3 Stahl	250	67,0	54,8	56 (-1;-3)
Z75				3 Alu	238	40,8	24,1	53 (-1;-5)
Z76			200, BSP 100	3 Alu	238	45,1	30,0	54 (-2;-6)
Z77		kein	230, BSP 100	3 Alu	236	46,6	32,0	54 (-2;-8)
Z78				3 Stahl	236	59,7	47,3	58 (-2;-7)
Z79	3 Stahl				236	73,4	63,3	59 (-2;-5)
Z80							63,3	60 (-2;-6)[3]
Z82			240, Akustik TP1		246	50,3	50,3	57 (-1;-5)

Tabelle A 4 Ergebnis der Schallmessungen an bauseits erstellten, glatten Paneelelementen im Fassadenrahmen

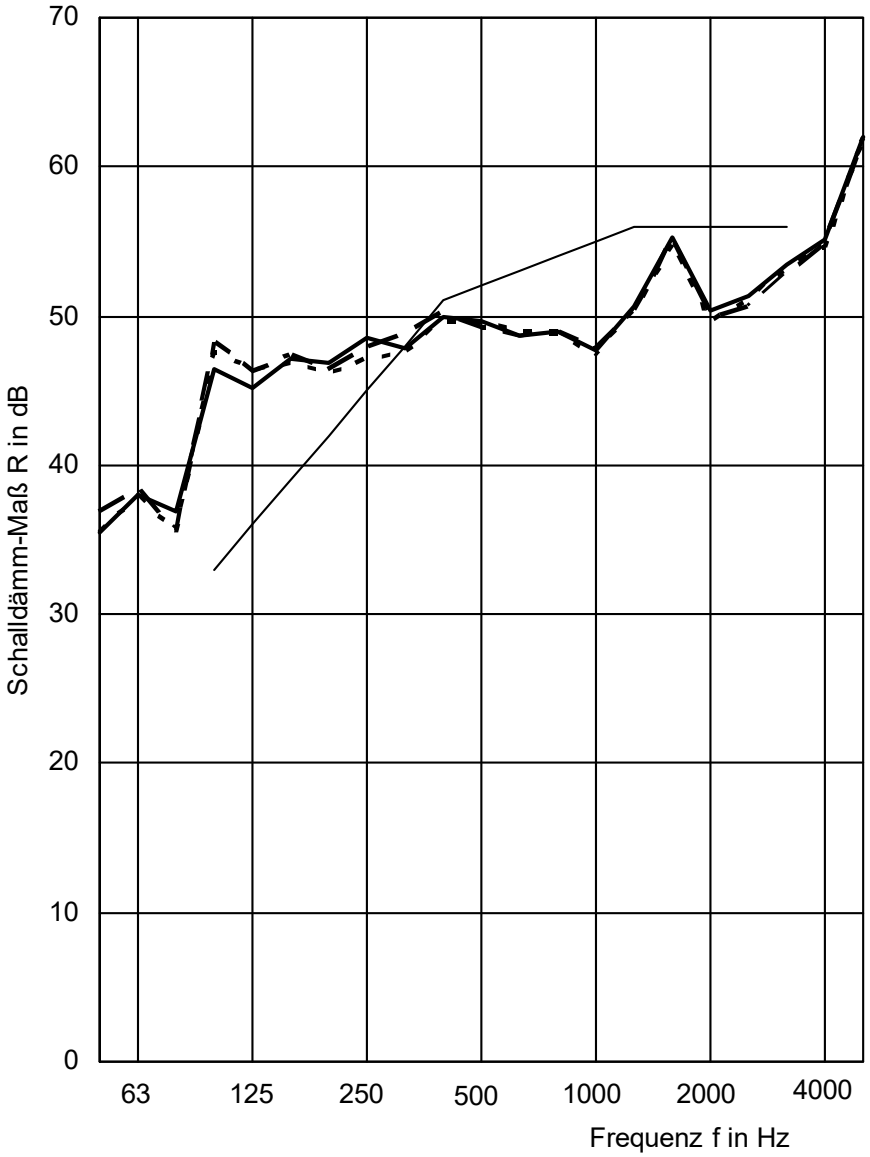
Mess-Nr.	Aufbau Paneel				Gesamtdicke Paneel	m' (mit Rahmen)	m' (ohne Rahmen)	R_w (C;C_{tr})
	Deckschicht außen	Luftspalt	Dämmung	Deckschicht innen				
	mm	mm	mm, Typ	mm	mm	kg/m²	kg/m²	dB
Z86	6/16/6 MIG	104 + 3 Alu	100, BSP 50	3 Alu	238	64,1	50,8	54 (-2;-5)
Z87				3 Stahl	238	77,2	66,1	55 (-1;-3)
Z89		107		3 Alu	238	57,1	42,6	54 (-2;-5)
Z88				3 Stahl	238	70,2	57,9	56 (-2;-4)
Z90		7	200, BSP 50	3 Alu	238	59,8	46,4	54 (-1;-4)
Z91				3 Stahl	238	72,9	61,6	56 (-1;-4)
Z92		4 + 3 Alu			238	79,9	69,8	56 (-1;-4)
Z93								55 (-1;-3)[2]
Z94	Maximaldämmung des Prüfstandes							65 (-3;-8)

1 = Profilflanken des Fassadenelementes mit Schwerfolie beklebt zur Bedämpfung

2 = Abdeckleisten der Fassade montiert

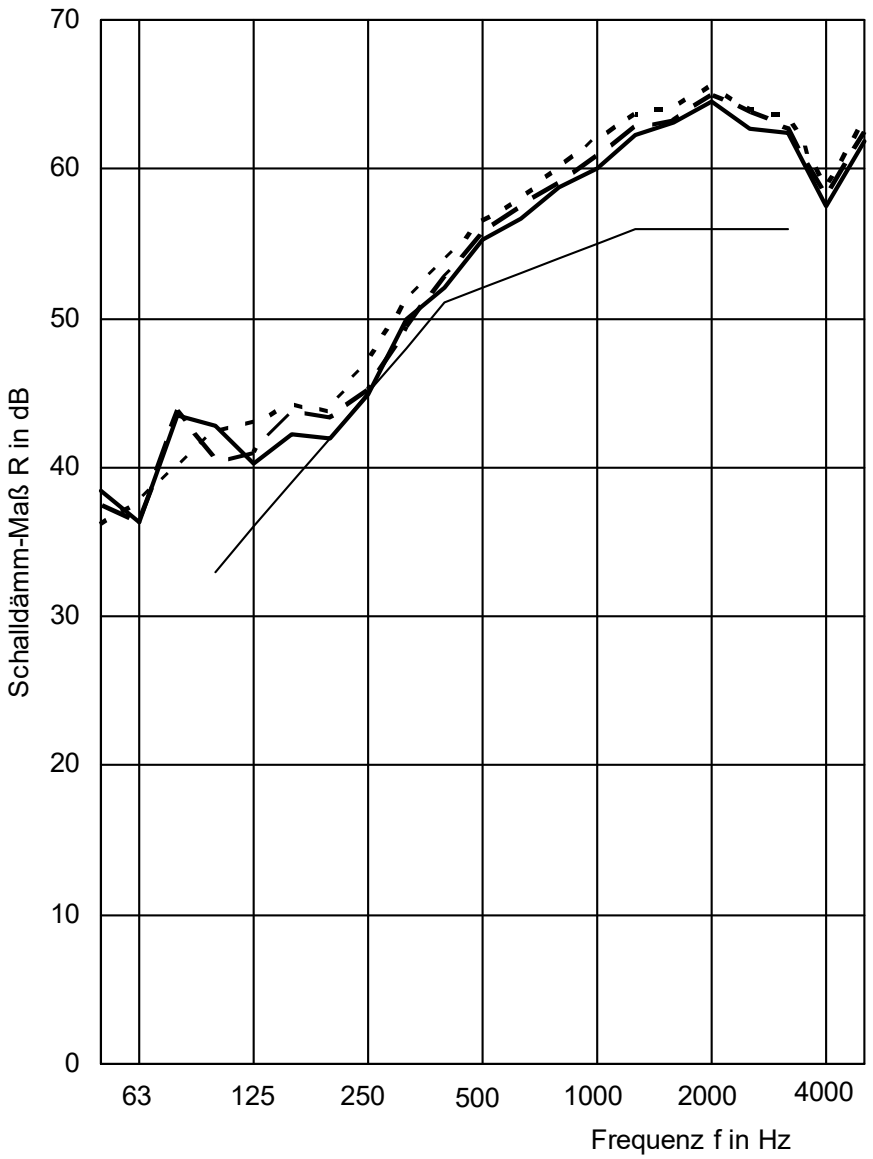
3 = Innere Deckschicht zur Fassade hin abgedichtet

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



Messung Z 59, mit BSP 50 R_w (C;C_{tr}) = 51 (-1;-2) dB
Messung Z 60, mit BSP 100 R_w (C;C_{tr}) = 51 (-1;-2) dB
Messung Z 61, mit SP 150 R_w (C;C_{tr}) = 51 (-1;-2) dB
Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

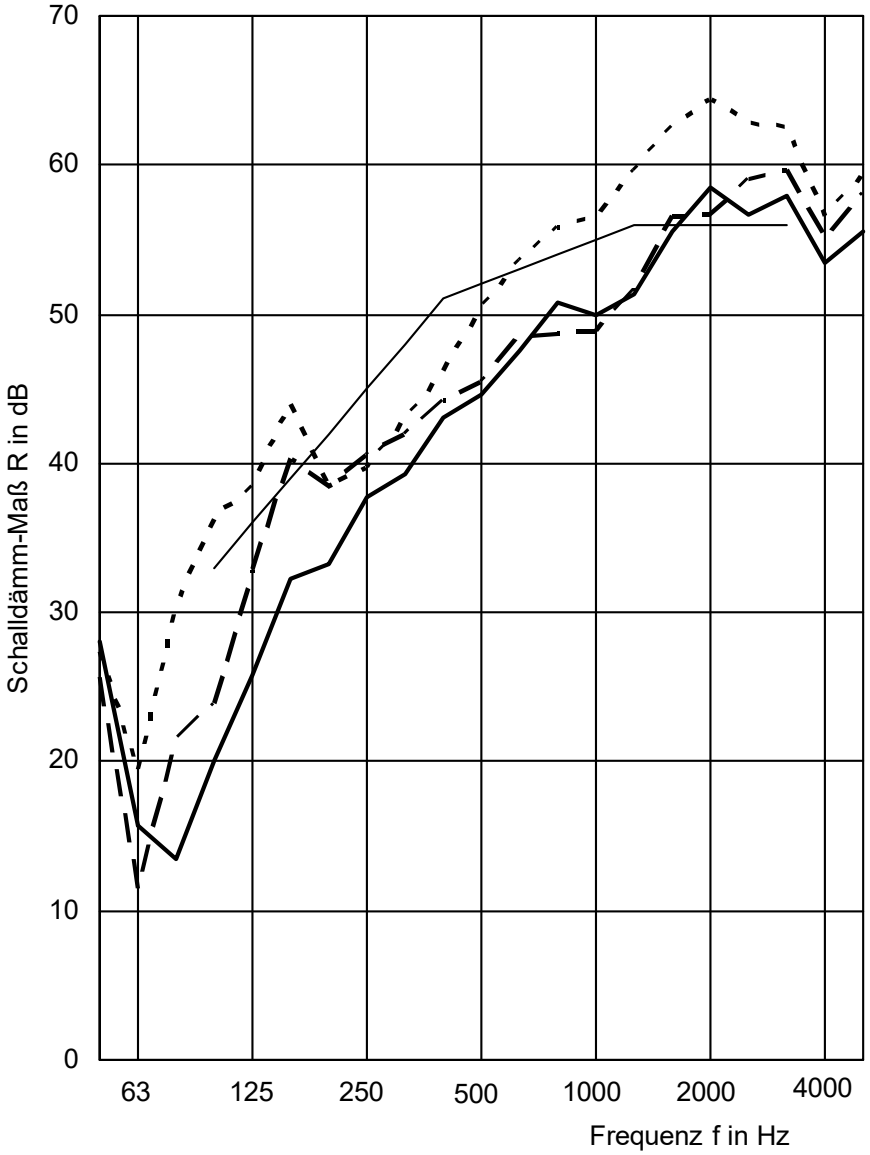
Bild A 43 Messung mit drei Mineralwollequalitäten, Paneelaufbau 6 Float - 30 mm Luft - 100 mm Mineralwolle in 3 Qualitäten 50/100/150 kg/m³ - 12 mm Gipsfaserplatte - 3 mm Stahlblech, geprüft im Fassadenrahmen



Messung Z 82, mit TP1 R_w (C;C_{tr}) = 57 (-1;-5) dB
Messung Z 71, mit BSP 50 R_w (C;C_{tr}) = 58 (-2;-6) dB
Messung Z 79, mit BSP 100 R_w (C;C_{tr}) = 59 (-2;-5) dB
Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

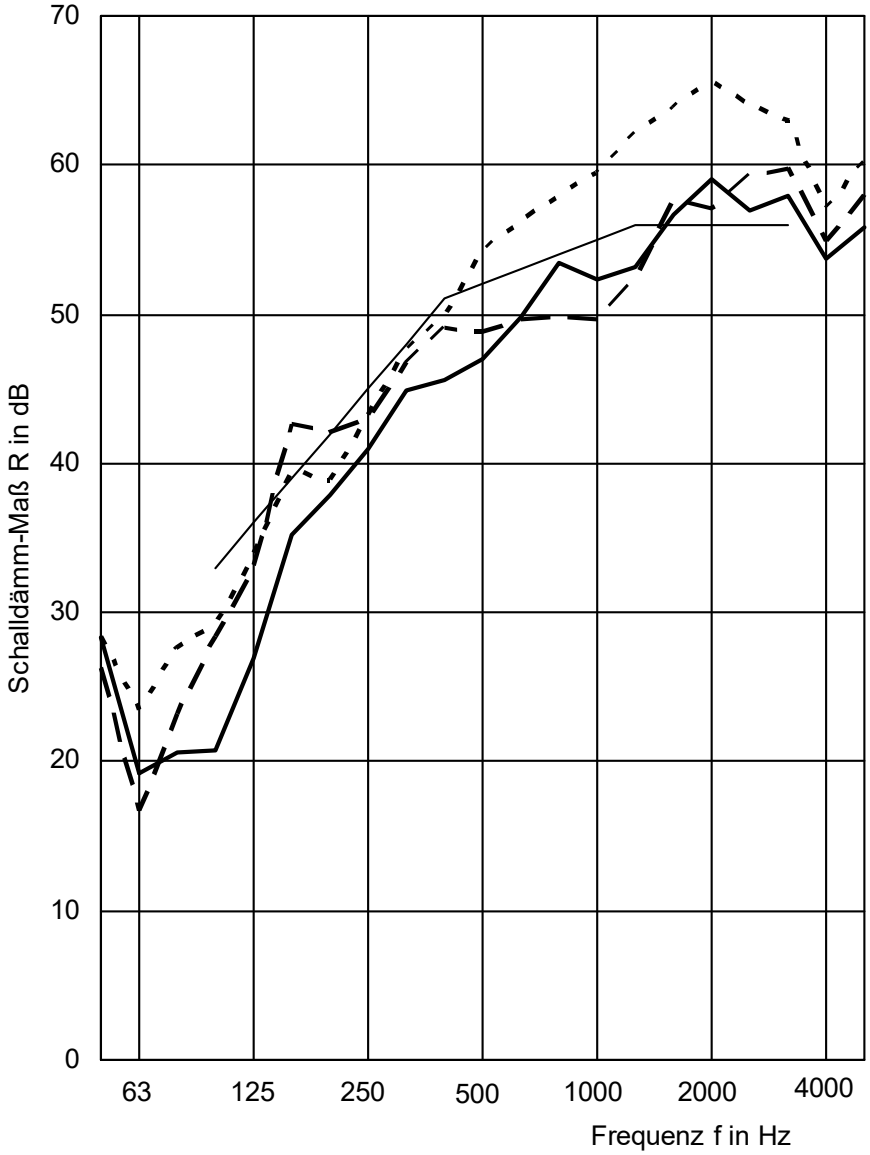
Bild A 44 Messung mit drei Mineralwollequalitäten, Paneelaufbau 3 Stahlblech - 230 mm Abstand mit Mineralwolle in 3 Qualitäten 15/50/100 kg/m³ - 3 mm Stahlblech, geprüft im Fassadenrahmen

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



Messung Z 43, 50 mm R_w (C;C_{tr}) = 47 (-3;-9) dB
Messung Z 55, 100 mm R_w (C;C_{tr}) = 49 (-2;-7) dB
Messung Z 75, 200 mm R_w (C;C_{tr}) = 53 (-1;-5) dB
Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

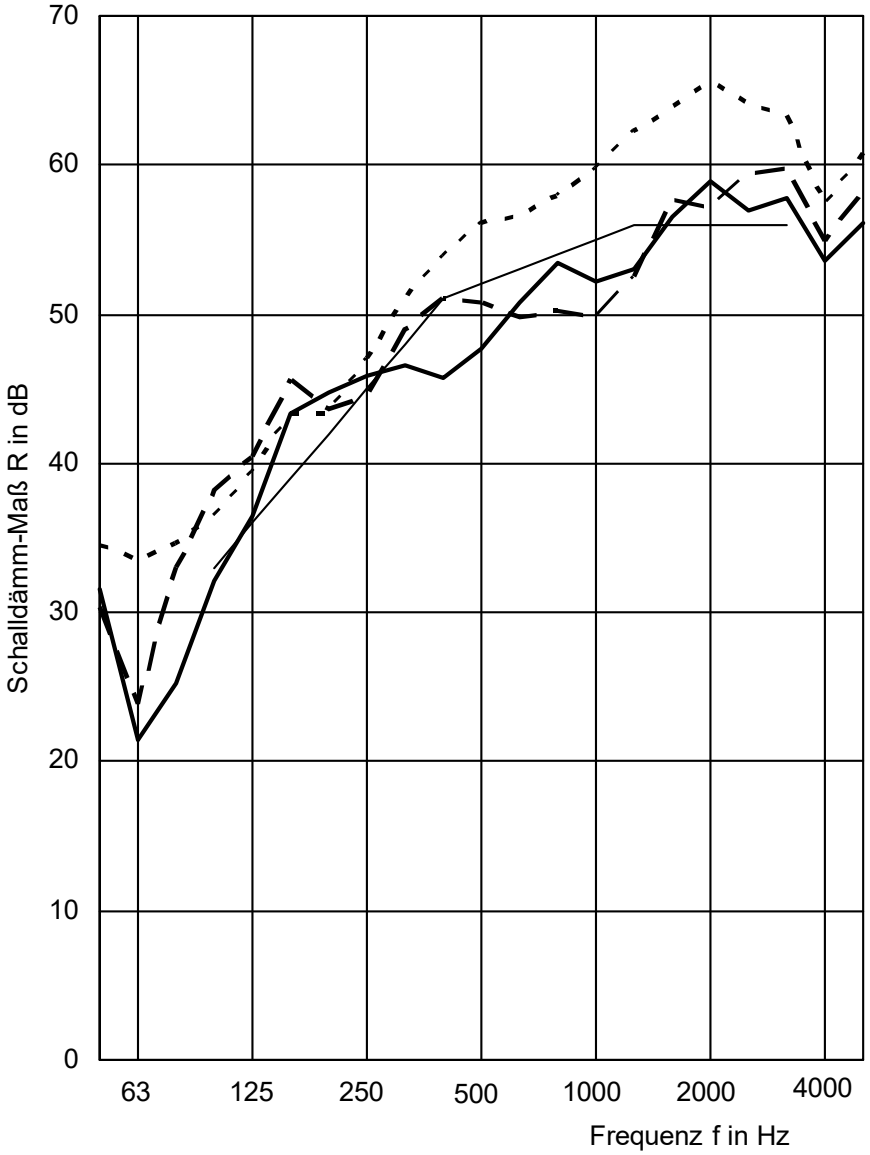
Bild A 45 Messung mit einer Mineralwollequalität in drei Bautiefen, 3 Alublech – 32 mm Luftspalt, 50/100/200mm Mineralwolle BSP 50 - 3 mm Alublech, geprüft im Fassadenrahmen



Messung Z 49, 80 mm R_w (C;C_{tr}) = 49 (-3;-10) dB
Messung Z 66, 130 mm R_w (C;C_{tr}) = 51 (-1;-6) dB
Messung Z 77, 230 mm R_w (C;C_{tr}) = 54 (-2;-8) dB
Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

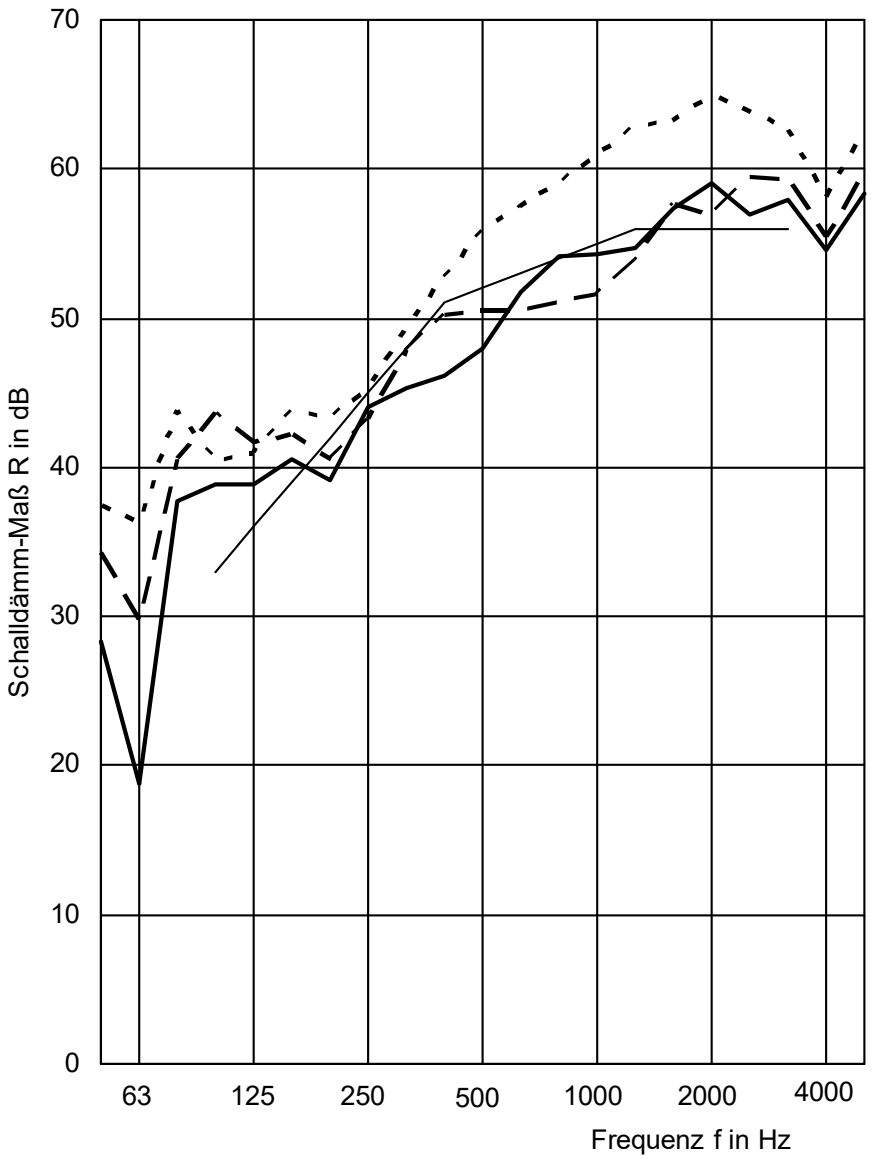
Bild A 46 Messung mit einer Mineralwollequalität in drei Bautiefen, 3 Alublech – 80/130/230mm Mineralwolle BSP 100 - 3 mm Alublech, geprüft im Fassadenrahmen, Hohlraum vollständig gefüllt

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



Messung Z 50, 80 mm R_w (C;C_{tr}) = 53 (-2;-5) dB
Messung Z 67, 130 mm R_w (C;C_{tr}) = 53 (-1;-4) dB
Messung Z 78, 230 mm R_w (C;C_{tr}) = 58 (-2;-7) dB
Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

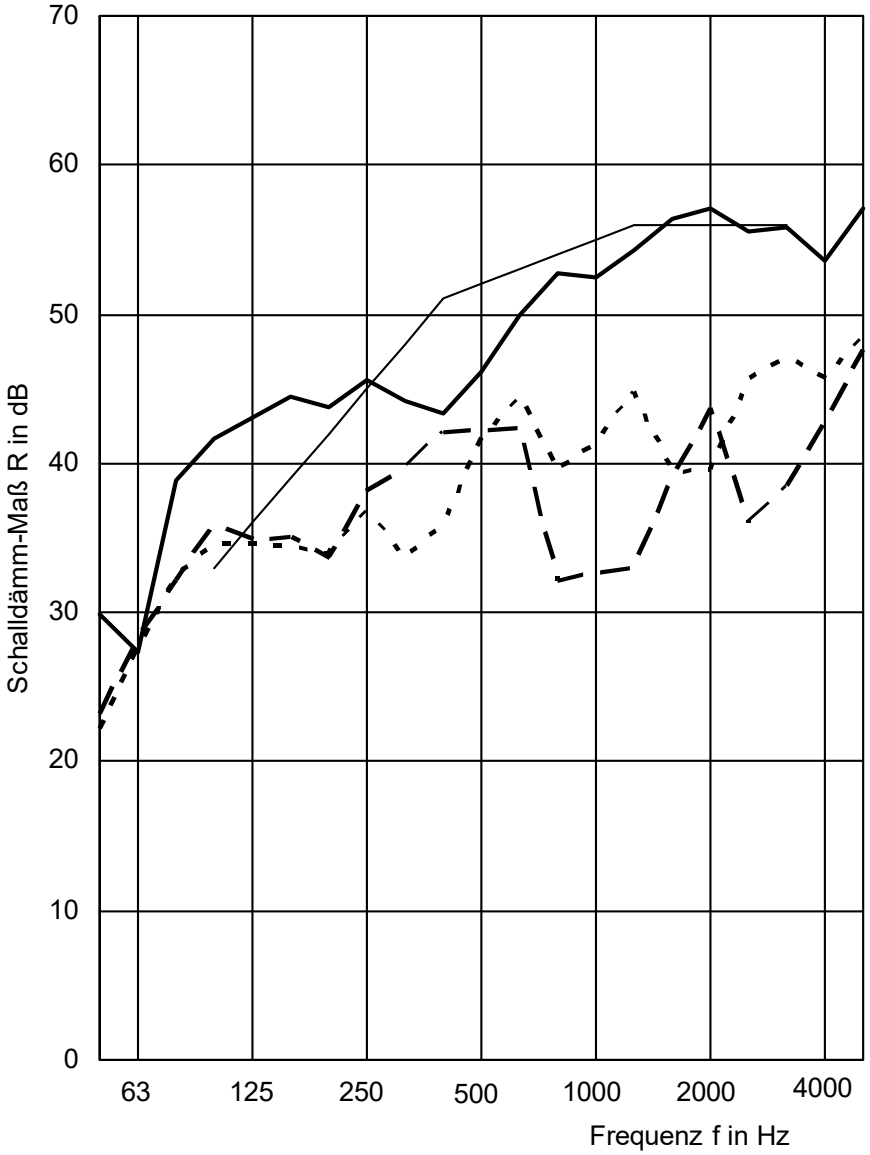
Bild A 47 Messung mit einer Mineralwollequalität in drei Bautiefen, 3 Alublech – 80/130/230mm Mineralwolle BSP 100 - 3 mm Stahlblech, geprüft im Fassadenrahmen, Hohlraum vollständig gefüllt



Messung Z 41, 50 mm R_w (C;C_{tr}) = 53 (-1;-5) dB
Messung Z 57, 100 mm R_w (C;C_{tr}) = 53 (-1;-4) dB
Messung Z 71, 200 mm R_w (C;C_{tr}) = 58 (-2;-6) dB
Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

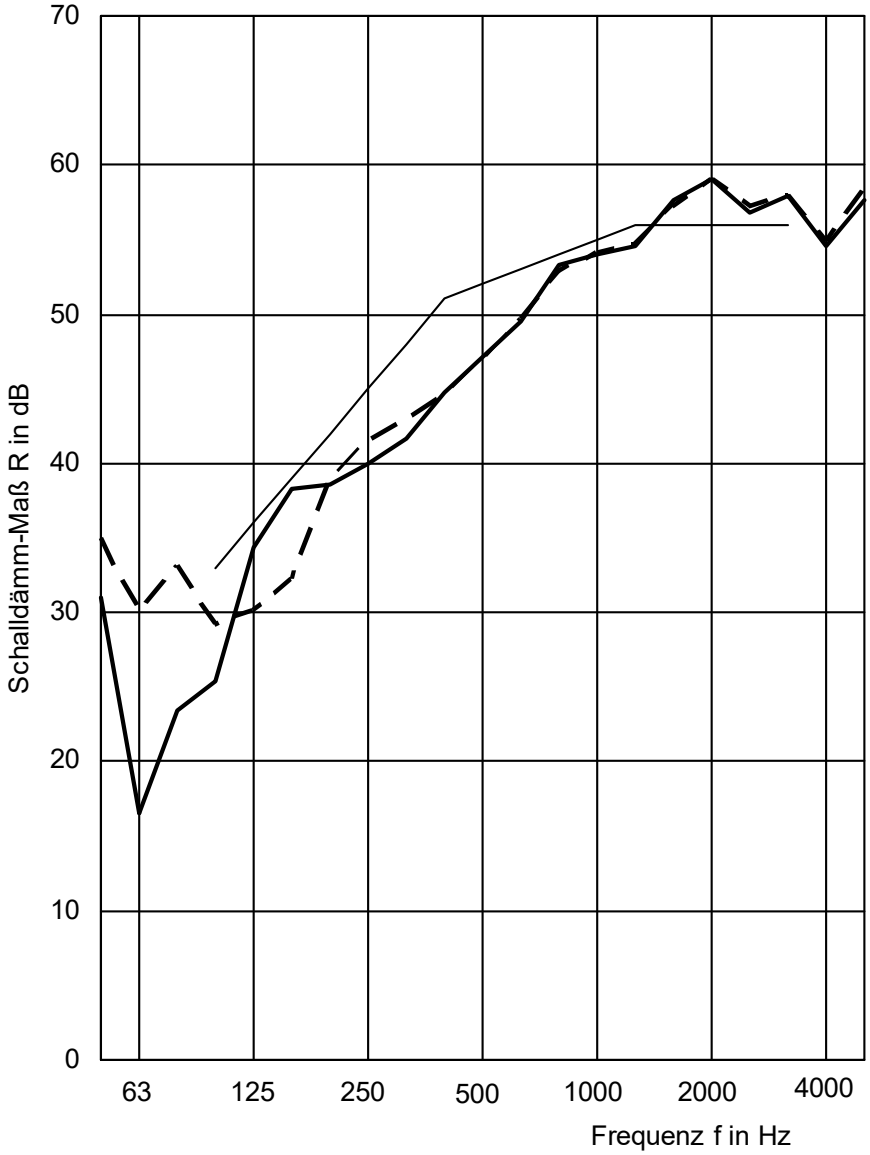
Bild A 48 Messung mit einer Mineralwollequalität in drei Bautiefen, 3 Stahlblech – 32 mm Luftspalt, 50/100/200mm Mineralwolle BSP 50 - 3 mm Stahlblech, geprüft im Fassadenrahmen

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



Messung Z 18, Element R_w (C;C_{tr}) = 52 (-1;-3) dB
Messung Z 83, Riegelprofil R_w (C;C_{tr}) = 37 (-1;-2) dB
Messung Z 85, Pfostenprofil R_w (C;C_{tr}) = 41 (0;-2) dB
Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

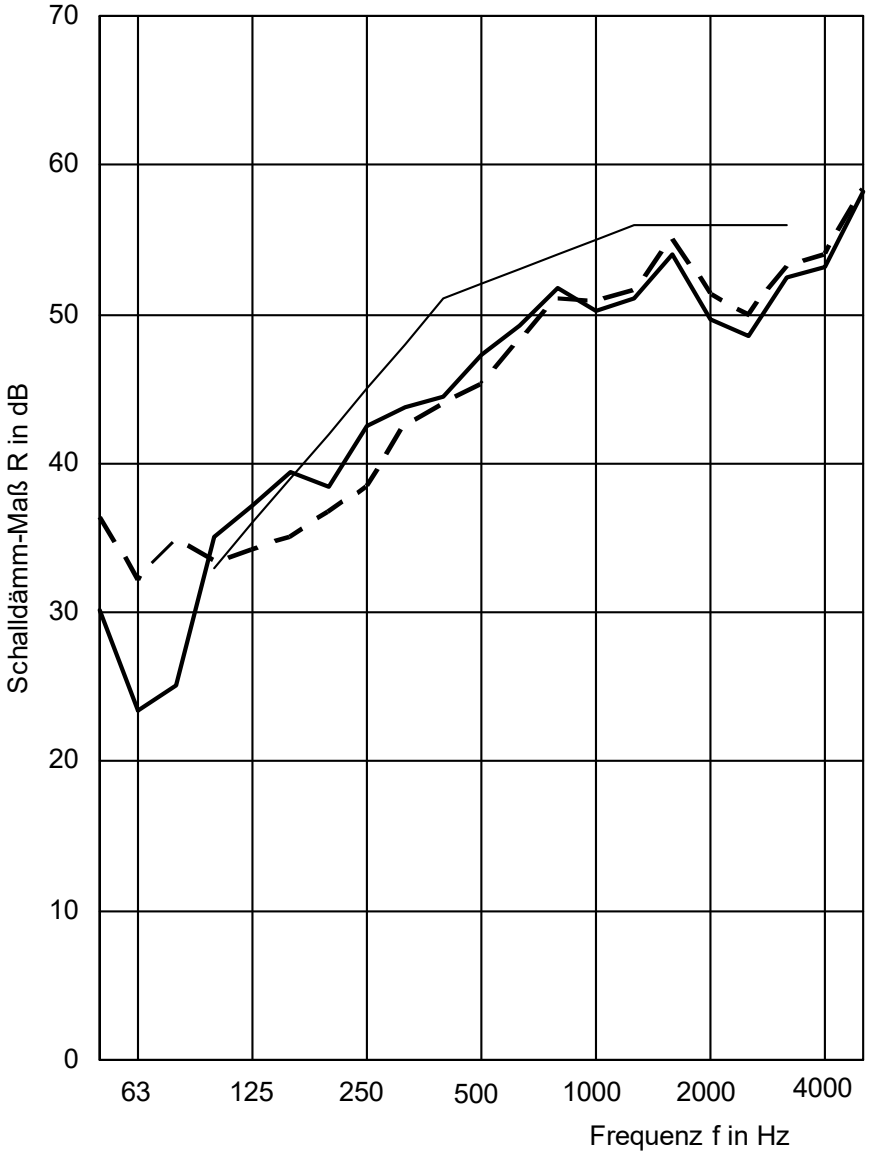
Bild A 49 Messung eines Elementes mit Paneels, verglichen mit der Profilschalldämmung des Riegelprofils und des Pfostenprofils (jeweils mit S = 0,06 m²).



Messung Z 25, liegend R_w (C;C_{tr}) = 51 (-2;-8) dB
Messung Z 39, stehend R_w (C;C_{tr}) = 50 (-2;-7) dB
Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

Bild A 50 Messung mit einer Mineralwollequalität (SP 150), Vergleich stehende und liegende Faser, Deckschicht 3 mm Stahl und 3 mm Alu, lose eingelegt, geprüft im Fassadenrahmen

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



Messung Z 28, liegend R_w (C;C_{tr}) = 50 (-1;-4) dB
Messung Z 36, stehend R_w (C;C_{tr}) = 49 (-1;-4) dB
Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

Bild A 51 Messung mit einer Mineralwollequalität (SP 150), Vergleich stehende und liegende Faser, Deckschicht 6 Float und 3 mm Stahl, lose eingelegt, geprüft im Fassadenrahmen

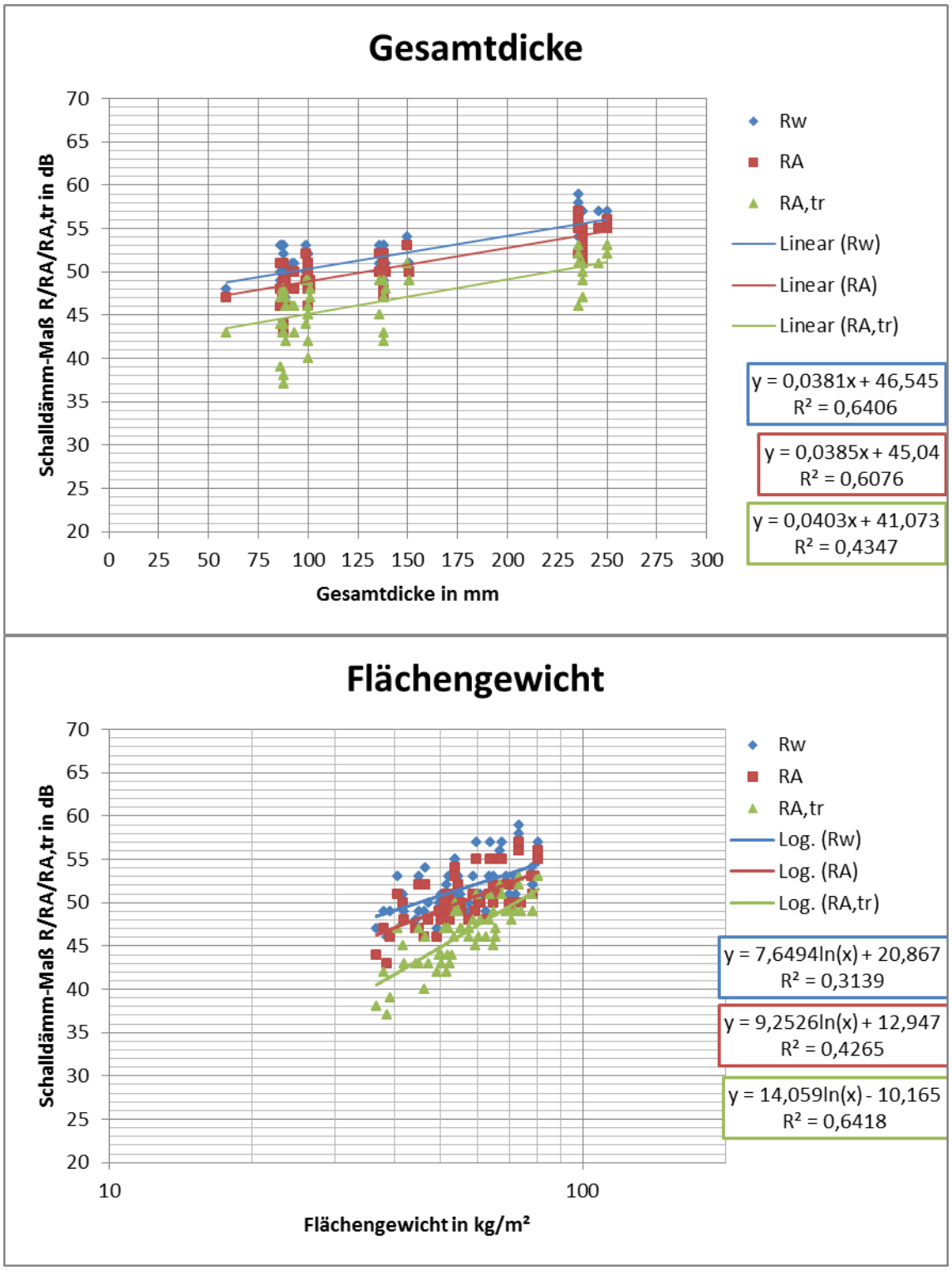


Bild A 52 Statistische Analyse der in KW 35/2018 geprüften Paneele mit Mineralwollefüllung, liegende Faser, im Fassadenrahmen im Normformat (n = 60, bezogen auf das Gesamtgewicht **mit** Rahmen)

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

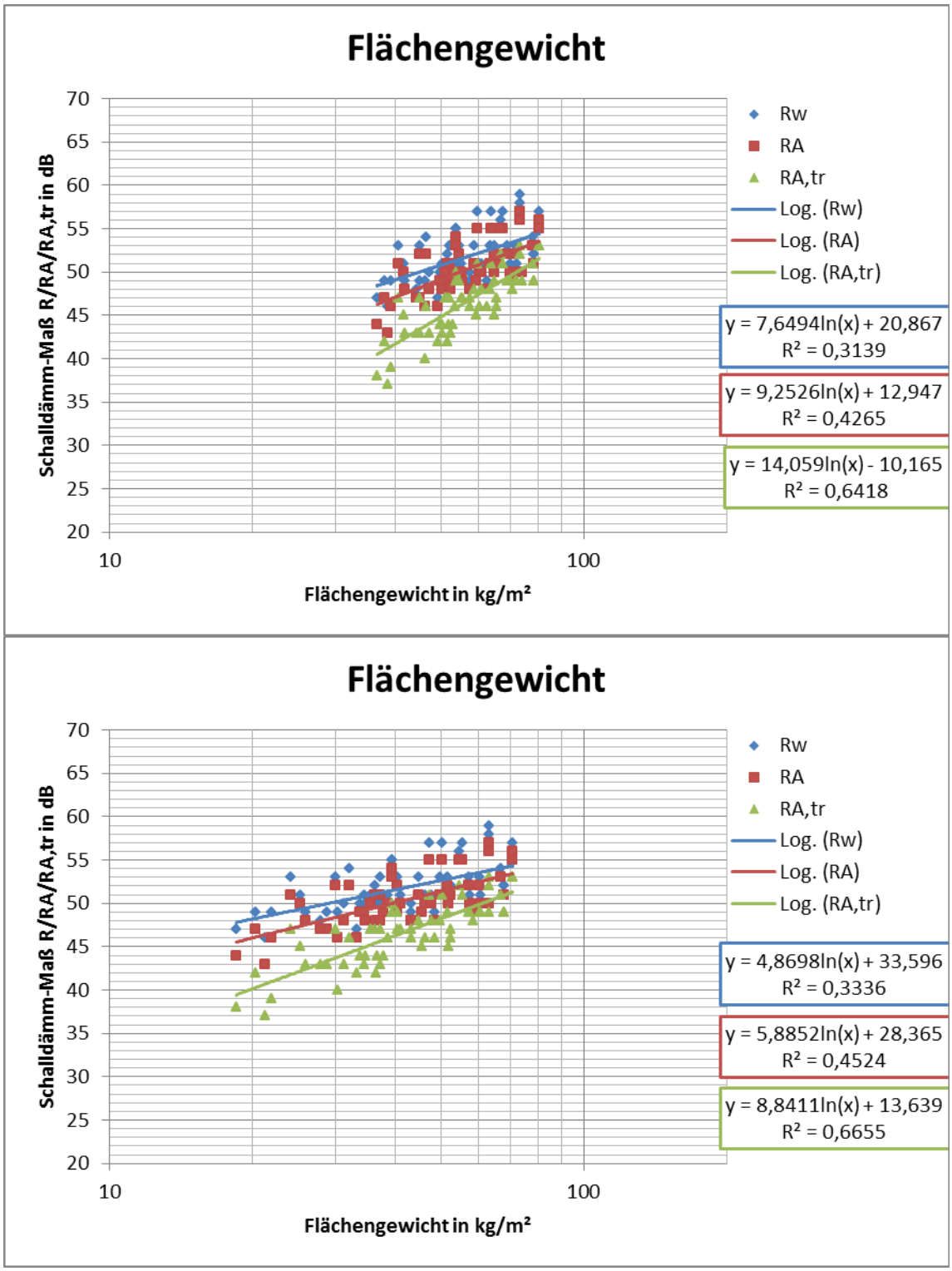


Bild A 53 Statistische Analyse der in KW 35/2018 geprüften Paneele mit Mineralwollefüllung, liegende Faser, im Fassadenrahmen im Normformat (n = 60, bezogen auf das Gesamtgewicht **mit** Rahmen (oben) und **ohne** Rahmen (unten))

10.6 Prüfelemente: Kofferpaneele

Bild A 54 Ansicht eines Prüfelementes von der Senderaumseite

Bild A 55 Ansicht eines Prüfelementes von der Empfangsraumseite

 © ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

Bild A 56 Abdichtung der Kofferfuge mit einer Steckdichtung

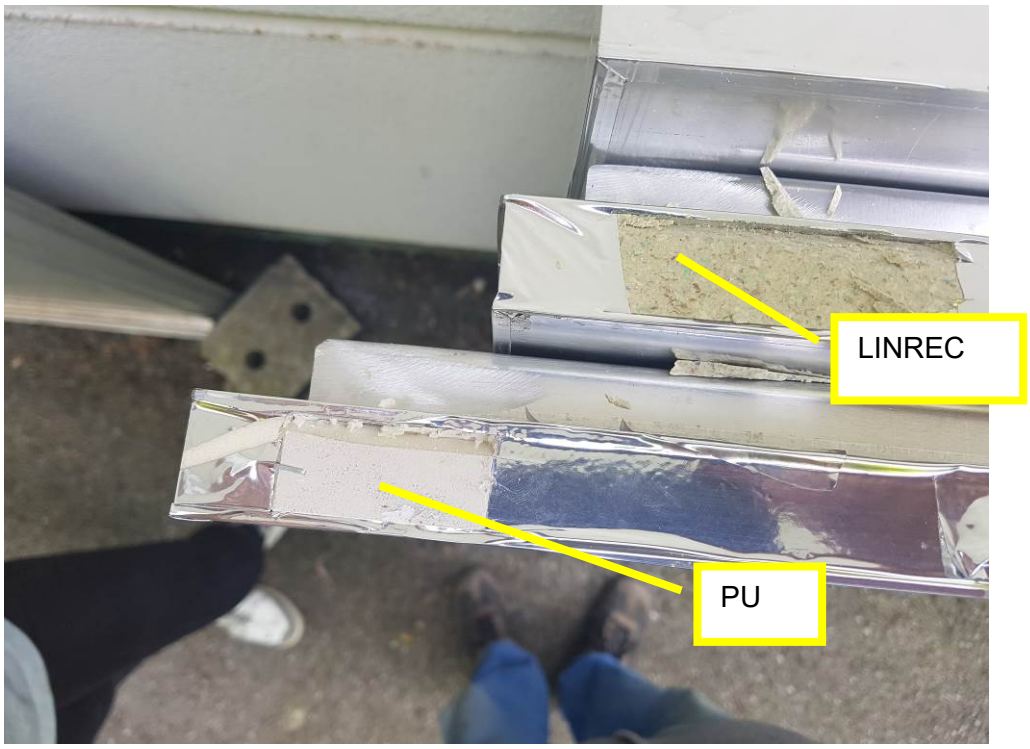


Bild A 57 Randverbund der Kofferpaneele

Bild A 58 Klebemuster für vollflächig verklebte Mineralwolle in den Kofferpaneelen

Bild A 59 Mineralwolle mit stehender Faser in den Kofferpaneelen

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

Bild A 60 Mineralwolle mit stehender Faser in den Kofferpaneelen bei Paneel Nr. 18 (gestückelte Mineralwollestreifen wg. Verschnittoptimierung)

KNAUF INSULATION OEM Solutions

CNF E BOARD D7

TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN

Eigenschaften	Bezeichnung	Wert							Einheit	Norm
Dichte	ρ	70							kg/m^3	-
Brandverhalten	-	Euroklasse A1							-	EN 13501-1
Schmelzpunkt[1)]	-	> 1000							°C	DIN 4102/T17
Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor	μ	1							-	EN ISO 10456
Spezifische Wärmekapazität	c_p	1030							J/kgK	-
Wärmeleitfähigkeit – Nennwert (10°C)	λ_d	0,035							W/mK	EN 12667
Längenbezogener Strömungswiderstand	AF_r	> 23							$kPa \cdot s/m^2$	EN 29053
Schallabsorptionsgrad	α_s	Frequenz	125	250	500	1000	2000	4000	Hz	EN 20354
		50 mm	0,25	0,70	1,00	1,00	1,00	0,95	-	
		100 mm	0,52	0,95	0,99	1,01	1,01	1,01	-	
Kurzzeitige Wasseraufnahme	W_p	< 1							kg/m^2	EN 1609
Langzeitige Wasseraufnahme	W_{lp}	< 3							kg/m^2	EN 12087
Wasserlösliche Chloridionen (auf Anfrage)	-	≤ 10							mg/kg	EN 13468

[1)] Die Glasvlieskaschierung kann Temperaturen bis zu 150°C ausgesetzt werden.

Bild A 61 Produktdatenblatt zur verwendeten Mineralwolle in den Kofferpaneelen, zur Verfügung gestellt vom Projektpartner Linzmeier

Tabelle A 5 Liste der Kofferpaneele für die Versuche in KW 26/2019, zur Verfügung gestellt vom Projektpartner Linzmeier

				Faserrichtung			Beschwerung (Fermacell)		Randver-bund	
lfd. Nr.	Bautiefe	Deckschicht außen	Deckschicht innen	Faser stehend verklebt	Faser liegend verklebt	Faser liegend	Innen	Innen, Flanke	LINIREC	PU
1	50	Alu 3	Alu 3	Standardfall					x	
2	50	Alu 3	Alu 3	Standardfall						x
3	50	Alu 2	Alu 2	Standardfall					x	
4	50	Glas 6	Stahl 3	Standardfall					x	
5	200	Alu 3	Alu 3	x					x	
6	200	Alu 3	Alu 3		x				x	
7	200	Alu 3	Alu 3			x			x	
8	200	Alu 3	Alu 3	x					x	Ein-span nstär ke > 50
9	200	Alu 3	Alu 3		x				x	
10	200	Alu 3	Alu 3			x			x	
11	200	Alu 3	Stahl 3	Standardfall			x		x	
12	200	Alu 3	Stahl 3	Standardfall				x	x	
13	200	Glas 6	Alu 3	x					x	
14	200	Glas 6	Alu 3		x				x	
15	200	Glas 6	Alu 3			x			x	
16	200	Glas 6	Stahl 3	Standardfall			x		x	
17	200	Glas 6	Stahl 3	Standardfall				x	x	
18	200	Glas 6	Stahl 3	x					x	
19	200	Glas 6	Stahl 3		x				x	
20	200	Glas 6	Stahl 3			x			x	

- Format: 1406 x 1156 mm
- Standardfall bedeutet das normale Einbringen der MW bei Fa. Linzmeier => stehende Faser verklebt
- Einspannstärke: Einleimer immer 23 mm => 29 mm mit Blech und 32 mm mit Glasdeckschicht
- Einspannstärke alternativ für 3 Prüfkörper " > 50 mm " (=> 56 mm Einspanndicke mit Aludeckschicht)
- Rücksprung 20 mm => ca. 7 mm Schattenfuge
- innere Deckschicht grundsätzlich mit Z-Kantung

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

10.7 Prüfergebnisse der Kofferpaneele

Tabelle A 6 Ergebnis der Schallmessungen an Kofferpaneelen im Fassadenrahmen

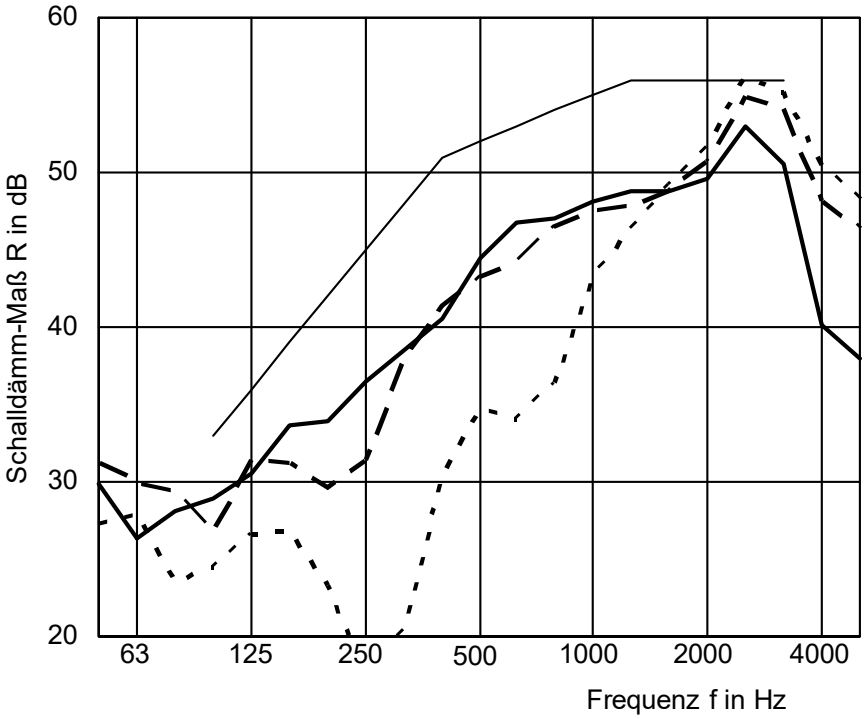
Mess-Nr.	Aufbau Paneel				Gesamtdicke Paneel / Einbautiefe	m‘ (mit Rahmen)	m‘ (ohne Rahmen)	R_w (C;C_{tr})
	Deckschicht außen	Deckschicht innen (Koffer)	Dämmung Knauf CNF E D7 70 kg/m³	Kofferfuge[4]				
	mm	mm	Einbringung		mm	kg/m²	kg/m²	dB
Z126	3 Alu	3 Alu	stehende Faser, verklebt	-	50 / 29	37,4	21,4	32 (-2;-4)
Z124			stehende Faser, verklebt[1]	-		36,4	20,3	32 (-2;-4)
Z125				dicht				32 (-2;-4)
Z122	2 Alu	2 Alu	stehende Faser, verklebt	-		32,1	15,3	30 (-2;-4)
Z123				dicht				30 (-2;-4)
Z127	6 ESG	3 Stahl	stehende Faser, verklebt	-	50 / 32	56,9	44,2	36 (-3;-5)
Z120	3 Alu	3 Alu	stehende Faser, verklebt	-	200 / 29	48,0	33,8	34 (-2;-5)
Z121				dicht				35 (-3;-6)
Z118			liegende Faser, verklebt	-		50,1	36,3	41 (-1;-3)
Z119				dicht				45 (-2;-6)
Z115			liegende Faser, lose	-		49,8	36,0	41 (0;-2)
Z116				-				40 (-1;-2)[2]
Z114				dicht				47 (-2;-5)
Z104	3 Alu	3 Alu	stehende Faser, verklebt	-	200 / 56	48,5	34,4	34 (-2;-5)
Z105				dicht				35 (-3;-6)
Z102			liegende Faser, verklebt	-		50,7	37,0	40 (-2;-4)
Z103				dicht				42 (-2;-6)
Z100			liegende Faser, lose	-		50,0	36,2	40 (-1;-3)
Z101				dicht				44 (-1;-5)
Z99								43 (-1;-4)[2]
Z143	3 Alu	3 Stahl	stehende Faser, verklebt, Innen 12,5 mm Fermacell	-	200 / 29	80,3	71,5	40 (-2;-6)
Z144				dicht				43 (-5;-10)
Z145			stehende Faser, verklebt, Innen 12,5 mm Fermacell Flanke 12,5 mm Fermacell	-		86,7	79,1	42 (-1;-4)
Z146				dicht				45 (-3;-8)
Z137	6 ESG	3 Alu	stehende Faser, verklebt	-	200 / 32	53,9	40,7	35 (-1;-4)
Z138				dicht				37 (-3;-7)
Z136			liegende Faser, verklebt	-		55,3	42,4	39 (-1;-1)
Z135				dicht				48 (-1;-3)
Z132			liegende Faser, lose	-		54,9	41,9	39 (-1;-3)
Z133				dicht				45 (-2;-6)

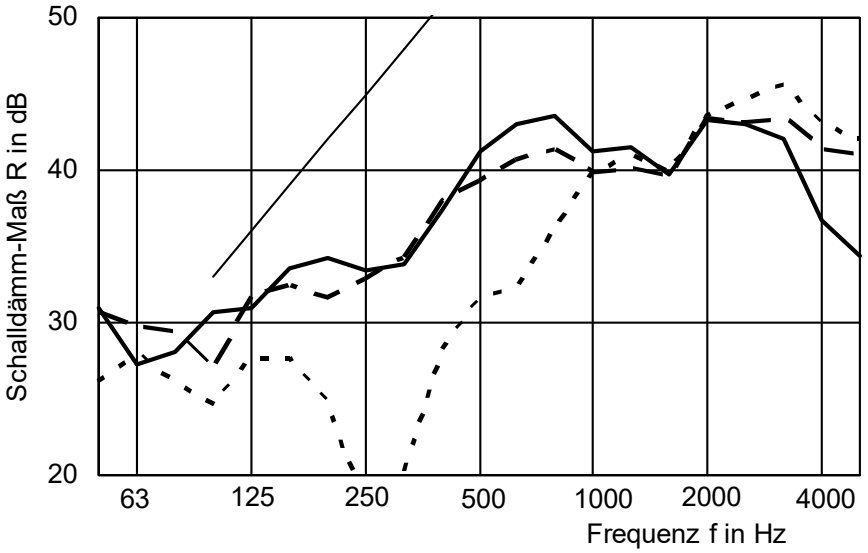
Tabelle A 6 Ergebnis der Schallmessungen an Kofferpaneelen im Fassadenrahmen

Mess-Nr.	Aufbau Paneel				Gesamtdicke Paneel / Einbautiefe	m' (mit Rahmen)	m' (ohne Rahmen)	R_w (C;C_{tr})
	Deckschicht außen	Deckschicht innen (Koffer)	Dämmung Knauf CNF E D7 70 kg/m³	Kofferfuge[4]				
	mm	mm	Einbringung		mm	kg/m²	kg/m²	dB
Z157	6 ESG	3 Stahl	stehende Faser, verklebt, Innen 12,5 mm Fermacell	-	200 / 32	86,1	78,3	40 (-1;-4)
Z158				dicht				45 (-4;-9)
Z154			stehende Faser, verklebt, Innen 12,5 mm Fermacell Flanke 12,5 mm Fermacell	-		92,9	86,3	42 (-1;-4)
Z155				dicht				46 (-3;-8)
Z156								45 (-3;-7)[2]
Z152			stehende Faser, verklebt[3]	-		74,4	64,6	42 (-1;-3)
Z153				dicht				48 (-3;-6)
Z150			liegende Faser, verklebt	-		75,3	65,7	40 (0;-1)
Z151				dicht				48 (-1;-4)
Z148			liegende Faser, lose	-		75,3	65,7	41 (-1;-1)
Z149				dicht				48 (-1;-1)

[1] = Abstandhalter PU
[2] = Abdeckleisten der Fassade montiert
[3] = Mineralwollestreifen gestückelt
[4] = „dicht“: Fuge mit einer Steckdichtung geschlossen

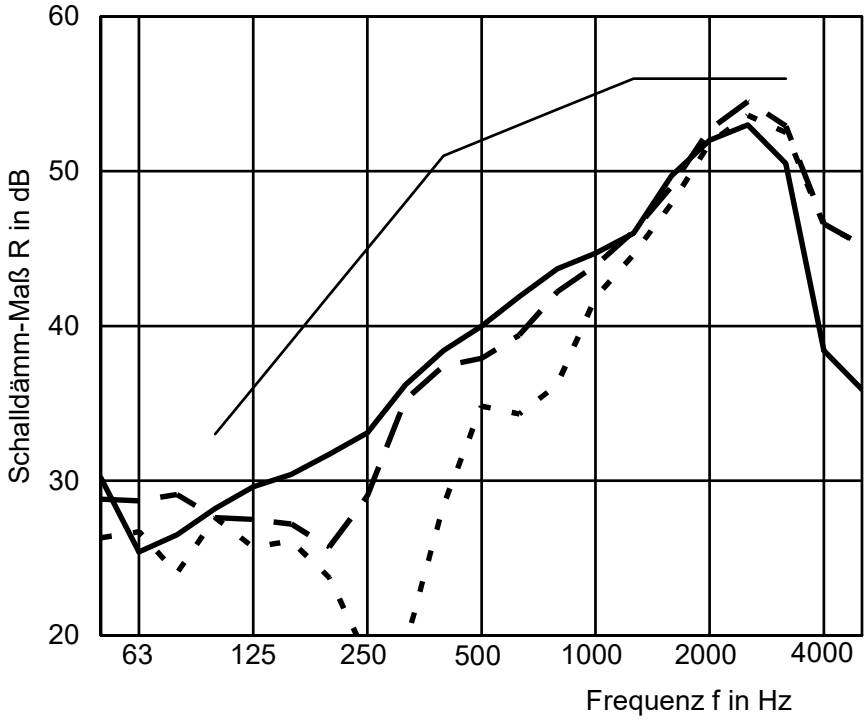
© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

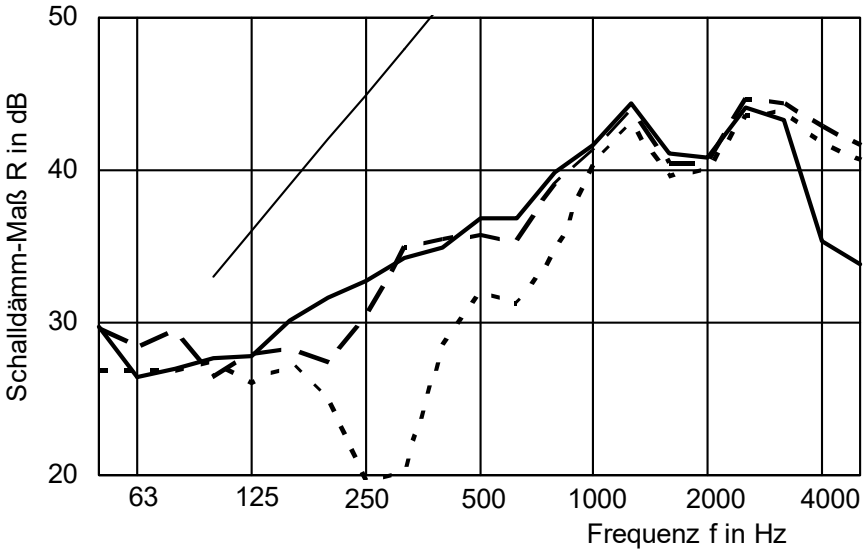




		Kofferfuge abgedichtet	Kofferfuge offen
———	liegend lose	R_w (C;C_{tr}) = 47 (-2;-5) dB	R_w (C;C_{tr}) = 41 (0;-2) dB
– – – –	liegend verklebt	R_w (C;C_{tr}) = 45 (-2;-6) dB	R_w (C;C_{tr}) = 41 (-1;-3) dB
·····	stehend verklebt	R_w (C;C_{tr}) = 35 (-3;-6) dB	R_w (C;C_{tr}) = 34 (-2;-5) dB

Bild A 62 Messung der Kofferpaneele Nr. 5-7, eine Mineralwollequalität, drei Einbauarten, 29 mm Einspanndicke, Deckplatte 3 mm Aluminium beidseitig.
Das Diagramm oben ist das Ergebnis mit abgedichteter Kofferfuge, das u. a.e Diagramm mit offener Kofferfuge. Geprüft im Fassadenrahmen

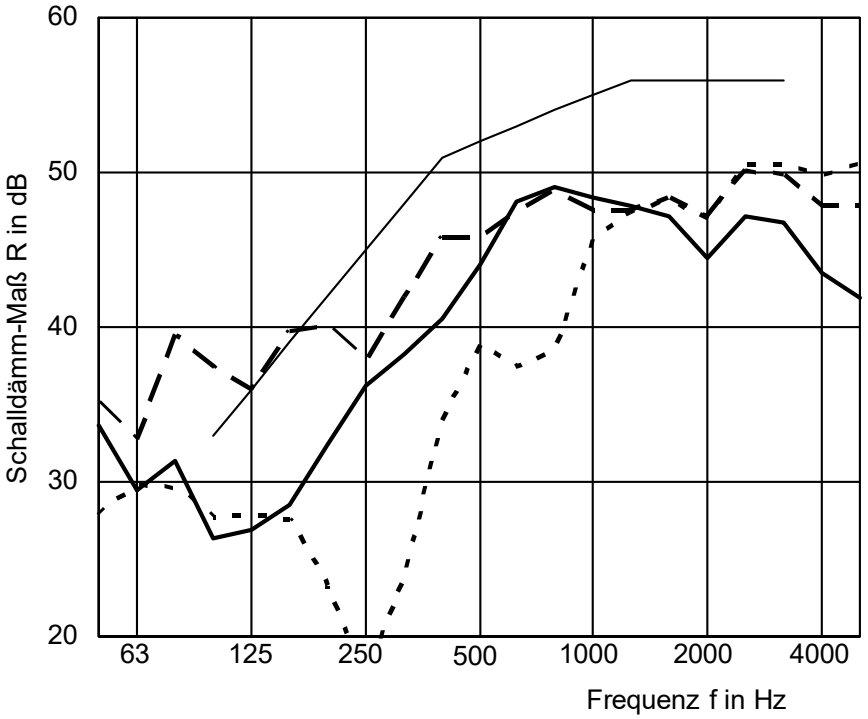


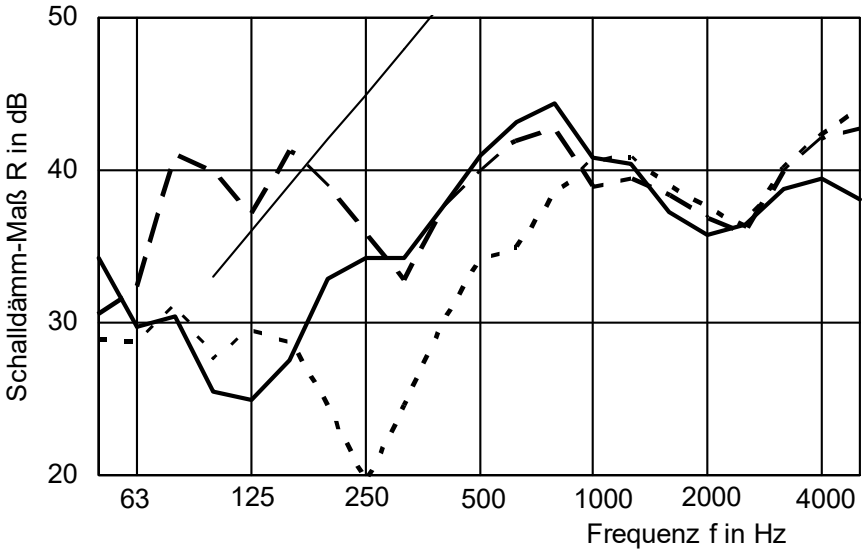


		Kofferfuge abgedichtet	Kofferfuge offen
———	liegend lose	R_w (C;C_{tr}) = 44 (-1;-5) dB	R_w (C;C_{tr}) = 40 (-1;-3) dB
- - - -	liegend verklebt	R_w (C;C_{tr}) = 42 (-2;-6) dB	R_w (C;C_{tr}) = 40 (-2;-4) dB
·····	stehend verklebt	R_w (C;C_{tr}) = 35 (-3;-6) dB	R_w (C;C_{tr}) = 34 (-2;-5) dB

Bild A 63 Messung der Kofferpaneele Nr. 8-10, eine Mineralwollequalität, drei Einbauarten, 56 mm Einspanndicke, Deckplatte 3 mm Aluminium beidseitig.
Das Diagramm oben ist das Ergebnis mit abgedichteter Kofferfuge, das untere Diagramm mit offener Kofferfuge. Geprüft im Fassadenrahmen

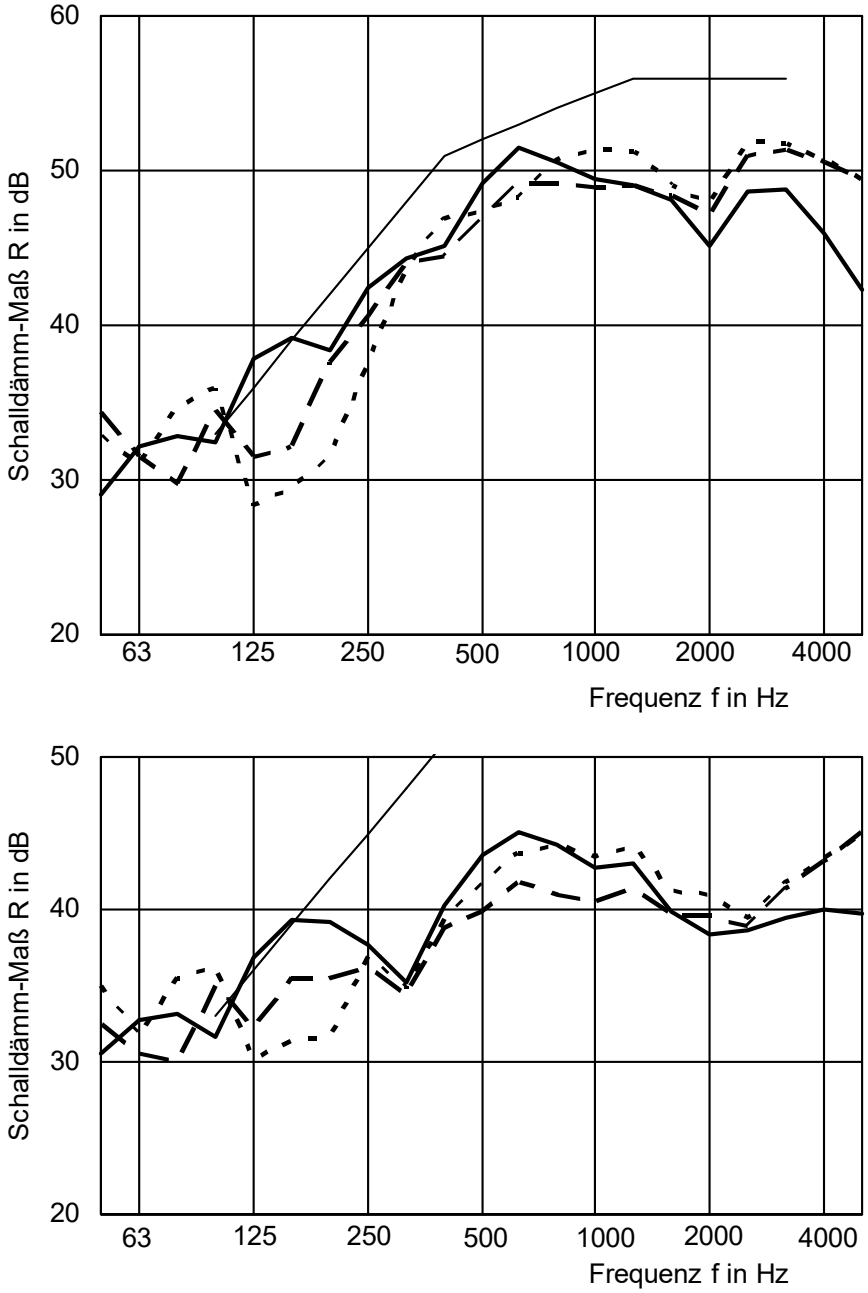
© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“





		Kofferfuge abgedichtet	Kofferfuge offen
———	liegend lose	R_w (C;C_{tr}) = 45 (-2;-6) dB	R_w (C;C_{tr}) = 39 (-1;-3) dB
– – – –	liegend verklebt	R_w (C;C_{tr}) = 48 (-1;-3) dB	R_w (C;C_{tr}) = 39 (-1;-1) dB
·····	stehend verklebt	R_w (C;C_{tr}) = 37 (-3;-7) dB	R_w (C;C_{tr}) = 35 (-1;-4) dB

Bild A 64 Messung der Kofferpaneele Nr. 13-15, eine Mineralwollequalität, drei Einbauarten, 32 mm Einspanndicke, Deckplatte 6 Glas und 3 mm Aluminium.
Das Diagramm oben ist das Ergebnis mit abgedichteter Kofferfuge, das untere Diagramm mit offener Kofferfuge. Geprüft im Fassadenrahmen

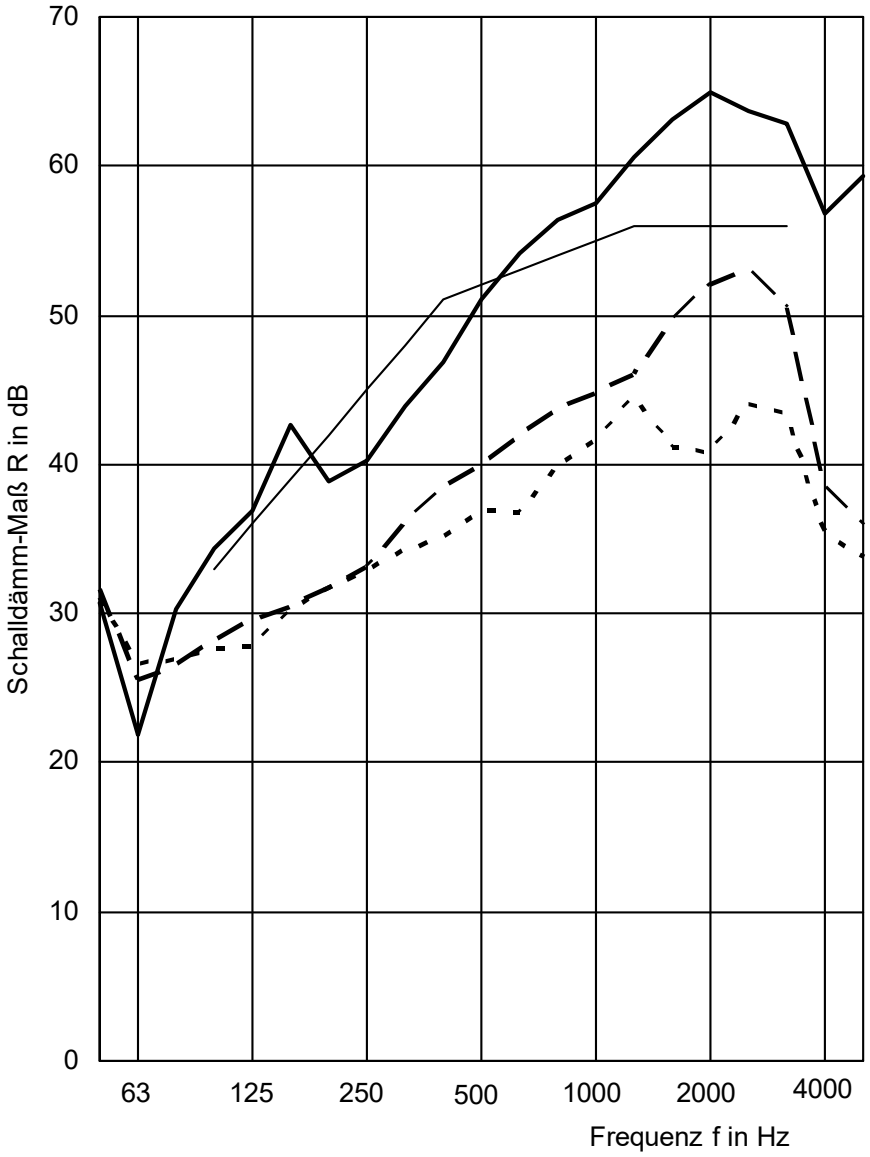


		Kofferfuge abgedichtet	Kofferfuge offen
———	liegend lose	R_w (C;C_{tr}) = 48 (-1;-1) dB	R_w (C;C_{tr}) = 41 (-1;-1) dB
– – – –	liegend verklebt	R_w (C;C_{tr}) = 48 (-1;-4) dB	R_w (C;C_{tr}) = 40 (0;-1) dB
·····	stehend verklebt	R_w (C;C_{tr}) = 48 (-3;-6) dB	R_w (C;C_{tr}) = 42 (-1;-3) dB

Bild A 65 Messung der Kofferpaneele Nr. 18-20, eine Mineralwollequalität, drei Einbauarten, 32 mm Einspanndicke, Deckplatte 6 Glas und 3 mm Stahlblech.
Das Diagramm oben ist das Ergebnis mit abgedichteter Kofferfuge, das untere Diagramm mit offener Kofferfuge. Geprüft im Fassadenrahmen

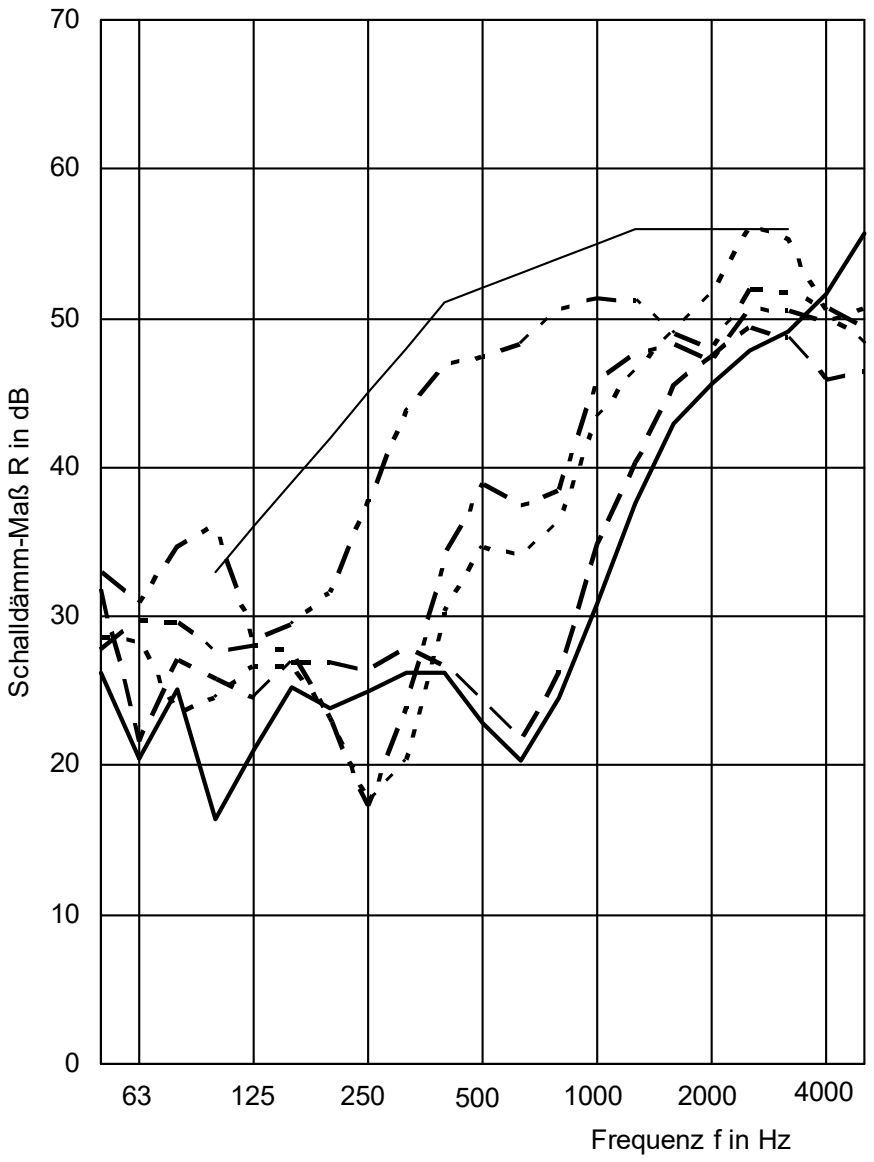
Hinweis:
Die Mineralwollestücke bei der Variante mit stehender Faser waren gestückelt.

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



———	Messung Z 76, Paneel Bauseits, 238 mm	R_w (C;C_{tr}) = 54 (-2;-6) dB
- - - -	Messung Z 101, Koffer, Fuge zu, 200 mm	R_w (C;C_{tr}) = 44 (-1;-5) dB
·····	Messung Z 100, Koffer, Fuge auf, 200 mm	R_w (C;C_{tr}) = 40 (-1;-3) dB
———	Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1	

Bild A 66 Messung eines Paneelaufbaus, beplankt beidseitig mit 3 mm Aluminiumblech, als bauseits erstelltes Paneel im Vergleich zu Kofferpaneelen, Mineralwollefaser liegend, lose eingelegt

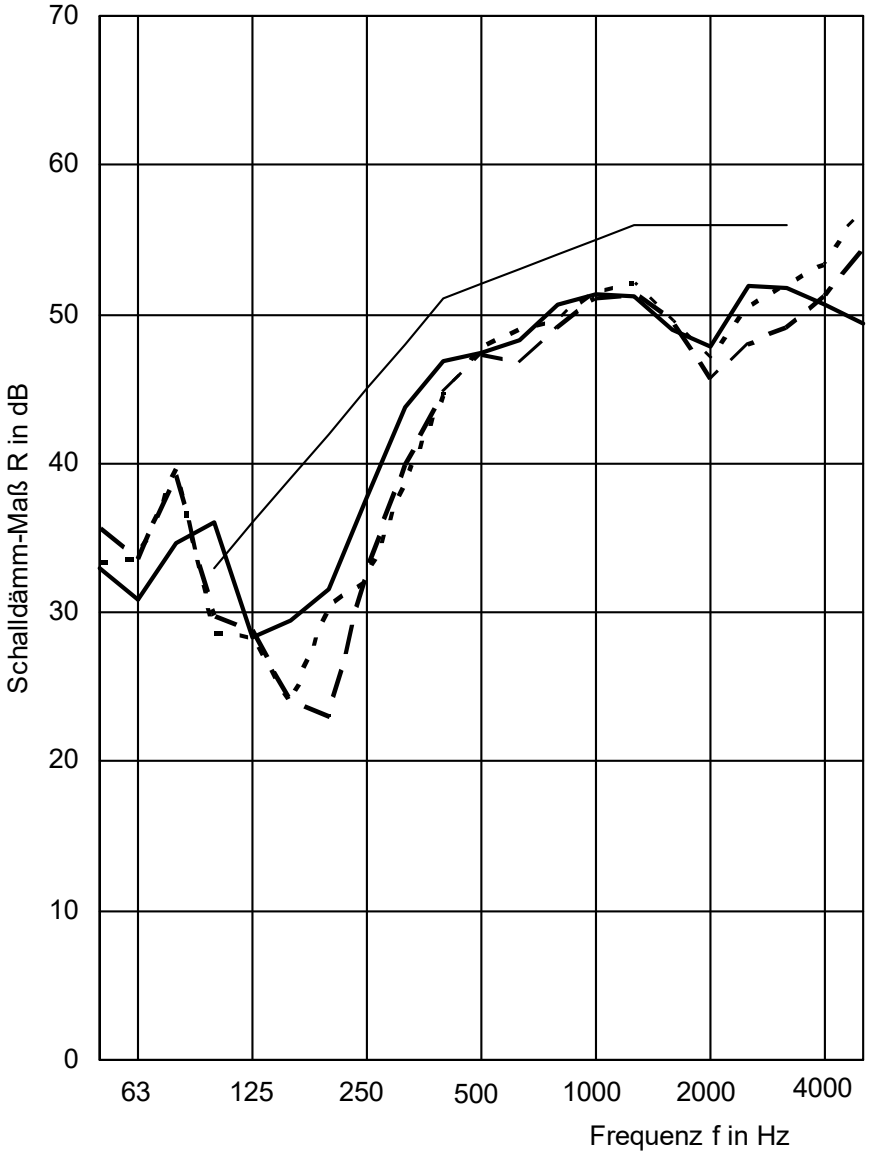


———	Messung Z 123, Paneel 50 mm, 2×2 mm Alu	R_w (C;C_{tr}) = 30 (-2;-4) dB
– – – –	Messung Z 125, Paneel 50 mm, 2×3 mm Alu	R_w (C;C_{tr}) = 32 (-2;-4) dB
·····	Messung Z 121, Paneel 200 mm, 2×3 mm Alu	R_w (C;C_{tr}) = 35 (-3;-6) dB
– · – · –	Messung Z 138, Paneel 200 mm, 6 ESG + 3 Alu	R_w (C;C_{tr}) = 37 (-3;-7) dB
— · · —	Messung Z 153, Paneel 200 mm, 6 ESG + 3 Stahl	R_w (C;C_{tr}) = 48 (-3;-6) dB
———	Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1	

Bild A 67 Messung von Kofferpaneelen mit Mineralwollefüllung, stehende Faser, verklebt, Kofferfuge abgedichtet

Hinweis:
Die Mineralwollestücke bei der Variante 5 waren gestückelt.

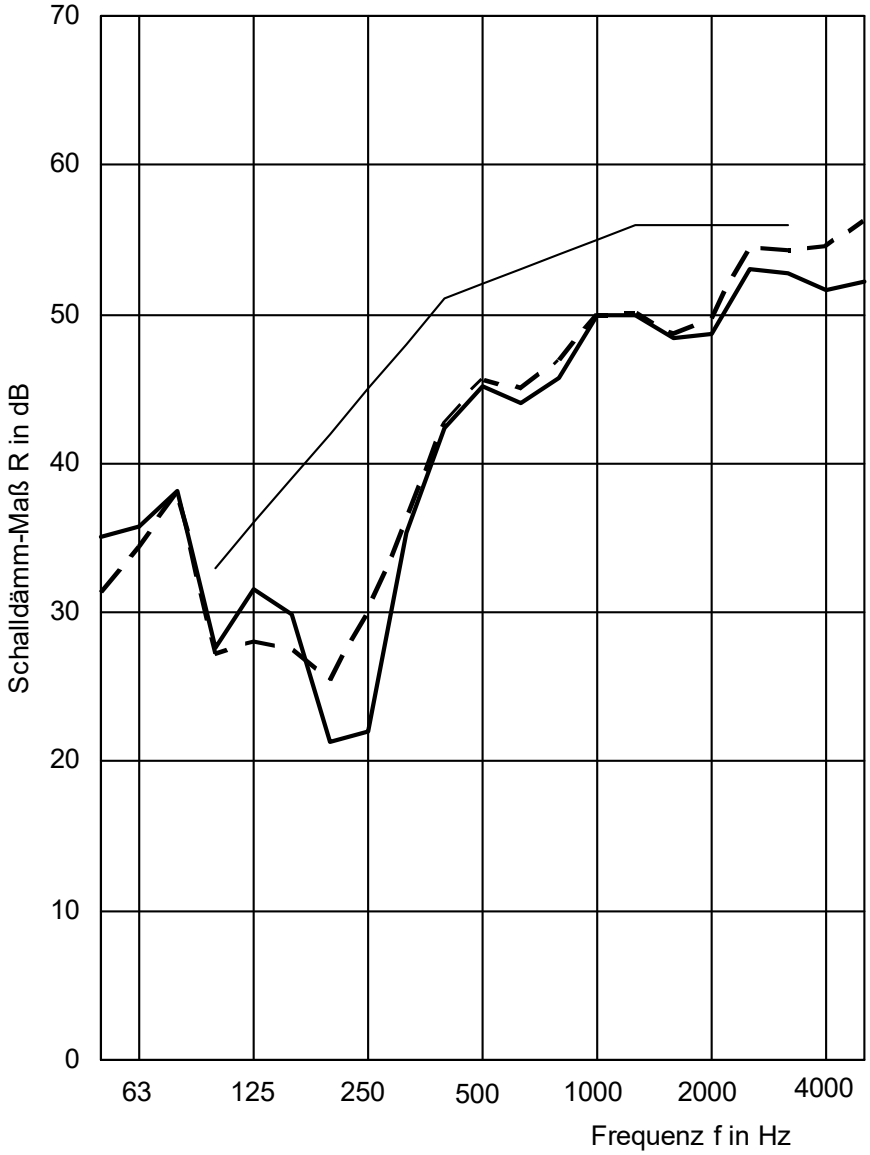
© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



———	Messung Z 153, ohne Beschwerung	R_w (C;C_{tr}) = 48 (-3;-6) dB
– – – –	Messung Z 158, Innen 12,5 mm Fermacell (GF)	R_w (C;C_{tr}) = 45 (-4;-9) dB
·····	Messung Z 155, Innen und Flanke 12,5 mm GF	R_w (C;C_{tr}) = 46 (-3;-8) dB
———	Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1	

Bild A 68 Messung von Kofferpaneelen mit Mineralwollefüllung, Paneel 200 mm, 6 ESG + 3 mm Stahl, stehende Faser, verklebt, Kofferfuge abgedichtet

Hinweis:
Die Mineralwollestücke bei der Variante 1 waren gestückelt.



Messung Z 144, Innen 12,5 mm Fermacell (GF) R_w (C;C_{tr}) = 43 (-5;-10) dB
Messung Z 146, Innen und Flanke 12,5 mm GF R_w (C;C_{tr}) = 45 (-3;-8) dB
Bezugskurve nach DIN EN ISO 717-1

Bild A 69 Messung von Kofferpaneelen mit Mineralwollefüllung, Paneel 200 mm, 3 mm Alu und + 3 mm Stahl, stehende Faser, verklebt, Kofferfuge abgedichtet

Hinweis:
Die Mineralwollestücke bei der Variante 1 waren gestückelt.

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

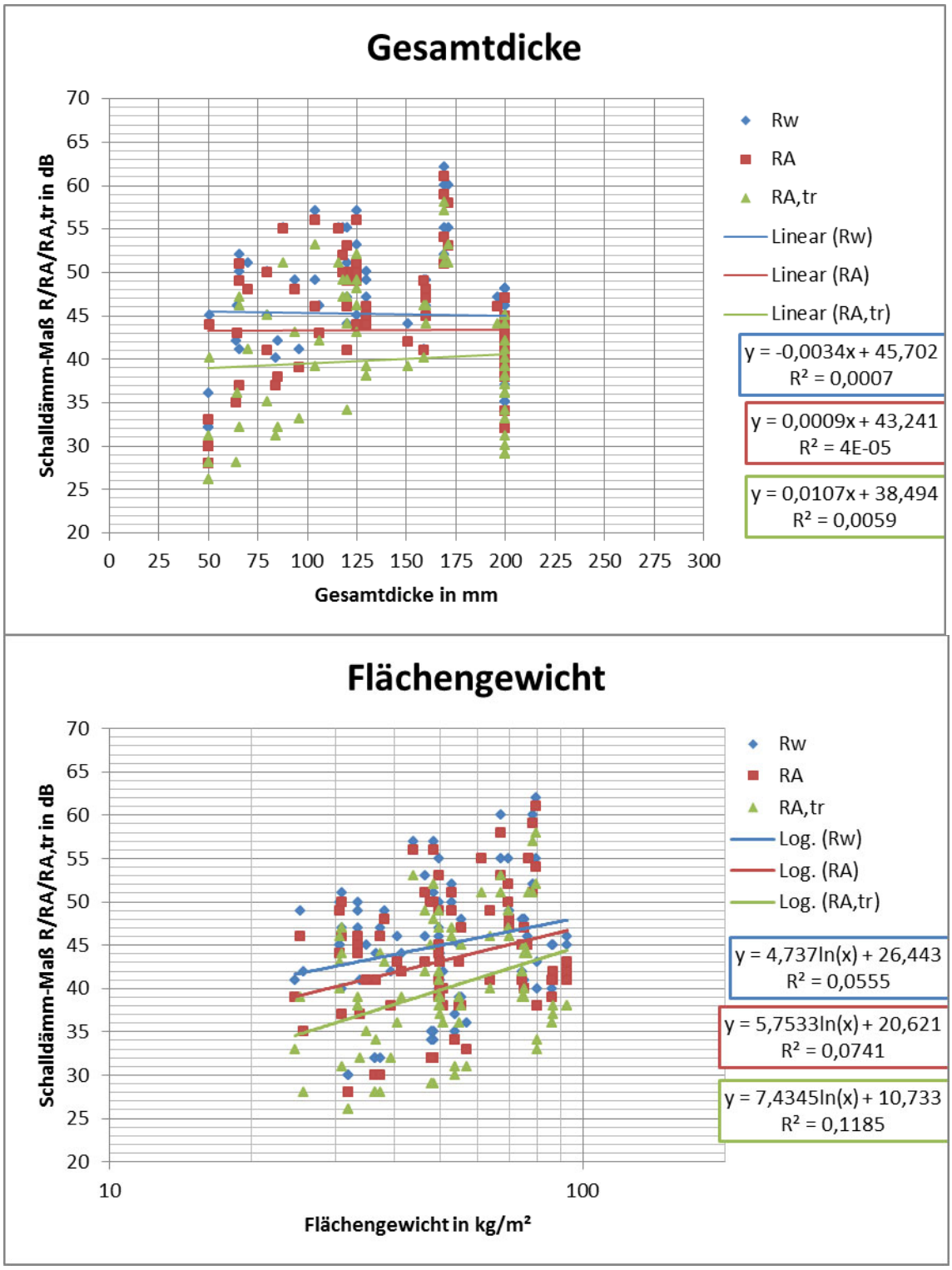


Bild A 70 Statistische Analyse aller geprüften und erfassten Kofferpaneele (n = 87)

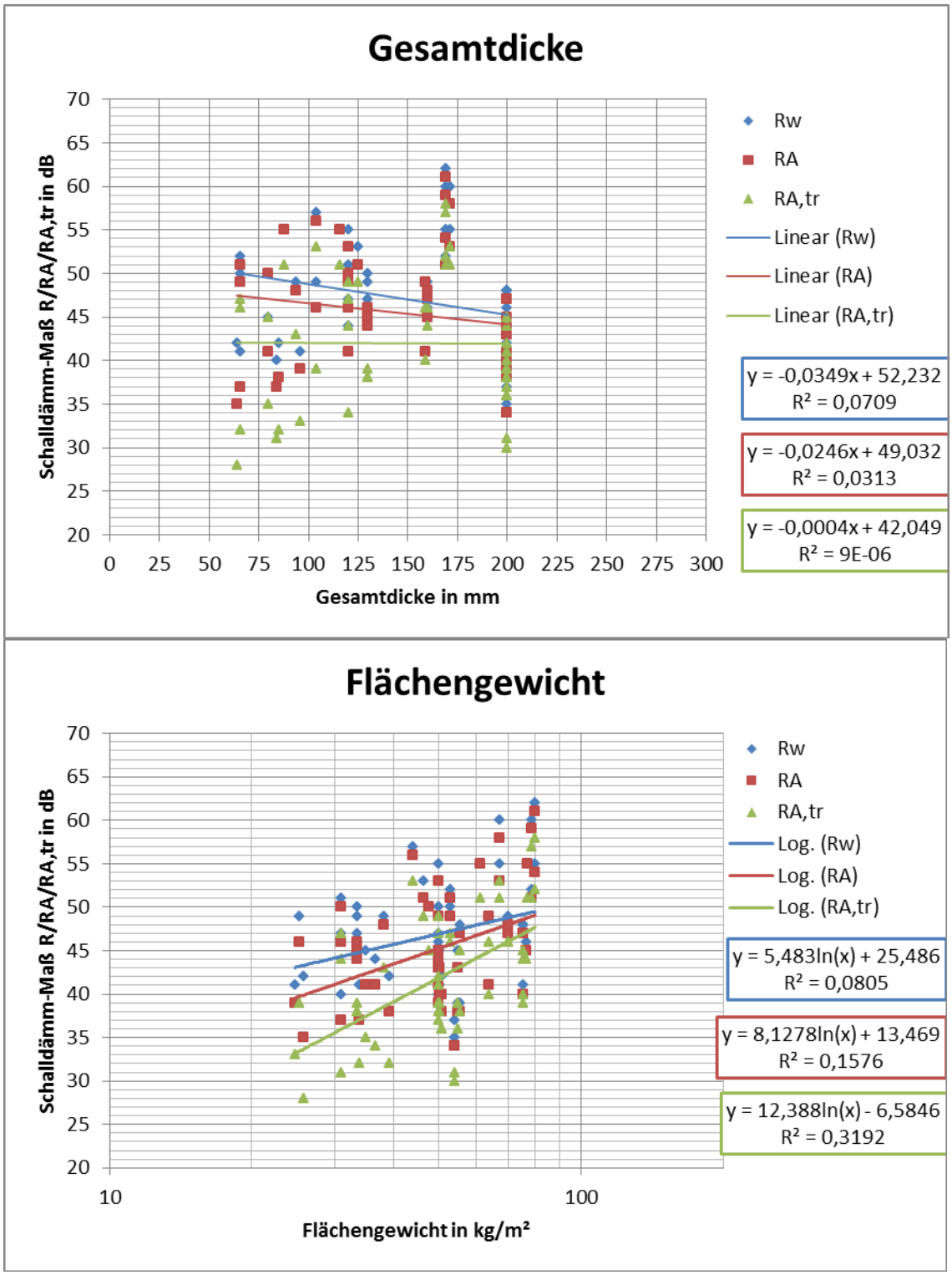
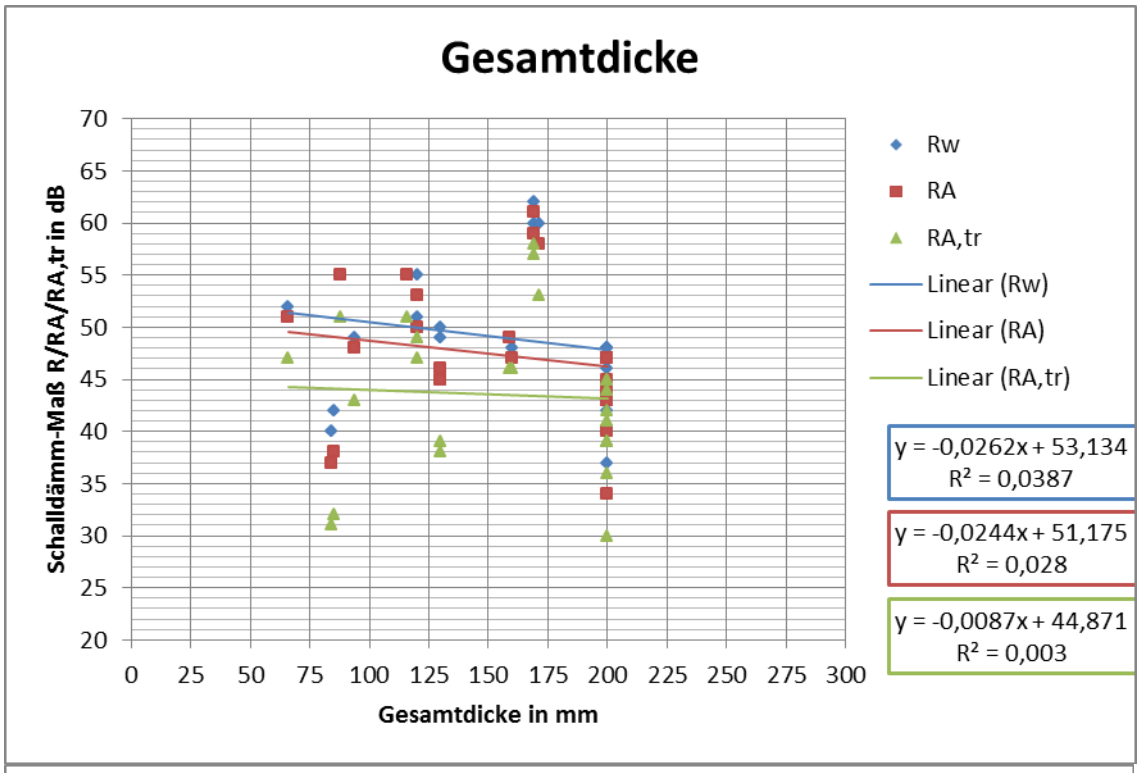


Bild A 71 Statistische Analyse aller geprüften und erfassten Kofferpaneele mit liegender Faserausrichtung (n = 54)

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



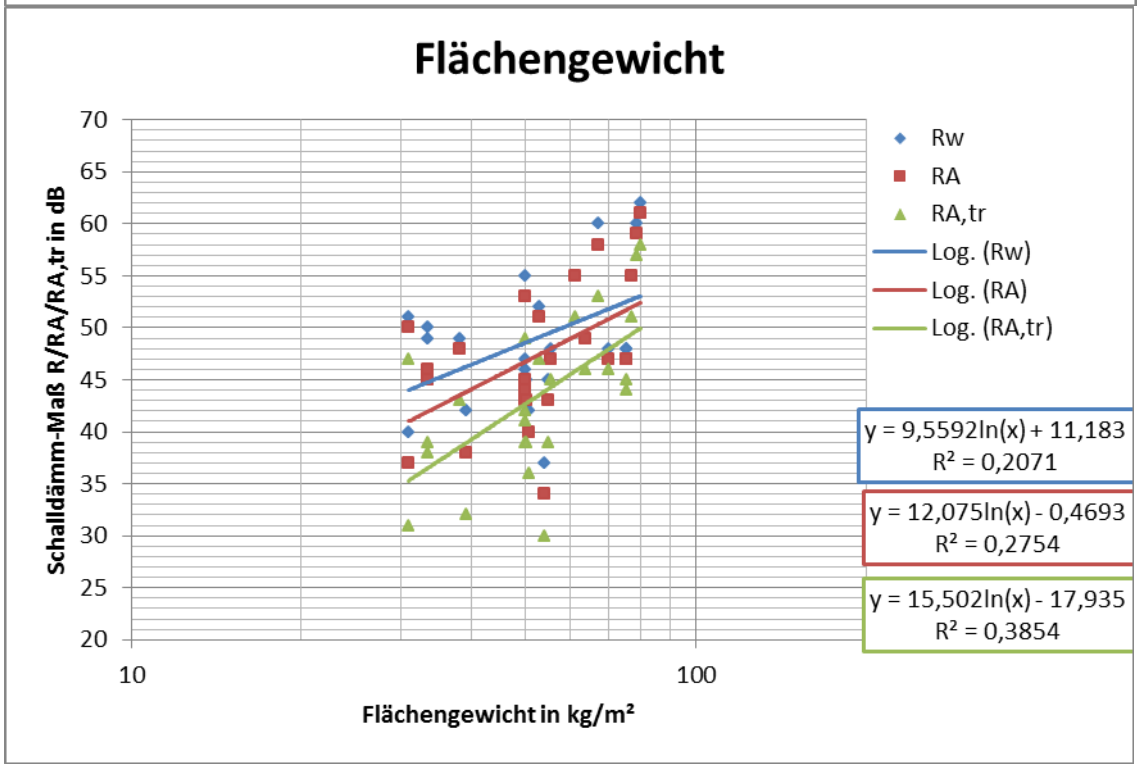


Bild A 72 Statistische Analyse aller geprüften und erfassten Kofferpaneele mit liegender Faserausrichtung und abgedichteter Kofferfuge (n = 25)

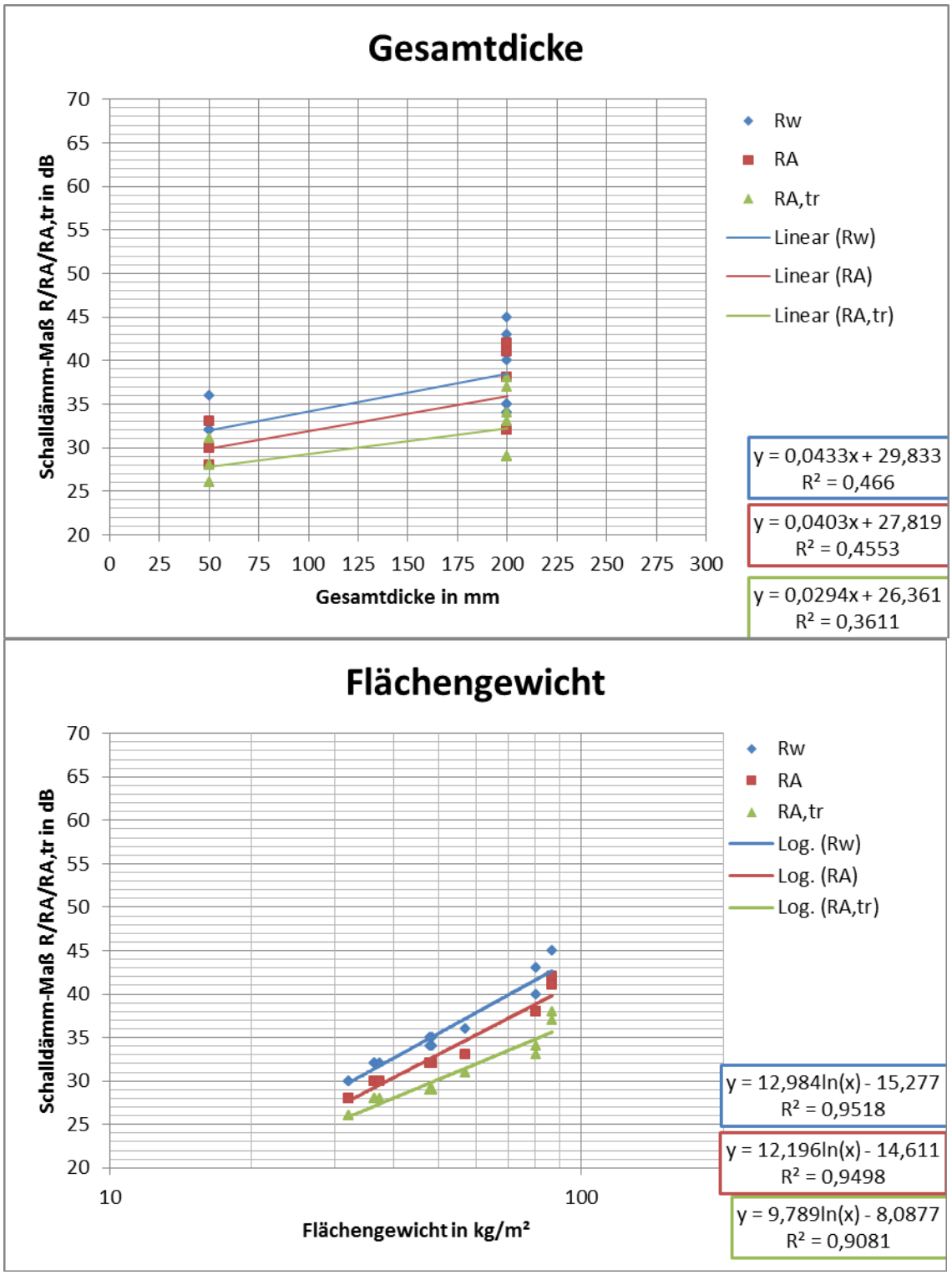


Bild A 73 Statistische Analyse der geprüften Kofferpaneele mit stehend verklebter Faserausrichtung (n = 14, nach Ausschluss der Elemente mit gestückelten Mineralwolle-Einlagen)

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

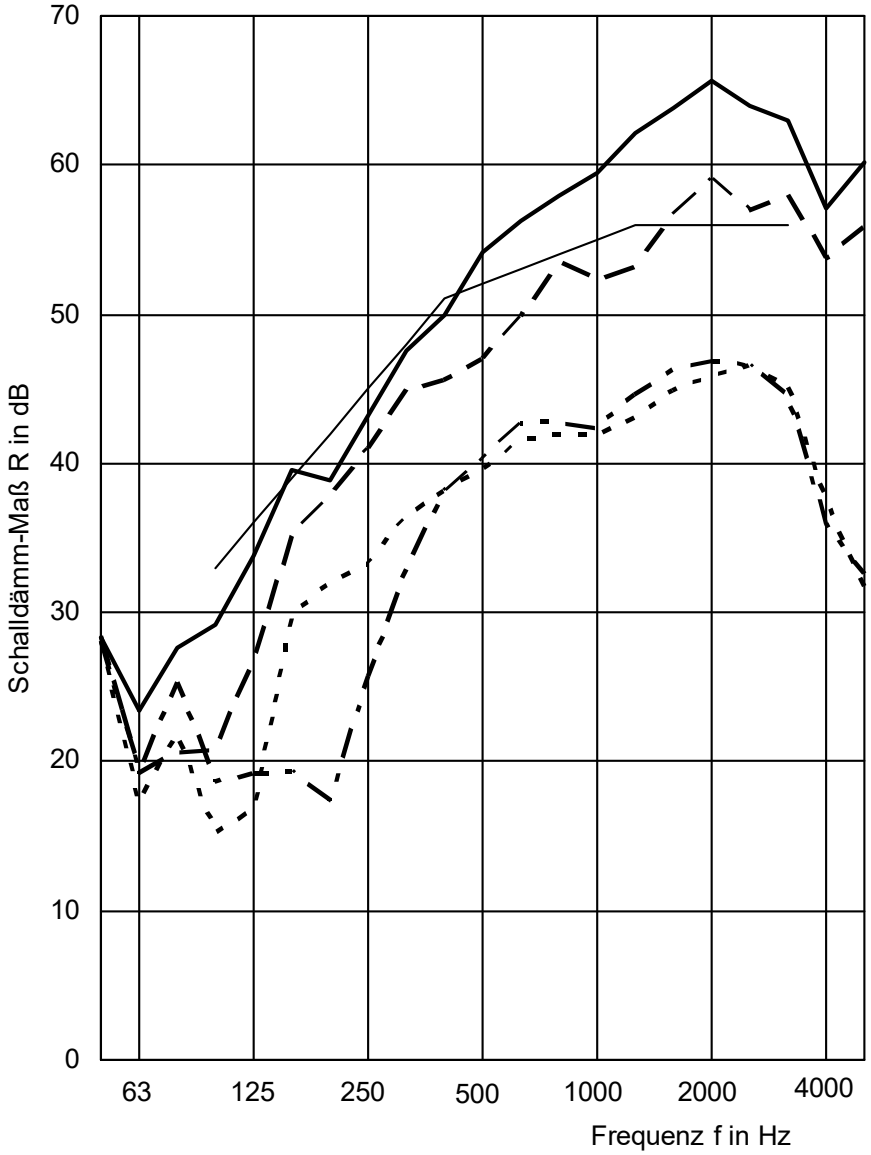
10.8 Prüfelemente: Glattpaneele

Tabelle A 7 Ergebnis der Schallmessungen an Glattpaneelen im Fassadenrahmen

Mess-Nr.	Aufbau Paneel			Gesamtdicke Paneel	m‘ (mit Rahmen)	m‘ (ohne Rahmen)	R_w (C;C_{tr})
	Deckschicht außen	Deckschicht innen	Dämmung				
	mm	mm	mm, Typ	mm	kg/m²	kg/m²	dB
Z131	3 Alu	3 Alu	liegende Faser, lose	26	35,0	18,7	39 (-4;-9)
Z129	3 Alu	3 Stahl	liegende Faser, lose	26	48,6	34,6	44 (-3;-8)
Z128	8 ESG	3 Alu	liegende Faser, lose	31	45,2	30,6	41 (-2;-7)
Z108	3 Alu	3 Alu	liegende Faser, lose	56	36,9	20,8	41 (-3;-9)
Z109							40 (-3;-9)[2]
Z106	3 Alu	3 Stahl	liegende Faser, lose	56	50,5	36,8	45 (-2;-7)
Z107							44 (-2;-6)[2]
Z110	10 ESG	3 Alu	liegende Faser, lose	53	51,4	37,8	42 (-2;-6)
Z111							42 (-2;-6)[2]

2 = Abdeckleisten der Fassade montiert

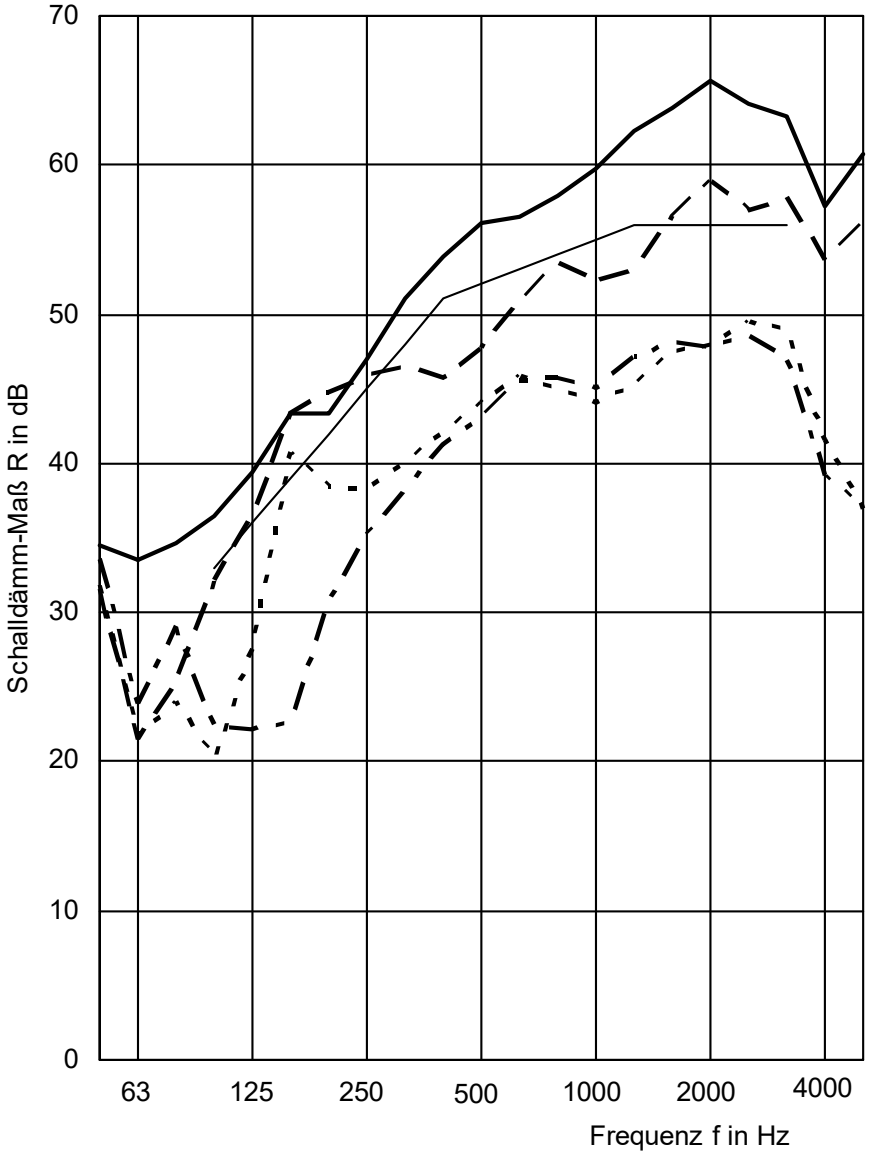
Bild A 74 Mineralwolle mit liegender Faser in den Glattpaneelen



———	Messung Z 77, Paneel 236 mm, bauseits	R_w (C;C_{tr}) = 54 (-2;-8) dB
– – – –	Messung Z 49, Paneel 86 mm, bauseits	R_w (C;C_{tr}) = 49 (-3;-10) dB
·····	Messung Z 108, Paneel 56 mm, Glattpaneel	R_w (C;C_{tr}) = 41 (-3;-9) dB
– · – · –	Messung Z 131, Paneel 26 mm, Glattpaneel	R_w (C;C_{tr}) = 39 (-4;-9) dB

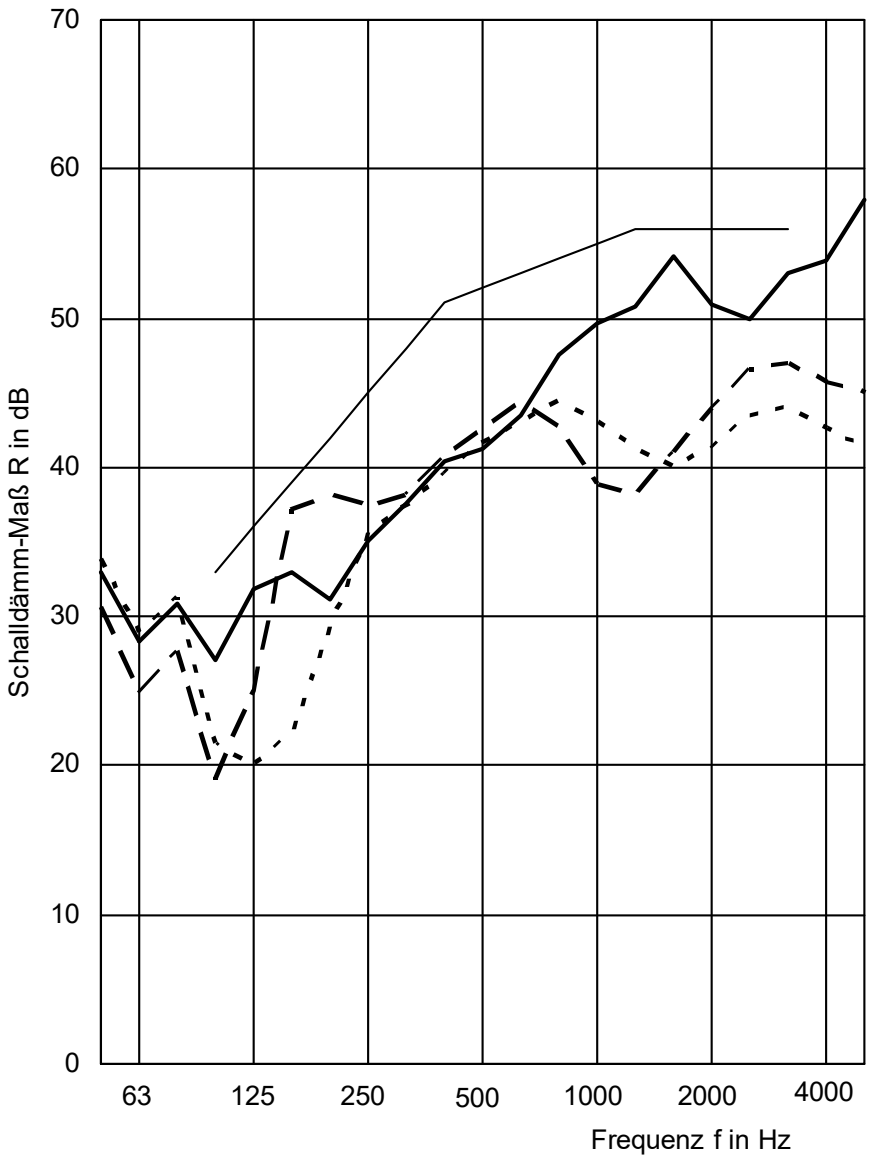
Bild A 75 Messung von Paneelen unterschiedlicher Bauart als bauseits erstelltes Paneel und als Glattpaneel mit Mineralwolledämmung, liegende Faser, Deckschicht 2 × 3 mm Alublech

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“



———	Messung Z 78, Paneel 236 mm, bauseits	R_w (C;C_{tr}) = 58 (-2;-7) dB
– – – –	Messung Z 50, Paneel 86 mm, bauseits	R_w (C;C_{tr}) = 53 (-2;-5) dB
·····	Messung Z 106, Paneel 56 mm, Glattpaneel	R_w (C;C_{tr}) = 45 (-2;-7) dB
– · – · –	Messung Z 129, Paneel 26 mm, Glattpaneel	R_w (C;C_{tr}) = 44 (-3;-8) dB

Bild A 76 Messung von Paneelen unterschiedlicher Bauart als bauseits erstelltes Paneel und als Glattpaneel mit Mineralwolledämmung, liegende Faser, Deckschicht 3 mm Alublech und 3 mm Stahlblech



———	Messung Z 35, Paneel 89 mm, bauseits	R_w (C;C_{tr}) = 46 (-2;-6) dB
– – – –	Messung Z 110, Paneel 53 mm, Glattpaneel	R_w (C;C_{tr}) = 42 (-2;-6) dB
·····	Messung Z 128, Paneel 31 mm, Glattpaneel	R_w (C;C_{tr}) = 41 (-2;-7) dB

Bild A 77 Messung von Paneelen unterschiedlicher Bauart als bauseits erstelltes Paneel und als Glattpaneel mit Mineralwolledämmung, liegende Faser, Deckschicht außen Glas 6, 10 und 8 mm, innen 3 mm Alublech

© ift Rosenheim 2019 | Forschungsbericht „Bauteilkatalog Schallschutz Paneele“

ift Rosenheim
Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim

Tel.: +49 (0) 80 31 / 261-0
Fax: +49 (0) 80 31 / 261-290
E-Mail: info@ift-rosenheim.de
www.ift-rosenheim.de

© ift Rosenheim 2019