

Schallschutz von Flachdächern in Holzbauweise - Luft- und Trittschalldämmung von Flachdächern und Dachterrassen

Camille Châteauevieux-Hellwig^{1,2}, Andreas Rabold^{1,2}, Stefan Bacher¹, Melina Martin², Michael Rudolf²

¹ ift Rosenheim GmbH, 83026 Rosenheim, E-Mail: Camille.Chateauevieux-Hellwig@fh-rosenheim.de

² Technische Hochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim

Einleitung

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. Im Bereich des Schallschutzes variieren die Ansprüche je nach Ausführung und Nutzung als reines Dachelement oder als begehbare Dachterrasse.

Planungsdaten, insbesondere für Konstruktionen in Holzbauweise, die den bauakustischen Ansprüchen entsprechen, sind nur sehr bedingt verfügbar. So wurden auch in der neuen DIN 4109 [1], [2] nur drei Aufbauten für leichte Flachdächer berücksichtigt.

Neben den statischen und bauphysikalischen Anforderungen werden im Bereich von Dachterrassen häufig zusätzliche Vorgaben, wie Lattenroste oder Betonplatten als Gehbelag gemacht.

In einem aktuellen Projekt [3] wurden deshalb Untersuchungen 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.

Zusätzlich wurden Regengeräusche bei natürlichem Regen an einem Prüfaufbau im Außenbereich untersucht und mit theoretischen Prognosemodellen verglichen.

Dachaufbauten

In Abstimmung mit den Projektpartnern wurde eine Prüfmatrix mit gängigen Dachkonstruktionen erstellt. Folgenden Bauteilvarianten werden berücksichtigt:

- Dachtypen: Flachdächer, Dachterrassen, leicht geneigte Dächer
- Elementtypen: Balken-/Sparrenelemente, Brettsperrholzelemente, Flächen-, Rippen- und Kastenelemente
- Dämmweise: Aufsparrendämmung, Zwischensparrendämmung
- Dämmungstyp: EPS, PUR, Vakuumpaneele, Holzfaserdämmplatten
- Eindeckung / Belag: Blechdach, Gründach, Kiesdach, Betonplatten, Lattenrost, Dachbahn

Durch vergleichende Messungen konnten für die verschiedenen Aufbauten die Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung durch die einzelnen Maßnahmen ermittelt werden.

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 (siehe Abbildung 1).

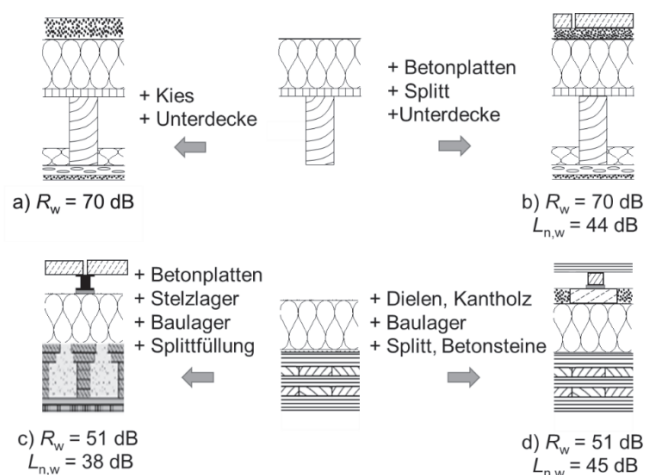


Abbildung 1: Flachdächer aus Sparren- oder Massivholzelementen mit unterschiedlichen Aufbauten:

- 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 Betonplattung (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. Die Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung (siehe Abbildung 2)

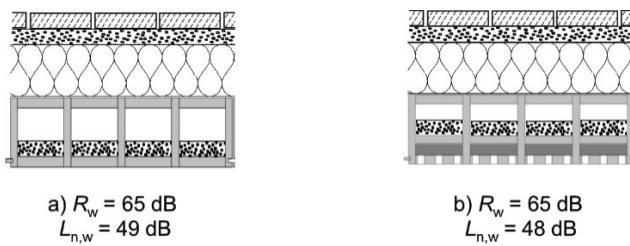


Abbildung 2: Flachdächer aus Massivholz-Kastenelementen, EPS Aufdachdämmung, Dachabdichtung und Betonplatten im Kiesbett:

- a) Kastenelement mit 50 kg/m² Splittfüllung
b) Akustikelement mit 50 kg/m² Splittfüllung

Unterdecken

Die Bekleidung der Unterdecke erfolgt in der Regel mit Plattenmaterialien. Vorteilhaft ist eine große flächenbezogene Masse bei geringer Biegesteifigkeit der Plattenmaterialien. Anstelle einer dicken sollten deshalb besser mehrere dünne Lagen aufgebracht werden. Mit geschlossenen Gipsbauplatten lassen sich gegenüber Nut-und-Feder-Schalungen auf Grund des geringeren Fugenanteils und der höheren flächenbezogenen Masse deutlich bessere Schalldämm-Maße erreichen.

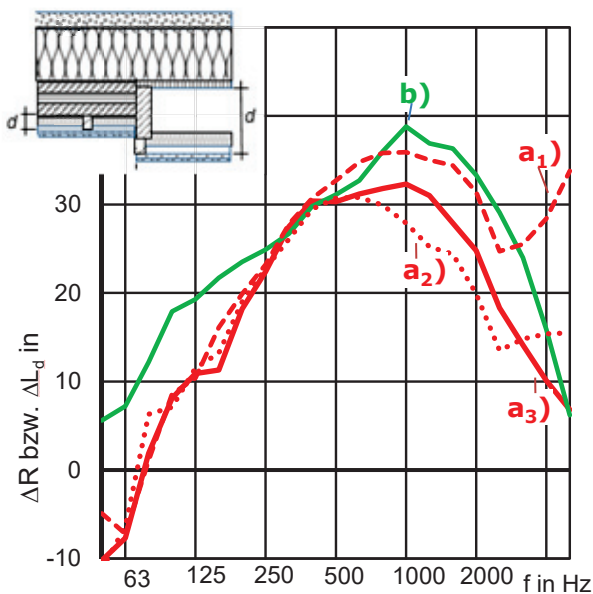


Abbildung 3: Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung durch Unterdecken mit unterschiedlich großen schalltechnisch wirksamen Luftschichtdicken d zwischen 90 mm und 285 mm. Die Eigenfrequenz des Unterdeckenabhängers betrug in beiden Fällen $f_0 < 30$ Hz.

- a) Unterdecke unter Massivholzelement, $d = 90$ mm, Masse-Feder-Masse-Resonanz $f_0 \approx 50$ Hz
a1: Verbesserung der Luftschalldämmung ΔR , gemessen am Grundelement
a2: Verbesserung der Luftschalldämmung ΔR , gemessen am vollständigen Dachaufbau
a3: Trittschallminderung ΔL_d , gemessen am vollständigen Dachaufbau
b) Unterdecke unter Balkenelement, $d = 285$ mm, Masse-Feder-Masse-Resonanz $f_0 \approx 25$ Hz aus [4]

Unterdecken wirken nach dem „Masse-Feder-Masse-System“, das erst oberhalb seiner Eigenfrequenz f_0 eine deutliche Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung aufweist. Um eine möglichst große Verbesserung zu erzielen ist es deshalb sinnvoll f_0 zu tiefen Frequenzen hin zu verschieben. Dies kann durch die o.g. hohe flächenbezogene Masse der Plattenmaterialien sowie einer entkoppelten Montage der Unterdecke durch geeignete Abhänger erfolgen. Weitere Informationen dazu sind in [8] zu finden.

Parallel zum Abhänger wirkt auch das durch die schwingende Unterdecke eingeschlossene und komprimierte Luftvolumen als Feder. Die Steifigkeit dieser Luftschicht hängt vom Volumen bzw. der Luftschichtdicke d ab. Je größer d gewählt wird, umso weicher ist die Feder. Eine abgehängte Unterdecke wirkt deshalb unter einem Sparrendach deutlich besser als unter einem flächigen Massivholzelement (siehe Abbildung 4).

Während die Unterdecke am Massivholzelement mit einer Masse-Feder-Masse Resonanz $f_0 \approx 50$ Hz zwar eine deutliche Verbesserung im bewerteten Schalldämm-Maß und im bewerteten Norm-Trittschallpegel ergibt, wird die Übertragung im Frequenzbereich von 50 Hz – 80 Hz durch die Resonanz verstärkt. Eine zum Vergleich eingezeichnete Unterdecke gleicher Bauart unterhalb einer Holzbalkendecke ergibt durch die günstigere Resonanzfrequenz $f_0 \approx 25$ Hz schon ab 50 Hz deutlich bessere Werte. Die Eigenfrequenz des Unterdeckenabhängers betrug in beiden Fällen $f_0 < 30$ Hz.

Nicht begehbare Flachdächer

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 4).

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 Speichermatte 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 Dachterrassen-aufbau mit und ohne Speichermatte (hier als Schutzvlies eingesetzt). Während im Trittschalldurchgang die zusätzliche Entkopplung eine Verbesserung ($\Delta L = L_{n,ohne\ Vlies} - L_{n,mit\ Vlies}$) bewirkt, zeichnet sich für die Luftschalldämmung eine Verschlechterung ($\Delta R = R_{mit\ Vlies} - R_{ohne\ Vlies}$) ab. Hier besteht in Bezug auf die bauakustische Auswirkung üblicher Drän-, Speicher- und Schutzschichten noch Untersuchungsbedarf.

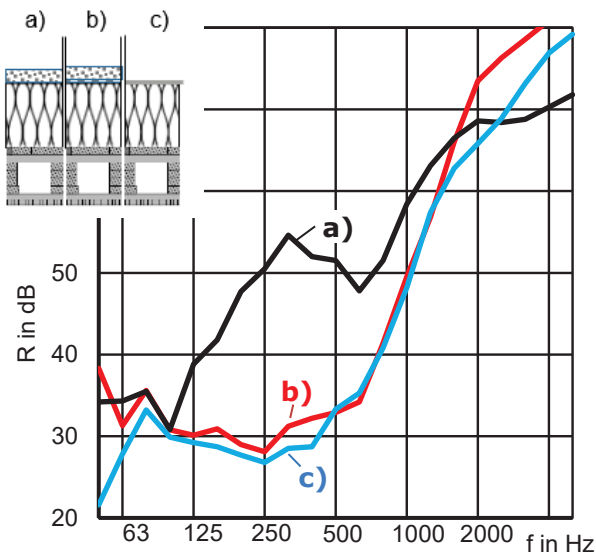


Abbildung 4: Vergleich der Aufbauten: Kiesdach, Gründach und einfache Dachabdichtungsbahn auf einem Brettsperrholz – Kastenelement mit 200 mm EPS Aufdachdämmung
 a) Kiesdach, $R_w = 55$ dB
 b) Gründach, $R_w = 39$ dB
 c) Dachabdichtung, $R_w = 38$ dB

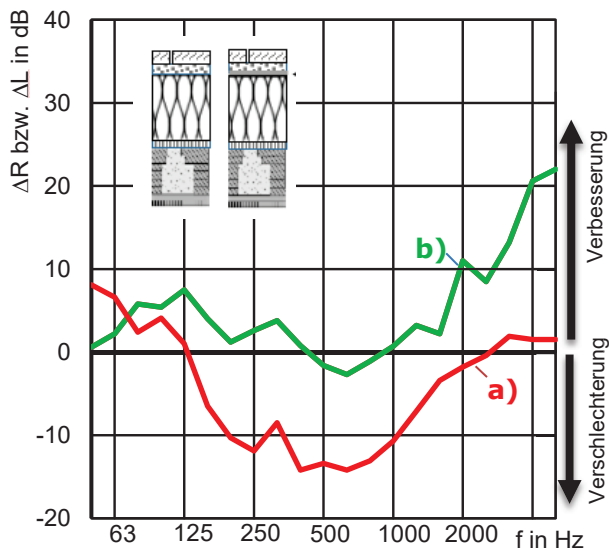


Abbildung 5: Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung durch Speichermatte aus der direkten Vergleichsmessung mit und ohne Speichermatte
 a) Differenz Luftschalldämmung ΔR mit und ohne Speicherschutzmatte
 b) Trittschallminderung ΔL durch die Speicherschutzmatte

Leicht geneigte Dächer

Für leicht geneigte Dächer kommen Metaldachdeckungen zum Einsatz. Leichte Dachabdichtungen und Metaldachdeckungen verhalten sich insgesamt ungünstiger als schwere, mehrlagig aufgebraute Abdichtungsbahnen. Bei Metalleindeckungen können jedoch Holzfaserdämmplatten

als Aufdachdämmung 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

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 (Messergebnisse siehe Abbildung 6).

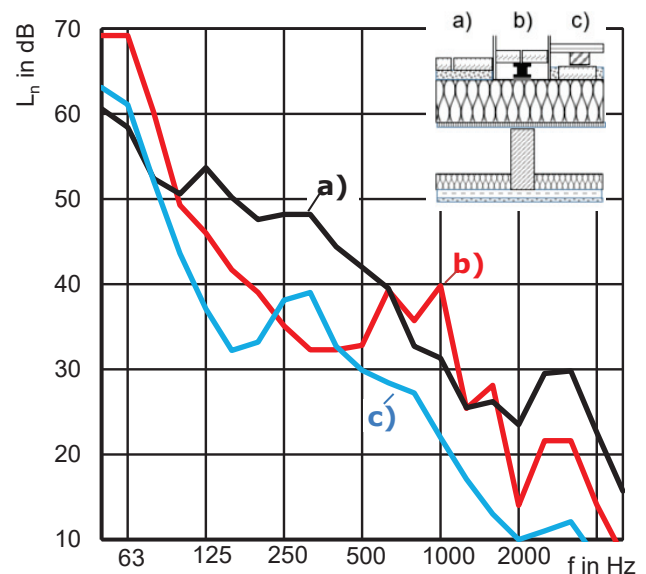


Abbildung 6: Norm-Trittschallpegel unterschiedlicher Aufbauten auf einem Sparren-/Balkenelement mit abgehängter Unterdecke und 140 mm EPS-Aufdachdämmplatten
 a) Betonplatten im Splittbett, $L_{n,w} = 44$ dB
 b) Betonplatten auf Stelzlagern, Entkopplung durch Baulager, $L_{n,w} = 38$ dB
 c) Dielen auf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

Regengeräusche

Eine ausführliche Literaturrecherche zu Prognosemodellen für Regengeräusche ergab, dass es für mehrschalige, aufwendige Konstruktionen wie zum Beispiel Flachdächer von Wohn- und Bürogebäuden nach europäischem Standard noch keine zuverlässigen Prognosemodelle gibt. Messtechnische Untersuchungen zur Schallintensität bei Anregung durch Regen für einfache Blecheindeckungen auf

Sparrendächern für Hallen wurden von McLoughlin und Saunders [5] durchgeführt.

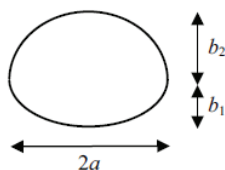
Zur Erstellung eines Prognosemodells wurden bei den Aufbauten im Deckenprüfstand der Abstrahlgrad σ gemessen.

Die Anregekraft eines Regentropfens hängt von der Form des Tropfens ab. Eine Gleichung zur Berechnung eines Regentropfens in Form eines Ellipsoiden ist in Abbildung 7 dargestellt. Um einen natürlichen Regen zu simulieren werden die Anregespektren einzelner Tropfen mit unterschiedlichem Durchmesser unter Berücksichtigung der Marshall-Palmers-Verteilung aufsummiert [7],[9]. Die daraus ermittelte Kraft F_{Regen} wird für die Prognose von L_p nach Gleichung (1) und Gleichung (2) im Raum verwendet:

$$L_{v,Regen} = L_{v,Hammer} + 20 \log \left(\frac{F_{Regen}}{F_{Hammer}} \right) \quad (1)$$

$$L_p = L_{v,Regen} + 10 \log(\sigma) - 10 \log \left(\frac{A}{4S} \right) \quad (2)$$

Zur Validierung des Prognosemodells wird ein Dachaufbau, der bereits im Prüfstand geprüft wurde, in einem Außenprüfstand aufgebaut. Hier sollen die Schnellepegel des Dachs im Innenraum und der entstehende Schalldruckpegel im Raum bei natürlichem Regen gemessen werden.



$$f(t) = \left\{ \begin{array}{ll} \rho_w \pi v^2 \left[a^2 - \frac{a^2}{b_1^2} (b_1 - vt)^2 \right] & 0 \leq t \leq b_1/v \\ \rho_w \pi v^2 \left[a^2 - \frac{a^2}{b_2^2} (b_1 - vt)^2 \right] & \frac{b_1}{v} \leq t \leq \frac{b_1+b_2}{v} \\ 0 & \text{for all other } t \end{array} \right.$$

Abbildung 7: Anregekraft eines ellipsenförmigen Tropfen [6]

Zusammenfassung

Die vorgestellten bauakustischen Untersuchungen an Flachdächern und flachgeneigten Dächern ergaben Planungsdaten für die verschiedenen Element- und Aufbaukombinationen, die für die Prognose und Nachweisführung verwendet werden können. Die Ergebnisse ermöglichen auch sehr hochwertige Ausführungen und schließen damit Planungslücken, die vor allem in der bauakustischen Planung von Dachterrassen und Loggien auftraten.

Weiterer Untersuchungsbedarf besteht noch in der bauakustischen Auswirkung unterschiedlicher Drän-, Speicher- und Schutzschichten im Dachaufbau, sowie in der Berücksichtigung der Flankenübertragung beim Trittschallnachweis.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die sehr hilfreichen Diskussionen und die planerische Unterstützung durch die Arbeitsgruppe: Kirchmayr, H. (Prefa), Hanf, H. (Prefa), Kumer, N. (Stora Enso), Löcherbach, J. (Alwitra), Müller, M. (BDF), Rupprecht, M. (Lignotrend), Schläpfer, R. (Lignatur AG), Schmidt-Hieber, F. (Holzbau Deutschland), Sebold, S. (Regnauer), Wiederin, S. (Getzner), sowie für die finanzielle Unterstützung durch die Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung.

Literatur

- [1] DIN 4109-1:2018-01 Schallschutz im Holzbau, Teil 1: Mindestanforderungen, Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen
- [2] DIN 4109-33:2016-07 Schallschutz im Hochbau, Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau
- [3] Châteauvieux-Hellwig C., Bacher, S., Rabold, A., Schallschutz von Flachdächern in Holzbauweise - Luft- und Trittschalldämmung von Flachdächern und Dachterrassen, Forschungsprojekt ift Rosenheim, in Bearbeitung
- [4] Rabold, A., Mecking, S., Huber, A., Kohrmann, M., Mehr als nur Dämmung – Zusatznutzen von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen, Teilbereich Bauakustik, Forschungsprojekt Technische Hochschule Rosenheim, in Bearbeitung
- [5] McLoughlin, J., Saunders, J. D., Ford, R. D., "Noise generated by simulated rainfall on profiled steel roof structures", Applied Acoustics 42, 1993
- [6] Yu, Y., C. Hopkins, C. "Experimental determination of forces applied by liquid water drops at high drop velocities impacting a glass plate with and without a shallow water layer using wavelet deconvolution", Experiments in Fluids, 2018
- [7] Marshall, J.S., Palmer, W. McK., „The distribution of raindrops with size“, Journal of Meteorology, Volume 5, August 1948
- [8] Schödel, B., Rabold, A., Schanda, U., "Schalltechnische Optimierung von Unterdeckenabhängern", DAGA 2019
- [9] Martin, M. „Prognose von Regengeräuschen aus der Anregungskraft der Regentropfen“, Bachelorarbeit, TH Rosenheim, April 2019