

Schalltechnische Planung von Außenbauteilen – Außenwände, Dach- und Terrassenkonstruktionen

Andreas Rabold
Technische Hochschule Rosenheim
und ift Rosenheim
Rosenheim, Deutschland



Camille Châteaueux-Hellwig
Technische Hochschule Rosenheim
Rosenheim, Deutschland



Stefan Bacher
ift Rosenheim
Rosenheim, Deutschland



Schalltechnische Planung von Außenbauteilen – Außenwände, Dach- und Terrassenkonstruktionen

1. Einleitung

Die schalltechnische Planung von Außenbauteilen erfordert zunächst die Beurteilung der Lärmsituation am Gebäudestandort. Aus dem vorhandenen Außenlärmpegel kann dann die erforderliche Schalldämmung des Außenbauteils abgeleitet und geeignete Bauteile ausgewählt werden. Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Anforderungen ist im deutschsprachigen Raum sehr ähnlich, wenngleich die Verfahren auf den ersten Blick mit unterschiedlichen Kenngrößen arbeiten.

Im Fokus der Beurteilung steht dabei der im Innenraum wahrnehmbare Schalldruckpegel. Um diesen unterhalb der angestrebten Grenzwerte zu halten, nimmt die Anforderung an die Schalldämmung der Außenbauteile mit steigender Außenlärmexposition ebenfalls zu. Dabei wird jedoch nicht eine Unhörbarkeit des Außenlärms im Innenraum angestrebt, sondern ein noch vertretbarer Innenpegel, der vegetative Reaktionen und Schlafstörungen des Bewohners vermeiden soll.

Die Nachweise über die Einhaltung der Anforderungen werden über das resultierende bewertete Schalldämm-Maß der von innen sichtbaren Außenbauteilflächen inkl. aller Einbauten und ggf. relevanter Flankenübertragung durchgeführt, wobei in der Schweiz und z.T. auch in Österreich, der Spektrum-Anpassungswert C_{tr} zu berücksichtigen ist. In Deutschland ist dies noch in der Diskussion.

Nachfolgend soll zunächst auf den Einfluss dieser Kenngrößen eingegangen und danach die Bauteile Dach und Außenwand in Bezug auf ihre schalltechnische Leistungsfähigkeit betrachtet werden. Im Ausblick wird auf die zu erwartenden Regengeräusche im ausgebauten Dachgeschoß eingegangen, die keine Anforderungsgröße darstellen, aber dennoch einen nicht unerheblichen Einfluss auf das Wahrnehmen der Wohnqualität haben.

2. Einfluss der Kenngrößen

Der für den Vergleich der Kenngrößen benötigte Innenpegel L_i kann nach Gleichung (1) aus dem vorhandenen Außenlärmpegel L_a und dem Schalldämm-Maß R des Außenbauteils bestimmt werden. Zusätzlich erfolgt die Berücksichtigung der von innen sichtbaren Außenbauteilfläche als schallübertragende Fläche S_s und die Berücksichtigung der Schallabsorption im Innenraum durch die äquivalente Schallabsorptionsfläche A .

$$L_i = L_a - R + 10 \lg \left(\frac{S_s}{A} \right) \quad \text{bzw.} \quad L_i = L_a - R + 10 \lg \left(\frac{S_s}{0,8 S_G} \right) \quad (1)$$

Für die Berechnungsbeispiele wird $A = 0,16 V/T$ eingesetzt. Mit einem Volumen V das sich aus der üblichen Raumhöhe $H = 2,50$ m und der Grundfläche S_G zu $V = 2,5 S_G$ ergibt sowie einer bauüblichen Nachhallzeit $T_0 = 0,5$ s folgt die rechte Darstellung in Gleichung (1). Die Flächen werden in den Beispielen mit $S_s = 10$ m² und $S_G = 20$ m² gewählt.

Die Berechnung nach Gleichung (1) wird exemplarisch mit innerstädtischem Straßenlärm für die nachfolgend beschriebenen Außenbauteile auf unterschiedliche Weise durchgeführt:

- Berechnung mit dem bewerteten Schalldämm-Maß R_w bzw. $R_{w,res}$ bei Berücksichtigung der Fenster in einem resultierendem Schalldämm-Maß.
- Berechnung mit dem bewerteten Schalldämm-Maß + Spektrum-Anpassungswert $R_w + C_{tr}$ bzw. $(R_w + C_{tr})_{res}$
- Berechnung mit Spektrum-Anpassungswerten im erweiterten Frequenzbereich $R_w + C_{tr,50-5000}$ bzw. $(R_w + C_{tr,50-5000})_{res}$
- Frequenzabhängige Berechnung mit R und L_a für jedes Terzband (50 - 5000 Hz) mit anschließender A-Bewertung des Innenpegels.

Für die Ermittlung der zu erwartenden Innenpegel auf Basis der aktualisierten Außenlärmspektren, wird zunächst eine Zusammenstellung typischer Außenbauteile benötigt. Hierzu wurden je 5 Massivwände, 5 Holztafelbau- und Massivholzwände sowie 5 Flach- und Steildächer aus den Bauteilkatalogen ausgewählt. Die bewerteten Schalldämm-Maße der Bauteile liegen zwischen $R_w = 37$ dB und 70 dB.

2.1. Korrelation zwischen Schalldämm-Maß und Innenpegel

Zum Vergleich der unterschiedlichen Kenngrößen wurde zunächst der Zusammenhang zwischen dem bewerteten Schalldämm-Maß des Außenbauteils ohne Einbauten / Fenster und dem A-bewerteten Innenpegel ausgewertet (siehe Abbildung 1). Wird, wie im aktuellen Nachweisverfahren vorgegeben, lediglich das bewertete Schalldämm-Maß R_w für die Berechnung nach (1) verwendet, so liegt mit einem Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,59$ eine nur schwache Korrelation zwischen dem bewerteten Schalldämm-Maß und dem vom Bewohner wahrgenommenen Innenpegel vor. Mit Hinzunahme des Spektrum-Anpassungswerts $R_w + C_{tr}$ verbessert sich diese Korrelation deutlich (Abbildung 1, Mitte). Durch die Berücksichtigung des Spektrum-Anpassungswerts im erweiterten Frequenzbereich $R_w + C_{tr,50-5000}$ ist eine weitere deutliche Verbesserung des Zusammenhangs möglich (Abbildung 1, rechts). Die Wahl des Außenlärmpegels L_a und der Flächenverhältnisse (S_s/S_G) haben keinen Einfluss auf die Korrelation der Berechnungsergebnisse in Abbildung 1.

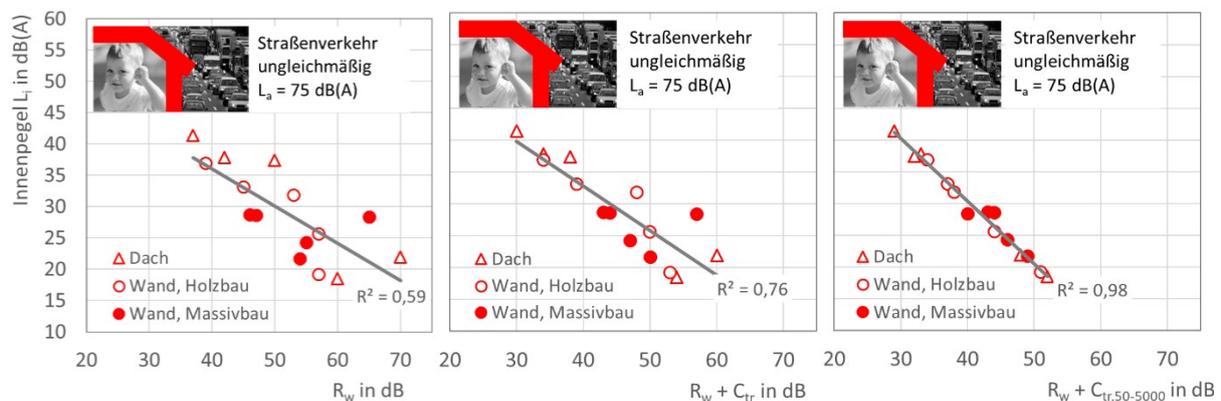


Abbildung 1: Vergleich der unterschiedlichen Einzahlwerte als Kenngrößen für die Schalldämmung des Außenbauteils mit dem gehörrichtig bewerteten Innenpegel.

Links: Berechnung mit R_w , Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,59$

Mitte: Berechnung mit $R_w + C_{tr}$, Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,76$

Rechts: Berechnung mit $R_w + C_{tr,50-5000}$, Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,98$

2.2. Berücksichtigung der eingebauten Fenster

Werden im Außenbauteil Fenster- oder Fassadenelemente eingebaut, erfolgt die Berechnung mit dem resultierenden Schalldämm-Maß. Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse für ein Fenster mit $R_w (C; C_{tr}) = 45 (-2; -5)$ dB, $C_{50-5000} = -1$ dB, $C_{tr,50-5000} = -5$ dB und einem Flächenanteil von 30 %. Die Abstufung entspricht der Betrachtung ohne Fenster. Die Korrelation allein für den R_w wird allerdings besser, da das Fenster als maßgebliches Bauteil üblicherweise keine Einbrüche in der Schalldämmung unter 100 Hz aufweist. Dieser Effekt zeigt sich umso deutlicher umso größer der Flächenanteil der Fenster ist.

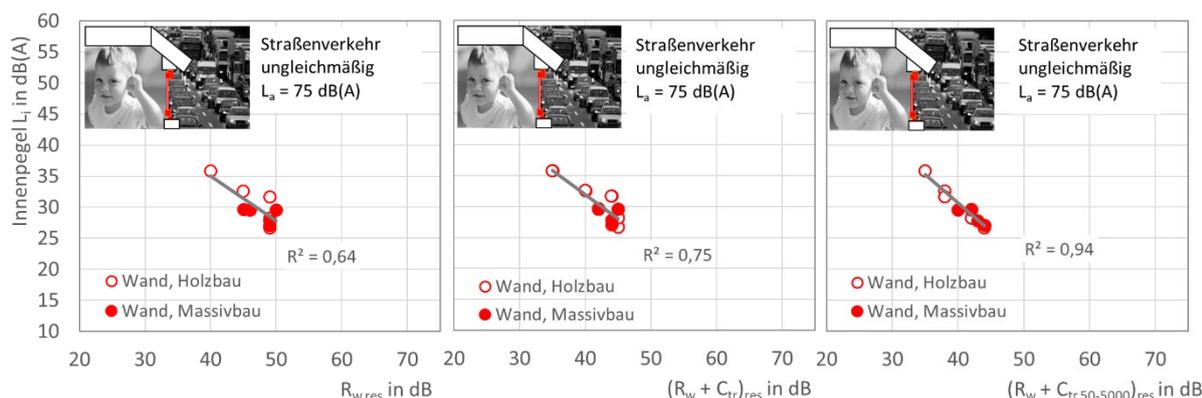


Abbildung 2: Vergleich der unterschiedlichen Einzahlwerte als Kenngrößen für die Schalldämmung der Außenbauteile (Wände) inkl. 30 % Fensterfläche mit dem gehörrichtig bewerteten Innenpegel.

Links: Berechnung mit $R_{w,res}$, Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,64$

Mitte: Berechnung mit $(R_w + C_{tr})_{res}$, Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,75$

Rechts: Berechnung mit $(R_w + C_{tr,50-5000})_{res}$, Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,94$

2.3. Vergleich zur frequenzabhängigen Berechnung

Eine quantitative Beurteilung der Abweichung zwischen der Berechnung und dem tatsächlich vorhandenen Innenpegel lässt sich durch den Vergleich der bisher dargestellten Einzahlwert-Berechnung mit der frequenzabhängigen Berechnung des Innenpegels erreichen. Abbildung 3 zeigt diese Abweichung zur frequenzabhängigen Berechnung für das o.g. Beispiel mit 30% Fensterflächenanteil.

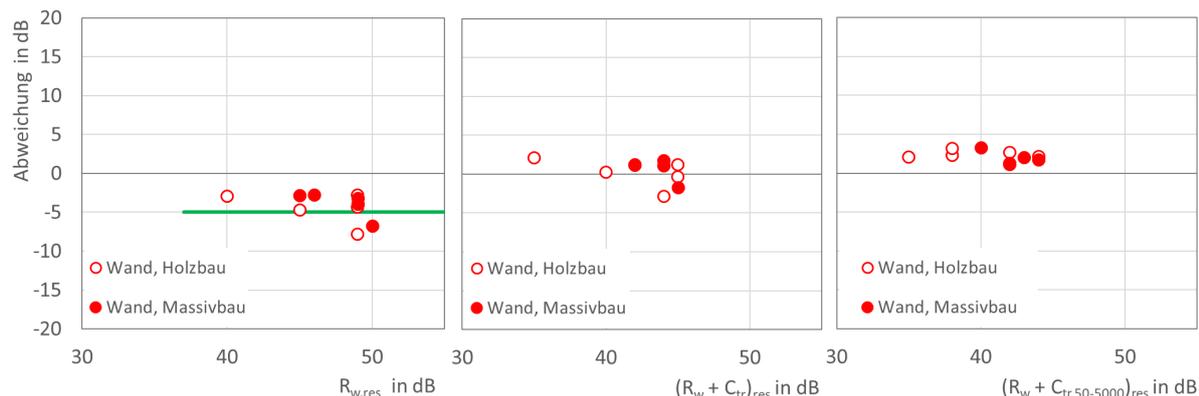


Abbildung 3: Abweichungen zwischen dem A-bewerteten Innenpegel aus der Berechnung mit Einzahlwerten gegenüber der frequenzabhängigen Berechnung für Außenbauteile (Wände) mit Fenster (30 % Fensterfläche).

Links: Berechnung mit $R_{w,res}$, mittlere Abweichung $\bar{x} = -4,2$ dB, Standardabweichung $\sigma = 1,8$ dB

Mitte: Berechnung mit $(R_w + C_{tr})_{res}$, mittlere Abweichung $\bar{x} = 0,4$ dB, Standardabweichung $\sigma = 1,6$ dB

Rechts: Berechnung mit $(R_w + C_{tr,50-5000})_{res}$, mittlere Abweichung $\bar{x} = 2,2$ dB, Standardabw. $\sigma = 0,7$ dB

Die frequenzabhängig berechneten Innenpegel sind in Abbildung 3, links im Mittel um 4,2 dB höher als die Berechnungsergebnisse mit R_w als Einzahlwert. Bei dem aktuellen Nachweisverfahren nach DIN 4109, das mit dem R_w als Eingangsgröße arbeitet, wurde zur Kompensation eine zusätzliche Sicherheit von 5 dB angesetzt, die bei den Anforderungswerten pauschal berücksichtigt wurde [1]. Wird hingegen der Spektrum-Anpassungswert in der Berechnung berücksichtigt (Abbildung 3, Mitte), entfällt diese «5 dB-Verschiebung» der Ergebnisse. Bei der Berechnung mit den Spektrum-Anpassungswerten im erweiterten Frequenzbereich (Abbildung 3, rechts), liegen die Ergebnisse im Mittel um 2 dB auf der sicheren Seite. Die Berechnungen wurden für den Fall des innerstädtischen Straßenverkehrs durchgeführt, Analysen mit anderen Lärmsituationen führten zu den gleichen Schlussfolgerungen.

Eine Berücksichtigung der Spektrum- Anpassungswerte im Anforderungswert ist also durchaus sinnvoll. Die beste Korrelation wird im erweiterten Frequenzbereich erreicht. Bei Bauteilen, deren Schalldämmung durch das Fenster dominiert wird, ist auch die Auswertung ab 100 Hz ausreichend.

3. Außenbauteile

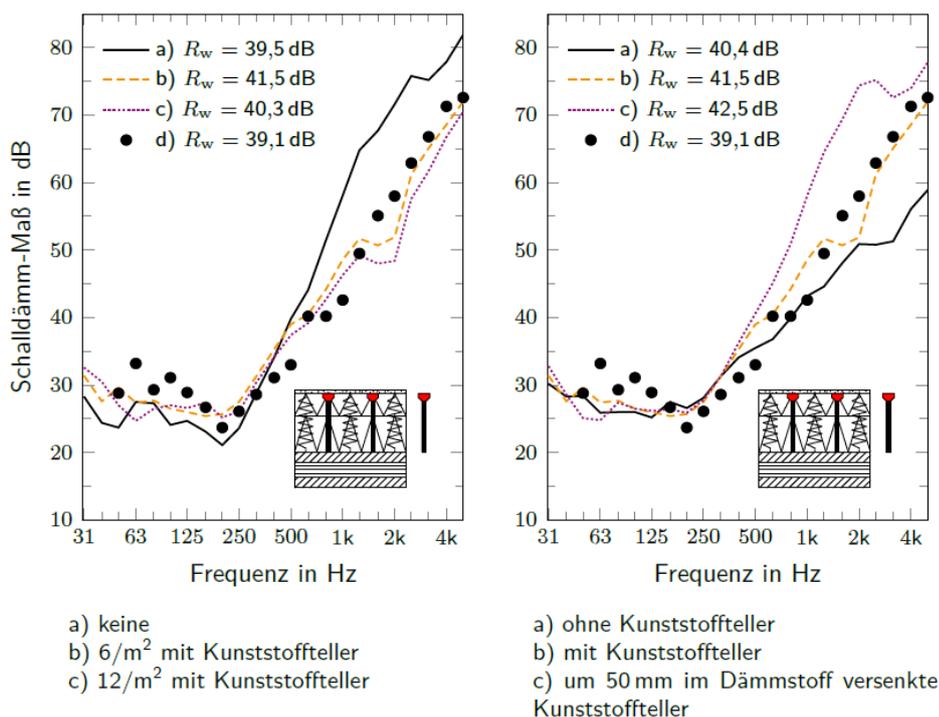
3.1. Außenwände

Die meisten Wandkonstruktionen im Holzbau lassen sich unabhängig von ihrem konkreten Einsatz auf wenige Grundelemente zurückführen. Nachfolgend wird hierbei zwischen der Holztafelbauweise und der Massivholzbauweise unterschieden. Die Schalldämmung von Holztafelbauwänden wird über den Ständerabstand der Grundwand, die Ständertiefe (Dicke des Hohlraumes) und die Beplankungsausführung beeinflusst. Auf die Grundkonstruktion wird i.d.R. eine Außenwärmedämmung aufgebracht und – falls erforderlich – noch eine innenseitige Vorsatzschale als Installationsebene.

Beispiele für die Schalldämmung von Holztafel-Außenwänden und die Verbesserung durch Außendämmungen und Installationsebenen sind in Abbildung 4 dargestellt. Die aus der Konstruktion resultierenden Resonanzen lassen sich im Verlauf der Schalldämmung als Einbrüche erkennen. Für die Grundwand tritt in Abbildung 4 a) bei ca. 50 Hz die Masse-Feder-Masse-Resonanz f_0 und bei ca. 2 kHz die Koinzidenzfrequenz auf. Der Einbruch bei f_0 ist besonders ausgeprägt, wenn er mit der Lage einer passenden Platteneigenfrequenz der Wandbeplankung (hier bei ca. 40 Hz und 100 Hz) übereinstimmt. Der Austausch der äußeren Beplankung durch eine verputzte Holzfaser-Dämmplatte bringt eine deutliche Verbesserung ab 500 Hz, die zusätzliche Installationsebene ab 100 Hz (Abbildung 4 b) und c)). Die frequenzabhängige Darstellung der Schalldämmung zeigt, dass die tieffrequente Verbesserung durch diese Maßnahmen jedoch recht gering ist. In Fällen mit tieffrequenten Anregungsspektren (z. B. Straßenverkehr mit hohem LKW-Anteil) kann die Verwendung von Konstruktionen mit einer verbesserten Schalldämmung bei tiefen Frequenzen sinnvoll sein.

Massivholzwände können als einschalige Bauteile anhand ihrer flächenbezogenen Masse berechnet werden [4]. Ihre Schalldämmung liegt typischerweise zwischen $R_w = 30$ dB und 40 dB. Zusätzlich aufgebrachte Außendämmungen oder raumseitige Installationsebenen können bei entsprechender Abstimmung der Resonanzfrequenz deutliche Verbesserungen ergeben.

Optimierungsbedarf besteht häufig beim Einsatz von Massivholzwänden mit WDVS ohne raumseitige Zusatzmaßnahmen. Diese Außenwandkonstruktion ist von besonderem Interesse, da sie im mehrgeschossigen Wohnungsbau gerne verwendet wird. Der gemessene Ausgangswert der Schalldämmung mit $R_w = 39$ dB ist jedoch für viele Einsatzzwecke noch nicht ausreichend (siehe Abbildung 5).



Der einfache Schichtaufbau der Wandkonstruktion steht einer geringen Entkopplung durch das WDVS gegenüber. Weiche WDVS mit einer günstigen Masse-Feder-Masse-Resonanz sind in der Regel nicht praxistauglich. Zudem bewirkt die erforderliche Befestigung mit Dübeln (Holzschraube mit Teller) eine Kopplung zwischen der Putzschicht und der Grundwand. Eine Analyse der Konstruktion in Bezug auf mögliche Verbesserungsmaßnahmen erscheint deshalb sinnvoller. Auf den Messwerten aufbauend, wurden hierzu in [5] Berechnungen der Schalldämmung auf Basis der Finiten Elemente Methode durchgeführt.

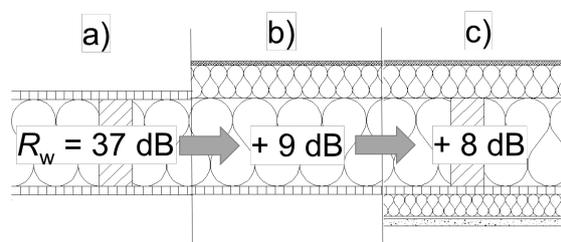
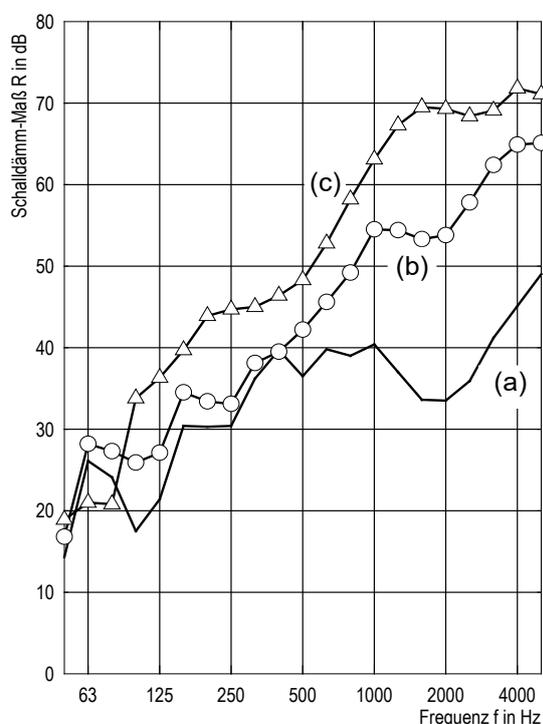


Abbildung 4: Konstruktive Maßnahmen bei einer Holztafel-Außenwand

- a) Holztafelwand mit beidseitig OSB-Beplankung, $R_w = 37\text{ dB}$, $C_{tr,50-5000} = -9\text{ dB}$
- b) Holztafel-Außenwand mit 60 mm Holzfaser-WDVS, $R_w = 46\text{ dB}$, $C_{tr,50-5000} = -9\text{ dB}$
- c) Holztafel-Außenwand mit 60 mm Holzfaser-WDVS und Vorsatzschale, $R_w = 53\text{ dB}$, $C_{tr,50-5000} = -13\text{ dB}$ aus [3]

Nach der Validierung der Simulation gegenüber den Messwerten, die im angestrebten Bereich lag (Messwert $\pm 3\text{ dB}$), wurde zunächst der Einfluss der Dübel auf die Schalldämmung untersucht. Auffällig ist die Verbesserung der Schalldämmung durch die Dübel im Bereich unter 250 Hz durch eine Bedämpfung der Eigenmoden, wie dies auch messtechnisch in [6] ermittelt wurde. Oberhalb von ca. 500 Hz wird die Schalldämmung durch den koppelnden Einfluss der Dübel verschlechtert. Dies kann vermieden werden, wenn die Dübelteller um 50 mm im Dämmstoff versenkt werden. Die aus Wärme- / Feuchteschutzgründen montierte zusätzliche Dämmstoffschicht zwischen Dübelteller und Putzebene bewirkt dann eine gute Entkopplung.

Im zweiten Schritt wurde die Art und die Dicke der Putzschicht variiert, um das Verbesserungspotential, der für den Brandschutz erforderlichen Zusatz-Putzmasse, für die Schalldämmung des Wandaufbaus zu simulieren. Abbildung 6, links zeigt den Einfluss der Putz-Rohdichte auf die Schalldämmung. Rechts wird die Schalldämmung bei einer 30 mm starken Putzschicht gezeigt.

Die Erhöhung der Putzschicht-Dicke lässt eine starke Verbesserung der Schalldämmung erwarten. Die aus brandschutztechnischen Gründen erforderliche Maßnahme ermöglicht damit gleichzeitig Zielwerte $R_w > 45\text{ dB}$ zu erreichen. Messtechnische Untersuchungen zur Ermittlung von Planungsdaten für diese Optimierungsansätze stehen noch aus.

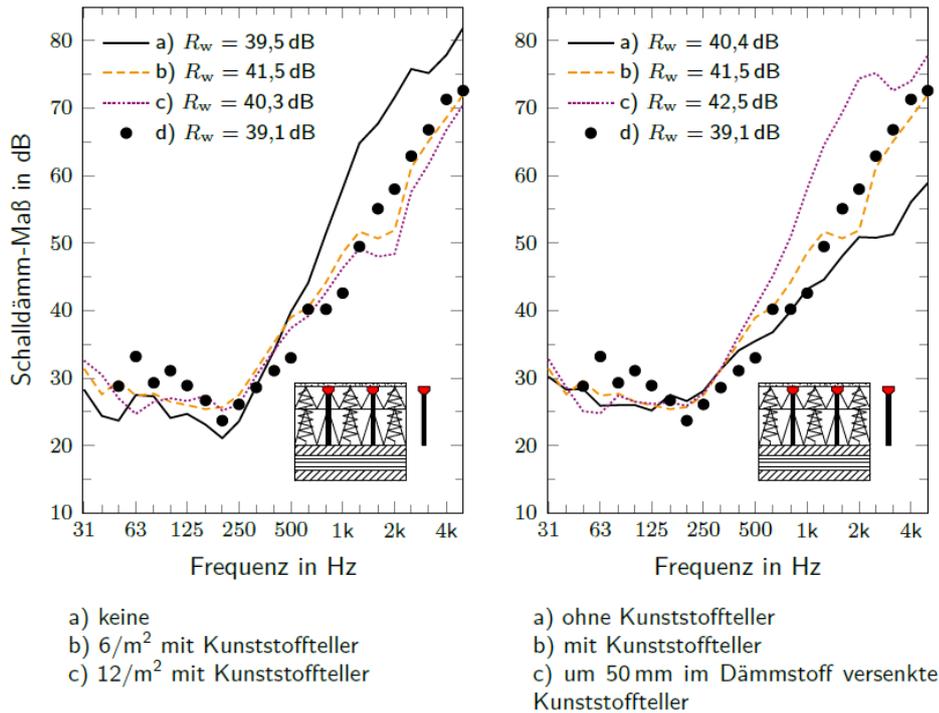


Abbildung 5: Schalldämmung einer 100 mm Massivholzwand mit WDVS (7 mm Putz, 160 mm Holzfaserdämmplatten). FEM-Berechnungsergebnisse (Kurven a bis c) für die Variation der Dübelanzahl (links) und der Putzankopplung an den Dübel (rechts). Zum Vergleich das Messergebnis der Bauteilprüfung (Kurve d) mit 6 Kunststoffteller-Dübeln. Berechnung aus [5].

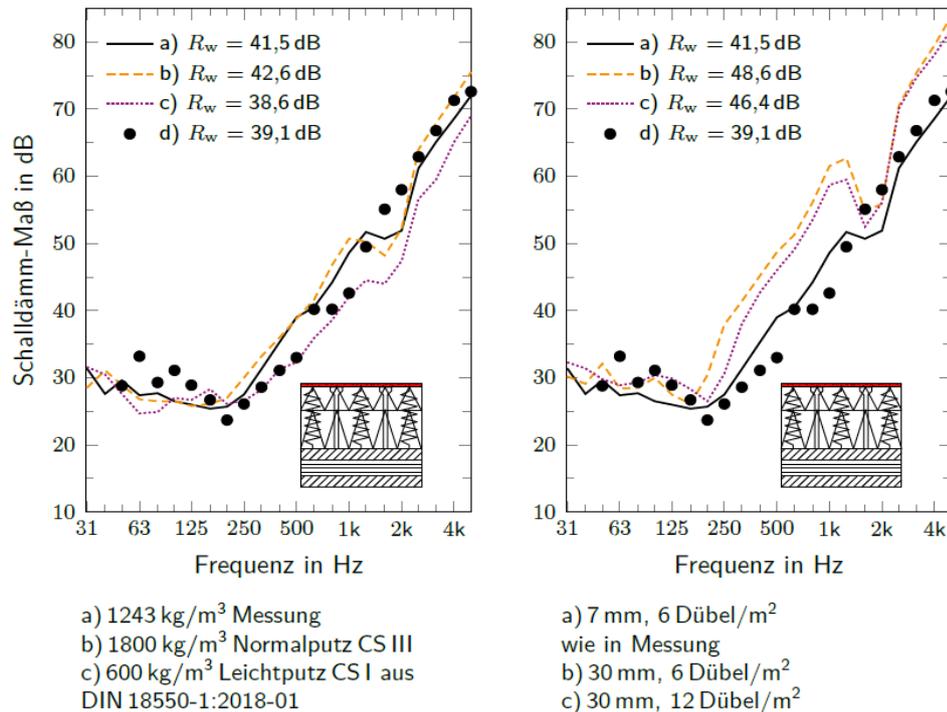


Abbildung 6: Schalldämmung einer Massivholzwand mit WDVS. FEM-Berechnungsergebnisse (Kurven a bis c) für die Variation der Putz-Rohdichte (links) und der Putzdicke (rechts). Zum Vergleich das Messergebnis der Bauteilprüfung (Kurve d) mit 7 mm Putz, $\rho = 1243 \text{ kg}/m^3$ und 6 Dübel/ m^2 [5].

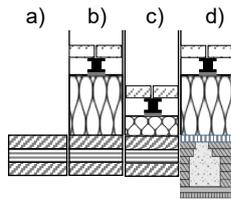
3.2. Flachdächer und Dachterrassen

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. Neben den statischen und bauphysikalischen Anforderungen werden im Bereich von Dachterrassen (wie auch für Loggien) häufig zusätzliche Vorgaben, wie Lattenroste oder Betonplatten als Gehbelag gemacht, die nur eine geringe Entkopplung ermöglichen. Auch die Zielsetzung einer möglichst niedrigen Stufe zwischen Wohnbereich und Dachterrasse im Zuge einer barrierefreien Ausführung stellt eine zusätzliche Herausforderung dar. Nachfolgend soll anhand einiger Konstruktionsbeispiele auf die Einflussgrößen der Schalldämmung von Flachdächern und leicht geneigten Dächern eingegangen werden [2].

Dämmung

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 offenporige 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 ρ zwischen 5 kPa s/m² und 50 kPa s/m² 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 wegen 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 7 zeigt, unterscheidet sich das bewertete Schalldämmmaß R_w des Aufbaus b) mit 200 mm EPS-Aufdachdämmung ($R_w = 38$ dB) kaum vom Grundelement (Aufbau a) mit $R_w = 37$ 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).



- a) 140 mm Brettsperrholzelement,
 $m' = 68 \text{ kg/m}^2$
- b) Betonplatten auf Stelzlager
200 mm EPS Aufdachdämmung
140 mm Brettsperrholzelement
- c) Betonplatten auf Stelzlager
58 mm Vakuum-Dämmplatte
140 mm Brettsperrholzelement
- d) Betonplatten auf Stelzlager
200 mm EPS Aufdachdämmung
196 mm Rippelement mit Splitt,
 $m' = 145 \text{ kg/m}^2$

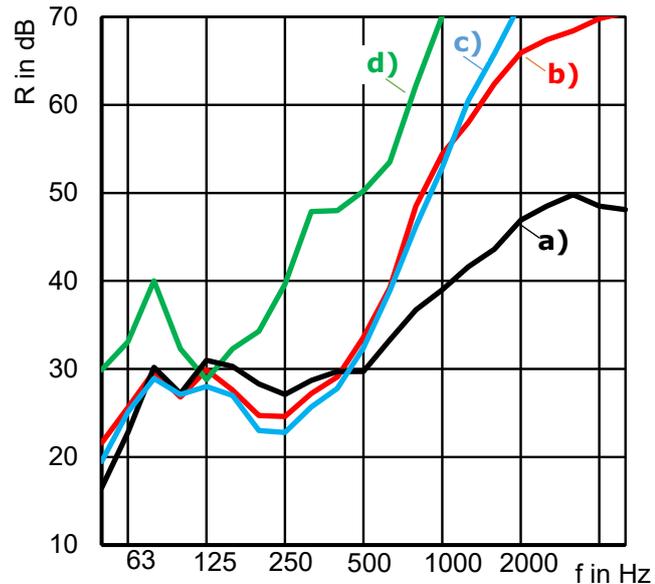


Abbildung 7: Einfluss der Aufdachdämmung auf das Schalldämm-Maß von Flachdachaufbauten. Der Aufbau oberhalb der Dämmplatte (hier: 40 mm Betonplatten, Stelzlager, Baulager, Dachabdichtung) ist für die Luftschallübertragung auf Grund der Fugen zwischen den Betonplatten nicht maßgebend.

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

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 5c). Bisherige Vergleichsmessungen ergaben jedoch auch für Dachaufbauten mit extensiver Dachbegrünung deutlich geringere Schalldämm-Maße als für Dachaufbauten mit Kiesauflagen gleicher flächenbezogener Masse (siehe Abbildung 5a). 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.

Für leicht geneigte Dächer kommen Metaldachdeckungen zum Einsatz. Leichte Dachabdichtungen und Metaldachdeckungen verhalten sich insgesamt ungünstiger als schwere, mehrlagig aufgebrachte Abdichtungsbahnen. Bei Metalleindeckungen können jedoch Holzfaserdämmplatten eingesetzt werden, die eine deutliche Verbesserung gegenüber Hartschaumdämmplatten ergeben. Zusätzlich wurde zur Bedämpfung der Metalleindeckung eine Bitumen-Unterdachbahn eingebaut, um die Geräuschentwicklung bei Starkregen zu reduzieren. Begehbare Dächer die als Dachterrassen genutzt werden, können mit Betonplatten im Splittbett, Platten auf Stelzlager oder einem Holzrost (Holzdielen auf Lagerhölzern) ausgeführt werden. Während die Betonplatten im Splittbett durch ihre flächenbezogene Masse wirksam sind, kann bei Stelzlager 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 $f_0 < 60 \text{ Hz}$ ausgelegt.

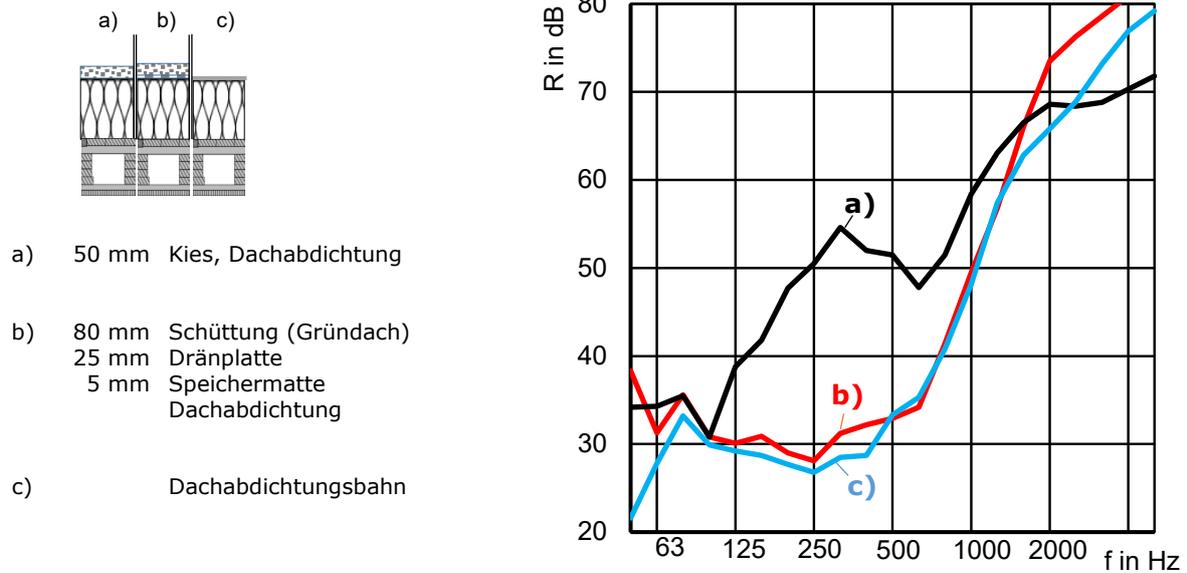


Abbildung 8: Vergleich der Aufbauten: Kiesdach, Gründach und einfache Dachabdichtungsbahn auf einem Brettsperrholz – Kastenelement mit 200 mm EPS Aufdachdämmung

a) Kiesdach, $R_w = 55$ dB, b) Gründach, $R_w = 39$ dB, c) Dachabdichtung, $R_w = 38$ dB

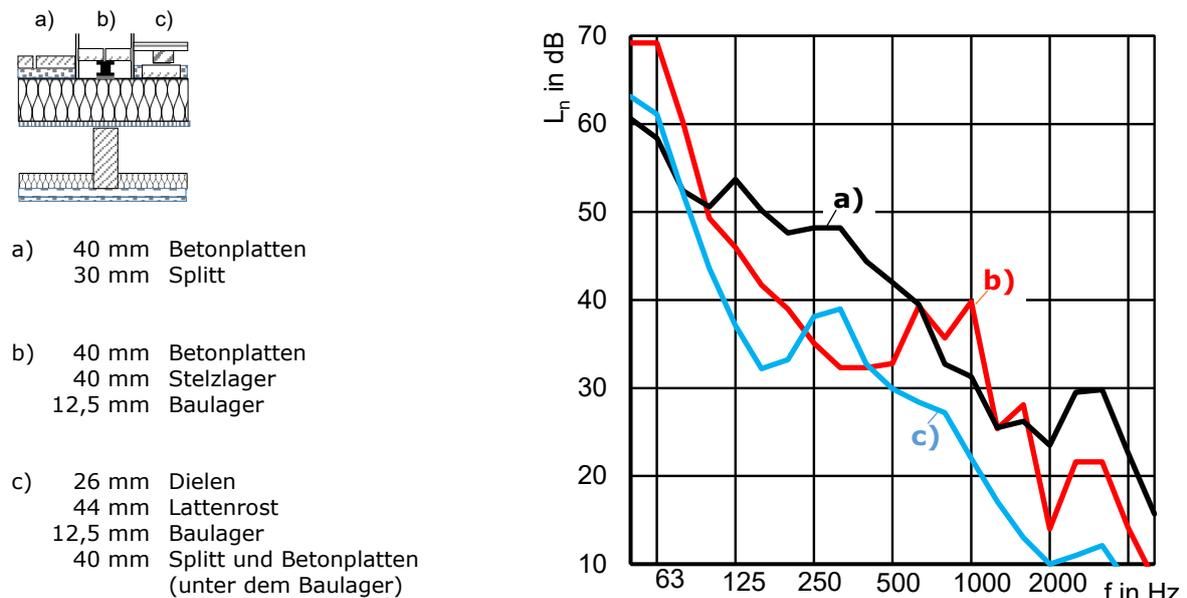


Abbildung 9: Norm-Trittschallpegel unterschiedlicher Aufbauten auf einem Sparren-/Balkenelement mit abgehängter Unterdecke und 140 mm EPS-Aufdachdämmplatten. a) Betonplatten im Splittbett, $L_{n,w} = 44$ dB, b) Betonplatten auf Stelzlager, Entkopplung durch Baulager, $L_{n,w} = 38$ dB, c) Dielen auf Lattenrost, Entkopplung durch Baulager, Zusatzmasse durch Splitt, $L_{n,w} = 31$ dB

4. Regengeräusche

Für flach geneigte Dächer mit Metalleindeckung aber auch für Dächer mit einem großen Dachflächen-Fensteranteil, ist bei der Planung auch die Berücksichtigung von Regengeräuschen von Interesse.

Vor allem bei Konstruktionen mit sehr leichten Aufdachdämmungen und Metalleindeckungen können Regengeräusche im Wohnraum wahrnehmbar werden. Bei den Untersuchungen dieser Dachtypen war somit von Interesse, ob die Wahrnehmung der Regengeräusche im Wohnraum in einen direkten Zusammenhang mit der Schalldämmung der Dachelemente gebracht werden kann. Dies würde eine Beurteilung der zu erwartenden Regengeräusche stark vereinfachen. Im Forschungsprojekt [2] und einer anschließenden Abschlussarbeit an der TH Rosenheim [7], [8] wurden hierzu Berechnungsmodelle für die Regengeräusche mit Messergebnissen in einem Regenprüfstand bei natürlicher Beregnung verglichen.

Für die Überprüfung der Berechnungsmodelle konnte auf eine Abschlussarbeit an der HfT Stuttgart [9] zugegriffen werden, in der verschiedene Scheiben, Plattenmaterialien und einfache Konstruktionen, sowohl in Bezug auf ihr Schalldämm-Maß als auch auf die übertragenen Regengeräusche im Norm-Regenprüfstand des IBP Stuttgart untersucht wurden. Diese Aufbauten wurden zur Validierung gegengerechnet und dann mit den Berechnungsergebnissen für die kompletten Dachaufbauten verglichen. Abbildung 10 zeigt diesen Vergleich für den Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Schallintensitätspegel $L_{I,A}$ und dem bewerteten Schalldämm-Maß R_w .

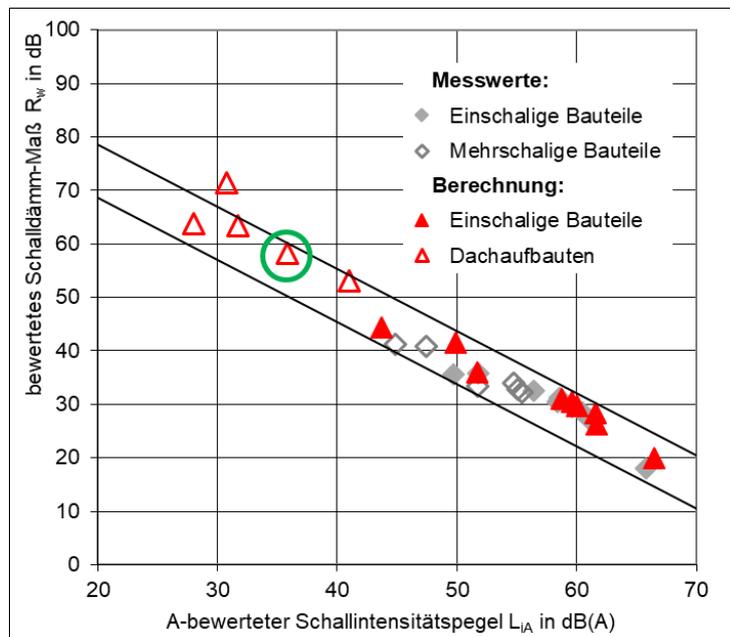


Abbildung 10: Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Schallintensitätspegel $L_{I,A}$ und dem bewerteten Schalldämm-Maß R_w für unterschiedliche Bauteile. Messwerte nach [9], Berechnung nach [2] für Normbedingungen: 40 mm/h Niederschlag mit Tropfendurchmesser $D = 5,9$ mm, Fallhöhe: 3,50 m

Für den Vergleich der Messergebnisse bei natürlicher Regenanzregung wurde ein Aufbau aus Abbildung 10 gewählt (grün umrandet) und in den in situ Regenprüfstand eingebaut, um die Regenereignisse über mehrere Monate zu erfassen. Neben den Regengeräuschen wurde bei diesen Messungen auch die Regenmenge ermittelt. Damit konnte der Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Schalldruckpegel $L_{p,A}$ in üblichen Wohnräumen (für $H = 2,50$ m, $T = 0,5$ s, $S_{\text{Dach}} \approx S_G$) und der Niederschlagsmenge dargestellt werden.

Wie Abbildung 11 zeigt, lag die Niederschlagsmenge im Messzeitraum (Februar – Mai 2020) mit 0,1 bis 5 mm/h im Untersuchungszeitraum deutlich unter dem Wert für Normregen (40 mm/h). Die aus den Messdaten zu erwartenden A-bewerteten Schalldruckpegel in Wohnräumen liegen alle unter 25 dB(A). Unter Berücksichtigung des gewählten Dachaufbaus mit einem bewerteten Schalldämm-Maß $R_w = 58$ dB würden sich daraus folgende Grenzwerte für mäßige Regenereignisse (≤ 4 mm/h) ergeben:

$R_w \geq 48$ dB für einen Regengeräuschpegel $L_{p,A} < 35$ dB(A)

$R_w \geq 53$ dB für einen Regengeräuschpegel $L_{p,A} < 30$ dB(A)

$R_w \geq 58$ dB für einen Regengeräuschpegel $L_{p,A} < 25$ dB(A)

Diese Ergebnisse sollten durch weitere Messungen in der Bausituation an verschiedenen Standorten untersucht werden, um tragfähige Zielwerte für eine praxisnahe Planung festlegen zu können.

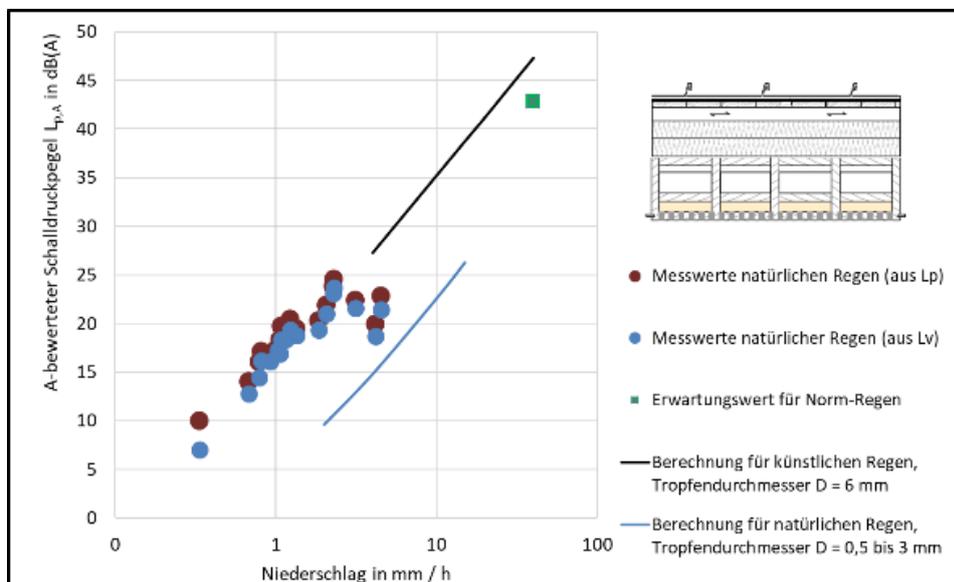


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Schalldruckpegel $L_{p,A}$ in üblichen Wohnräumen und der Niederschlagsmenge für den dargestellten Dachaufbau ($R_w = 58$ dB). Messwerte nach [7]

5. Zusammenfassung

Ein Vergleich der Kennwerte für die Schalldämmung von Außenbauteilen zeigt, dass eine Berücksichtigung der Spektrum-Anpassungswerte im Anforderungswert durchaus sinnvoll ist. Werden Außenwände mit Ihren verschiedenen Zusatzmaßnahmen betrachtet, wie dies in Abbildung 4 für eine Holztafelbauwand erfolgte, so relativiert die Berücksichtigung der Spektrum-Anpassungswerte häufig die Größe des Verbesserungspotentials.

Für Massivholz-Außenbauteile, die raumseitig unbedeckt bleiben sollen, wurden sowohl für den Einsatz als Außenwand als auch als Flachdach oder Dachterrasse Verbesserungsansätze aufgezeigt. Für Massivholzwände mit WDVS aus nachwachsenden Rohstoffen wurden anhand von FEM-Simulationen die Einflüsse der Befestigung und der Putzausführung dargestellt; bei Flachdächern und Dachterrasen das Verbesserungspotential durch Zusatzmassen im Dachelement.

Abschließend wurde eine Möglichkeit erläutert, die zu erwartenden Regengeräusche bei flachgeneigten Dächern mit Metalleindeckung abzuschätzen. Hier können über den Zusammenhang zwischen der Schalldämmung des Bauteils und der abgestrahlten Schallintensität bei Regenanzug Zielwerte abgeleitet werden.

6. Literatur

- [1] Andreas Meier, Forschungsvorhaben Schallschutz gegen Außenlärm, Anforderungen zum baulichen Schallschutz gegen Außenlärm nach DIN 4109 unter Berücksichtigung des derzeitigen Stands der Technik als Grundlage für bauaufsichtliche Regelungen, Fraunhofer IRB Verlag, 2021
- [2] Châteauevieux-Hellwig C., Bacher, S., Rabold, A., Schallschutz von Flachdächern in Holzbauweise – Luft- und Trittschalldämmung von Flachdächern und Dachterrassen, Forschungsprojekt ift Rosenheim, in Bearbeitung
- [3] Holtz, F.; Rabold, A.; Buschbacher, H.P.; Hessinger J.: Hochschalldämmende Außenbauteile aus Holz, DGfH-Forschungsbericht der LSW – Labor für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH (gefördert durch Holzabsatzfonds), 2003
- [4] Huber, A., Ermittlung von Planungsdaten für den Schallschutz von Außenwänden in Holzbauweise mit unterschiedlichen Dämmstofftypen. Datensammlung – Bauteilmessung – Simulation, Bachelor Thesis, Technische Hochschule Rosenheim, 2018
- [5] Huber, A., Entwicklung FEM basierter Modelle zur Vorhersage schalltechnischer Eigenschaften von Massivholzelementen mit Wärmedämmverbundsystemen aus nachwachsenden Rohstoffen, Masterarbeit, Technische Hochschule Rosenheim, 2020
- [6] Pirch, P. und B. Nusser (2017). «Schallschutz von WDVS auf Brettsper Holz wänden». In: Holz Haus Tage (5.–6. Okt. 2017). Bad Ischl.
- [7] Roderer, C.: Messung von Regengeräuschen in einem in situ Regenprüfstand, Bachelorarbeit TH Rosenheim, 2020
- [8] Martin, M., Prognose von Regengeräuschen aus der Anregungskraft der Regentropfen, Bachelorarbeit TH Rosenheim, 2019
- [9] Rube, A., Messung von Regengeräuschen nach DIN EN ISO 140-18, Vergleich von Schalldämmung und Regengeräuschpegel für verschiedene Bauteile, Bachelorarbeit HfT Stuttgart, 2011