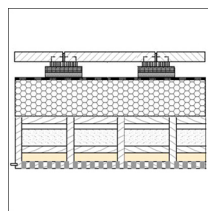
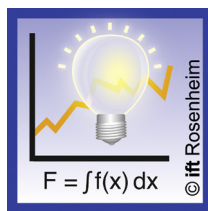
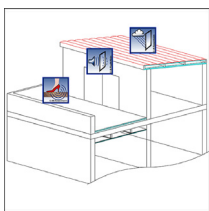
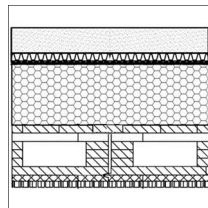
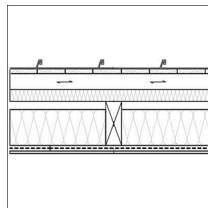


Schallschutz von Flachdächern in Holzbauweise

Luft- und Trittschalldämmung von Flachdächern
und Dachterrassen



Kurzbericht

Thema	Schallschutz von Flachdächern in Holzbauweise - Luft- und Trittschalldämmung von Flachdächern und Dachterrassen
Kurztitel	Schallschutz von Flachdächern in Holzbauweise
Projektförderung	Das diesem Forschungsbericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-17.41)
Forschungsstelle	ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH Theodor-Gietl-Straße 7–9 83026 Rosenheim
Bearbeiter	Dipl.-Ing. (FH) Stefan Bacher Camille Châteaueux-Hellwig, M.Sc. Melina Martin, B.Eng. Thomas Ecker, B.Eng. Michael Rudolph
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Andreas Rabold, Camille Châteaueux-Hellwig, M.Sc.
Institutsleitung	Prof. Ulrich Sieberath

Rosenheim, Juli 2019



Inhaltsverzeichnis

1	Motivation und Projektziel	1
2	Vorgehensweise	2
3	Ergebnisse	3
4	Danksagung	9



1 Motivation und Projektziel

Bei der Planung von modernen Büro- und Wohngebäuden ist vor allem im Bereich der mehrgeschossigen Bauweise i.d.R. ein Flachdach oder ein flachgeneigtes Dach mit ausgebautem Dachgeschoß vorgesehen. Um den Ansprüchen aus Wärmeschutz, Statik, Brandschutz und Schallschutz gerecht zu werden, müssen diese Dachkonstruktionen einer ganzen Reihe von Kriterien entsprechen. Auch im Bereich des Schallschutzes variieren die Ansprüche je nach Ausführung und Nutzung des Dachelementes als reines Dachelement oder als begehbare Dachterrasse.

Mangelnde Planungsdaten erschweren es gerade klein- und mittelständigen Unternehmen, zu denen sehr viele Holzbaubetriebe gehören, den Einstieg in den mehrgeschossigen Holzbau, der nicht nur aus ökologischer Sicht vorteilhaft ist. Neben den bekannten Punkten der günstigen CO₂ Bilanz und des guten Wärmeschutzes gängiger Konstruktionen in Holzbauweise, wird die Bauweise vom Bauherrn i.d.R. auch optisch und in Bezug auf die Wohnbehaglichkeit positiv eingestuft. Diese positiven Aspekte der Holzbauweise sollten nicht durch erhöhte Luft- und Trittschallübertragungen durch Flachdächer, Dachterrassen und Loggien relativiert werden.

Planungsdaten, insbesondere für Konstruktionen in Holzbauweise, die den bauakustischen Ansprüchen entsprechen, sind nur sehr bedingt verfügbar. So wurden auch in der neuen DIN 4109 nur drei Aufbauten für leichte Flachdächer berücksichtigt. Geeignete Aufbauten für Dachterrassen und Loggien, sowie Konstruktionen mit Massivholzelementen fehlen ganz.

Die Zielsetzung des Projektes besteht daher in der Bereitstellung von Planungsunterlagen für verschiedene Konstruktionsvarianten von Flachdächern und leicht geneigten Dächern, die insbesondere den Anforderungen an den Schallschutz genügen sowie den weiteren Leistungseigenschaften wie Wärme- und Feuchteschutz entsprechen.

2 Vorgehensweise

Um das Projektziel zu erreichen, wurden zunächst in enger Abstimmung mit der projektbegleitenden Arbeitsgruppe Dachaufbauten festgelegt, die den Anforderungen an den Schallschutz genügen könnten, sowie den weiteren Leistungseigenschaften wie Wärme- und Feuchteschutz entsprechen.

Die bauakustische Prüfung der festgelegten Aufbauten ergab erfreulich gute Werte und Planungsdaten für die Luft- und Trittschalldämmung, die nun als Vorlage für die Überarbeitung des Bauteilkatalogs der DIN 4109-33 zur Verfügung stehen und bereits Eingang in verschiedene Veröffentlichungen gefunden haben. Neben den empirischen Untersuchungen der Dachelemente wurden auch die vorhandenen Prognosemodelle zusammengestellt und weiterentwickelt, um sowohl nicht geprüfte Konstruktionsvarianten prognostizieren zu können als auch Aussagen über die zu erwartenden Regengeräusche der Dachaufbauten treffen zu können.

Anhand der Messergebnisse zur Luft- und Trittschalldämmung konnte auch der Einfluss einzelner Bauteilschichten analysiert werden. Zu nennen ist hier die Entkopplung des Dachterrassenaufbaus durch Baulager, die Entkopplung der Unterdecke durch Federstienen oder Abhänger und die Bedämpfung der Metalleindeckung durch bituminöse Trennlagen.

Neben der Entkopplung wurden Zusatzmassen in Form von Splittschüttungen im Element oder Kies auf der Flachdachdämmung untersucht. Auch unterhalb des Dachterrassenaufbaus mit Dielenboden kam eine Beschwerung zum Einsatz.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in Abschnitt 3 zusammengefasst.



3 Ergebnisse

Die Untersuchungen wurden an praxisnahen Dachaufbauten durchgeführt, um die Einflussgrößen auf die Schalldämmung von Flachdächern und leicht geneigten Dächern beschreiben und Planungsunterlagen gut geeigneter Konstruktionen zur Verfügung stellen zu können. Nachfolgend werden diese konstruktiven Einflüsse gelistet und Ihr Einfluss auf die Schalldämmung aufgezeigt.

3.1 Konstruktive Einflüsse

Zur Untersuchung der konstruktiven Einflüsse wurden zunächst die gängigsten Dachkonstruktionen mit Ihren Varianten in den Bauteilkomponenten erfasst. Darauf aufbauend wurde in enger Abstimmung mit den Projektpartnern eine Prüfmatrix erstellt, die folgende Bauteilvarianten berücksichtigt:

- Dachtypen: Flachdächer, Dachterrassen, leicht geneigte Dächer
- Elementtypen: Balken/Sparrenelemente, Massivholz Flächen-, Rippen- oder Kastenelemente
- Dämmweise: Aufsparrendämmung, Zwischensparrendämmung
- Dämmungstyp: EPS, PUR, Holzfaser, Vakuumpaneel
- Eindeckung / Belag: Dachabdichtungsbahn, Blechdach, Gründach, Kiesdach, Betonplatten, Lattenrost

Durch vergleichende Messungen konnten für die verschiedenen Aufbauten die Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung durch die einzelnen Maßnahmen ermittelt werden. Nachfolgend werden diese für die Grundkonstruktion, zusätzliche Unterdecken, und unterschiedliche Dachaufbauten gezeigt.

3.2 Dachkonstruktionen

Sichtbare Tragkonstruktionen können mit Sichtsparrendächern, Dachelementen aus Massivholzelementen (Brettsperrholz-, Brettschichtholz-, Brettstapelelemente) oder Rippen- und Kastenelementen realisiert werden. Diese einschaligen Bauweisen der Grundkonstruktionen erfordern für schalltechnisch hochwertige Ausführungen Zusatzmassen in Form einer Beschwerung in oder auf dem Element. Alternativ kann durch eine (entkoppelte) Unterdecke die Luft- und Trittschalldämmung verbessert werden. Konstruktions- und Ausführungsvarianten sind in Abbildung 1 dargestellt.

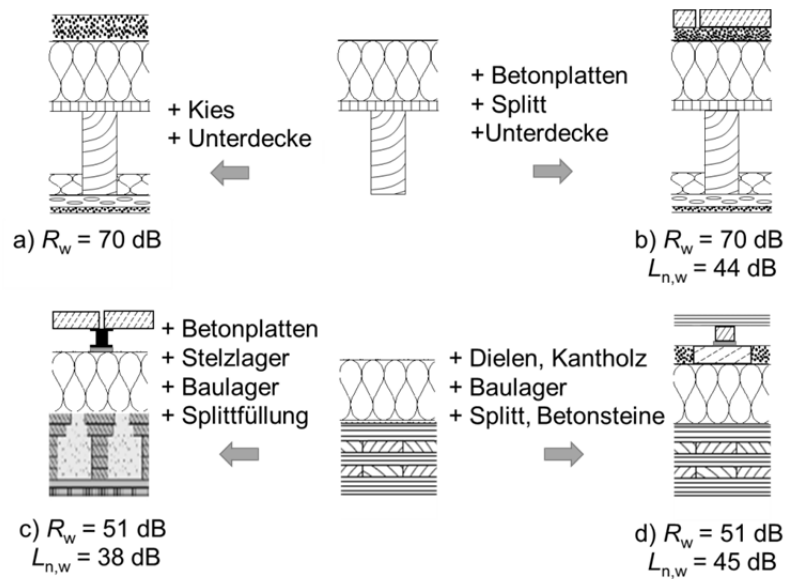


Abbildung 1 Flachdächer aus Sparren- oder Massivholzelementen mit unterschiedl. Aufbauten:
 a) 50 mm Kies, Unterdecke mit Federschiene, 12,5 mm GKF und 40 mm Faserdämmstoff
 b) 40 mm Betonplatten, 30 mm Splitt, Unterdecke mit Federschiene, 12,5 mm GKF und 40 mm Faserdämmstoff
 c) 40 mm Betonplatten, > 40 mm Stelzlager, 12 mm Baulager, Splittfüllung im Element
 d) 26 mm Dielen, 44 mm Kantholz, 12 mm Baulager, 40 mm Splitt und Betonplatten (unter Baulager)

Massivholzelemente werden auch als Akustikelemente eingesetzt. Um zu überprüfen inwieweit die Akustiklochung einen Einfluss auf die Schalldämmung des Dachelementes hat, wurde ein direkter Vergleich bei sonst gleichem Aufbau durchgeführt (siehe Abbildung 2). Die Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung.

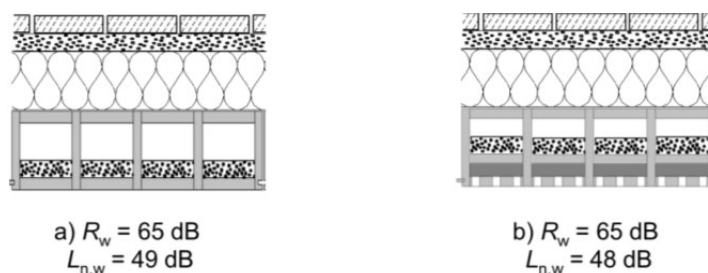


Abbildung 2 Flachdächer aus Massivholz-Kastenelementen, EPS Aufdachdämmung, Dachabdichtung und Betonplatten im Kiesbett:
 a) Kastenelement mit 50 kg/m^2 Splittfüllung
 b) Akustikelement mit 50 kg/m^2 Splittfüllung



3.3 Dämmstoffe

Nicht druckbelastete Dämmstoffe zwischen den Sparren und in der Unterdecke wirken schallabsorbierend, indem Schallenergie durch Reibung an und zwischen den Dämmstofffasern in Wärmeenergie umgewandelt wird. Hierzu ist eine offenzellige Struktur des Dämmstoffes erforderlich, die der Schallwechseldruckwelle einerseits ein Eindringen ermöglicht und andererseits einen genügend großen Widerstand entgegensetzt. Eine gute schallabsorbierende Wirkung wird mit Dämmstoffen erreicht, deren längenbezogener Strömungswiderstand r zwischen 5 kPa s/m^2 und 50 kPa s/m^2 liegt. Dies kann sowohl mit Faserdämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen als auch mit konventionellen Dämmstoffen erreicht werden. Geschlossenzellige Dämmstoffplatten (z.B. Hartschaumplatten) sind nicht geeignet.

Druckbelastete Aufdachdämmungen haben neben der absorbierenden Wirkung auch die Aufgabe der Entkopplung. Bei Steildächern werden hierzu bei Dachkonstruktionen mit Schallschutzanforderungen häufig Faserdämmplatten eingesetzt. Dies ist auch bei flach geneigten Dächern mit Blecheindeckung möglich. Bei Flachdächern werden auf Grund der höheren Belastung meist Hartschaumdämmplatten verwendet. Diese verhalten sich auf Grund ihrer hohen Steifigkeit, der geringen Rohdichte und der fehlenden Absorption zunächst ungünstig. Wie Abbildung 3 zeigt, unterscheidet sich das bewertete Schalldämm-Maß R_w des Aufbaus b) mit 200 mm EPS-Aufdachdämmung ($R_w = 38 \text{ dB}$) kaum vom Grundelement (Aufbau a) mit $R_w = 37 \text{ dB}$. Die EPS-Aufdachdämmung hat also keine verbessernde Wirkung auf den Einzahlwert.

Auch frequenzabhängig erkennt man erst ab 500 Hz eine Verbesserung gegenüber dem Grundelement. Dies kommt hier besonders deutlich zum Vorschein, da auch die Betonplatten auf Stelzlagern durch die Verlege-Fuge keinen Beitrag zur Luftschalldämmung leisten. Gleiches gilt für die Ausführung mit Vakuum-Paneelen, die gerne für barrierefreie Übergänge zur Dachterrasse eingesetzt werden. Eine deutliche Verbesserung wird erst durch eine Beschwerung des Dachelementes erreicht, wie dies in Aufbau d) durch eine Splittfüllung des Massivholz-Rippenelementes erfolgte. Durch die Beschwerung wird das Element bedämpft und die Resonanz der Dämmplatten zu tieferen Frequenzen verschoben (von 250 Hz auf 125 Hz).

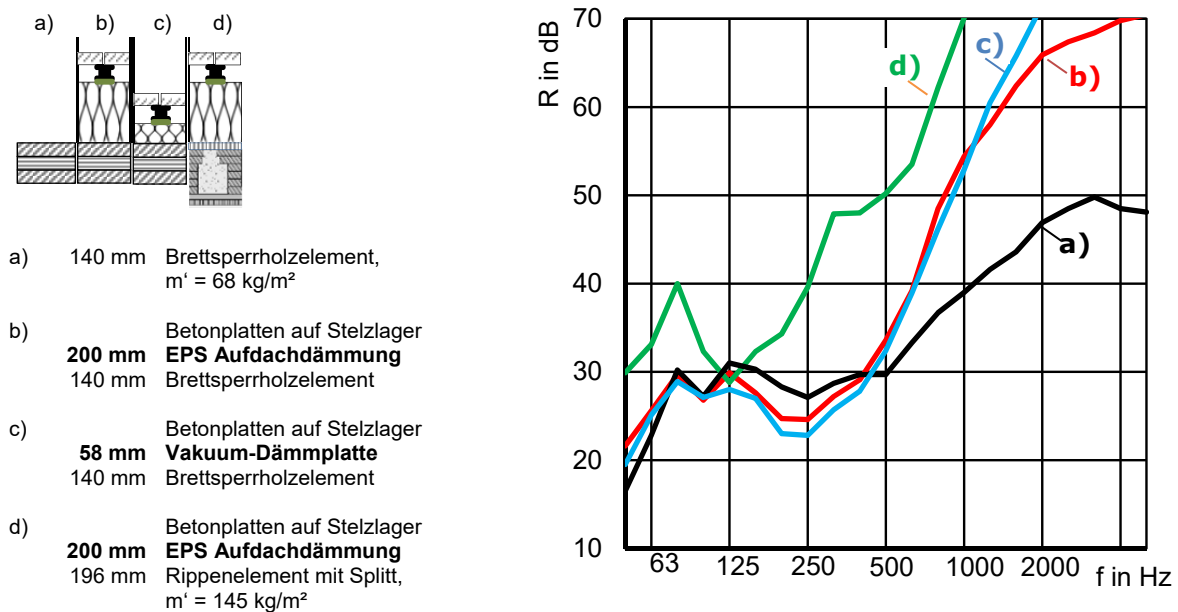


Abbildung 3 Einfluss der Aufdachdämmung auf das Schalldämm-Maß von Flachdachaufbauten. Der Aufbau oberhalb der Dämmplatte (hier: 40 mm Betonplatten, Stelzlager, Baulager, Dachabdichtung) ist für die Luftschallübertragung auf Grund der Fugen zwischen den Betonplatten nicht maßgebend.

a) Dachelement ohne Aufbau, $R_w = 37$ dB
b) Dachelement mit 200 mm EPS und Betonplatten auf Stelzlager, $R_w = 38$ dB
c) Dachelement mit 58 mm Vakuum Paneel und Betonplatten auf Stelzlager, $R_w = 37$ dB
d) Dachelement mit Splitt-Beschwerung im Element, 200 mm EPS und Betonplatten auf Stelzlager, $R_w = 51$ dB

3.4 Abdichtung, Dachdeckung und Gehbelag

Der Aufbau oberhalb der Dämmstoffebene wird nutzungsabhängig variiert. Für nicht begehbare Flachdächer werden Kiesschüttungen, extensive Begrünungen oder Dachabdichtungsbahnen verwendet. Die Ausführung mit Dachabdichtungsbahnen ohne weitere Zusatzmassen ergibt erwartungsgemäß geringere Schalldämm-Maße (siehe Abbildung 4c).

Bisherige Vergleichsmessungen ergaben jedoch auch für Dachaufbauten mit extensiver Dachbegrünungen deutlich geringere Schalldämm-Maße als für Dachaufbauten mit Kiesauflagen gleicher flächenbezogener Masse (siehe Abbildung 4a). Als Ursache kann hier der Einfluss der Dränschicht in Kombination mit einer Speicherplatte genannt werden, die im Frequenzbereich von 125 Hz bis 2000 Hz eine Reduzierung der Schalldämmung bewirkt.

Abbildung 5 zeigt hierzu einen direkten Vergleich für einen Dachterrassenaufbau mit und ohne Speicherplatte (hier als Schutzvlies eingesetzt). Während im Trittschalldurchgang die zusätzliche Entkopplung eine Verbesserung ($\Delta L = L_{n, \text{ohne Vlies}} - L_{n, \text{mit Vlies}}$) bewirkt, zeichnet sich für die Luftschalldämmung die gleiche Verschlechterung ($\Delta R = R_{\text{mit Vlies}} - R_{\text{ohne Vlies}}$) ab. Hier besteht in Bezug auf die bauakustische Auswirkung üblicher Drän-, Speicher- und Schutzschichten noch Untersuchungsbedarf.

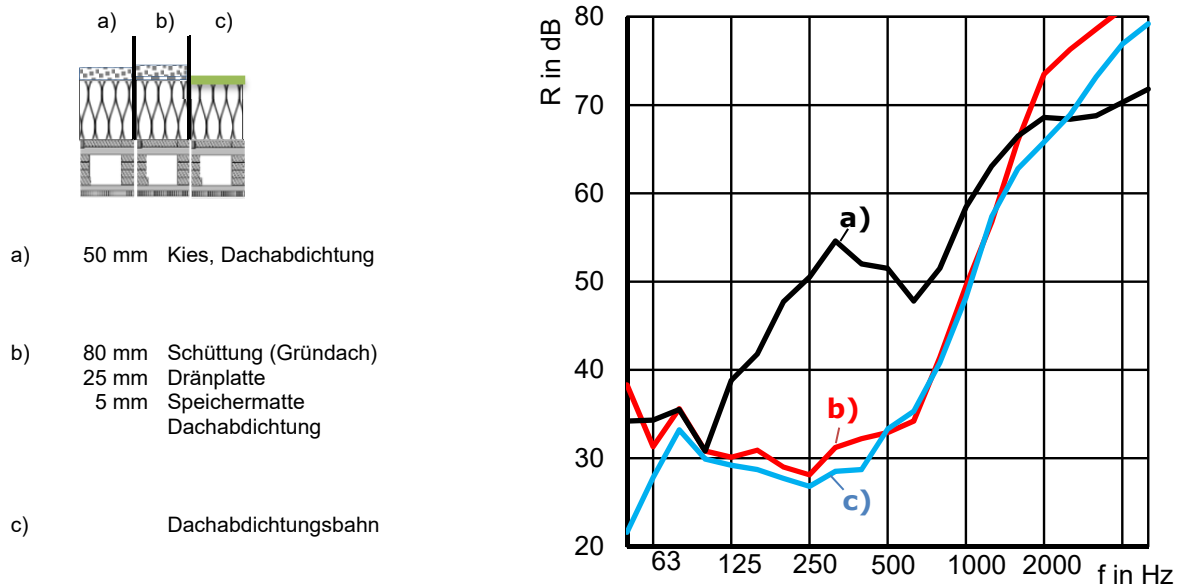


Abbildung 4 Vergleich der Aufbauten: Kiesdach, Gründach und einfache Dachabdichtungsbahn auf einem Brettsperrholz – Kasten-element mit 200 mm EPS Aufdachdämmung
a) Kiesdach, $R_w = 55$ dB
b) Gründach, $R_w = 39$ dB
c) Dachabdichtung, $R_w = 38$ dB

Begehbare Dächer die als Dachterrassen genutzt werden, können mit Betonplatten im Splittbett, Platten auf Stelzlagern oder einem Holzrost (Holzdielen auf Lagerhölzern) ausgeführt werden. Während die Betonplatten im Splittbett durch ihre flächenbezogene Masse wirksam sind, kann bei Stelzlagern und Holzrosten eine zusätzliche Reduzierung der Übertragung durch Entkopplungsmaßnahmen (elastische Lagerung auf Baulagern) erreicht werden.

Hierzu wird das Entkopplungsmaterial vom Hersteller auf eine geeignete Eigenfrequenz des Aufbaus ausgelegt. Eine gute Entkopplung ist für Eigenfrequenzen $f_0 = 20$ bis 30 Hz zu erwarten. Um eine möglichst geringe Einfederung zu erreichen, wurde bei dem geprüften Aufbau die Eigenfrequenz auf $f_0 < 60$ Hz ausgelegt.

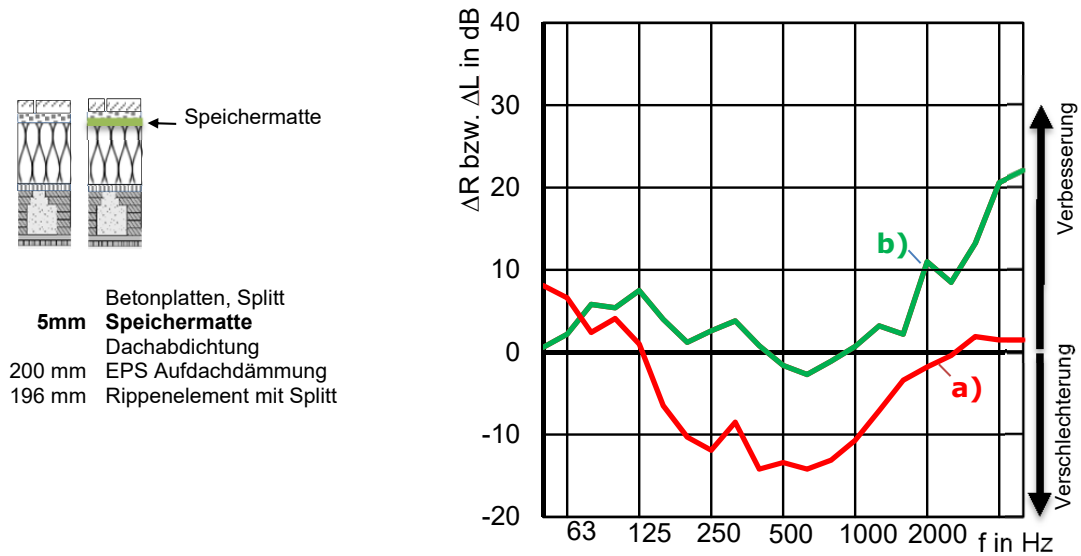


Abbildung 5 Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung durch Speichermatte aus der direkten Vergleichsmessung mit und ohne Speichermatte
a) Differenz Luftschalldämmung ΔR mit und ohne Speicherschutzmatte
b) Trittschallminderung ΔL durch die Speicherschutzmatte

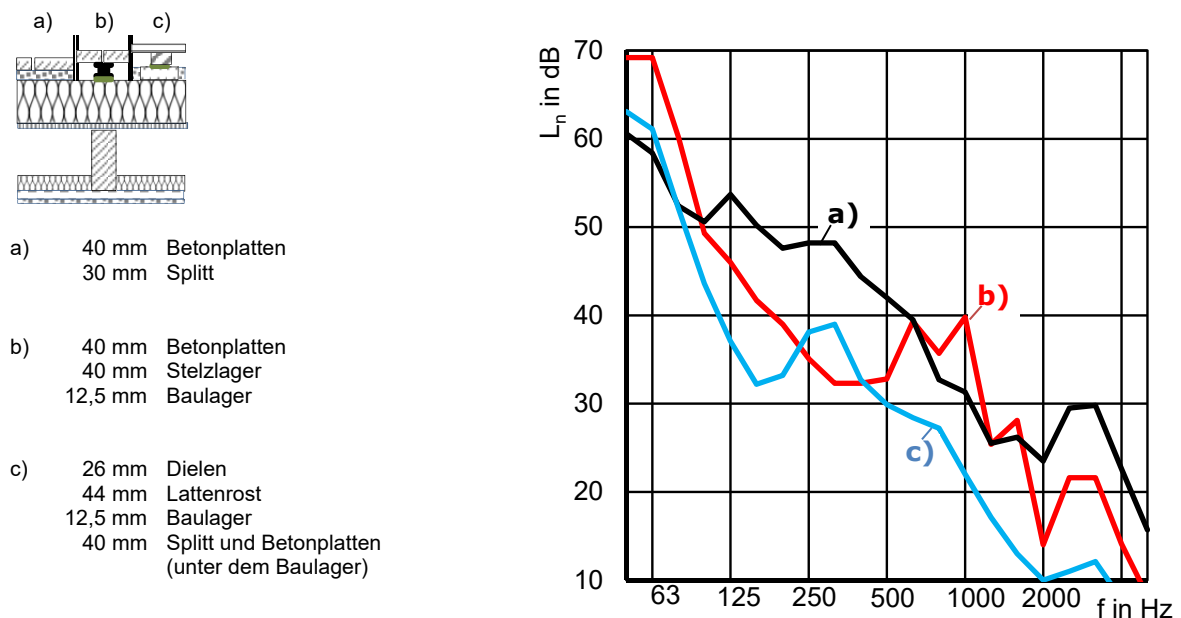


Abbildung 6 Norm-Trittschallpegel unterschiedlicher Aufbauten auf einem Sparren-/ Balkenelement mit abgehängter Unterdecke und 140 mm EPS-Aufdachdämmplatten
a) Betonplatten im Splittbett, $L_{n,w} = 44$ dB
b) Betonplatten auf Stelzlager, Entkopplung durch Baulager, $L_{n,w} = 38$ dB
c) Dielen auf Lattenrost, Entkopplung durch Baulager, Zusatzmasse durch Splitt, $L_{n,w} = 31$ dB

4 Danksagung

Das diesem Forschungsbericht zugrundeliegende Vorhaben wurde dankenswerter Weise mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-17.41). Das Forschungsprojekt wurde durch eine projektbegleitende Arbeitsgruppe aus Beratern und Industriepartnern betreut, die das gesamte Projekt sowohl ideell als auch finanziell unterstützten und somit maßgeblich zum Gelingen beitrugen. Den Mitgliedern der Arbeitsgruppe gilt besonderer Dank:

	Forschungsinitiative Zukunft Bau Kisseler, S.
	BDF Müller, M.
	Holzbau Deutschland Schmidt-Hieber, F.
	Alwitra Löcherbach, J.
	Lignotrend Rupprecht, M.
	Lignatur AG Schläpfer, R.
	Prefa Kirchmayr, H., Hanf, K
	Stora Enso Kumer, N.
	Regnauer Sebald, S.
	Getzner Wiederin, S.



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