

## ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

Max-Planck-Ring 49, 65205 Wiesbaden-Delkenheim Telefon 0 61 22/95 61-0, Telefax 0 61 22/95 61-61 E-Mail ita-wiesbaden@ita.de, Internet http://www.ita.de

## **ABSCHLUSSBERICHT**

## FORSCHUNGSARBEIT

# SCHALLSCHUTZ VON GENEIGTEN DÄCHERN UND DACHFLÄCHENFENSTERN

BBR Z 6 - 10.07.03-04.13

P 145/04

GEFÖRDERT DURCH:

BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (BBR) DECHMANNS AUE 31-37 53179 BONN

> 03. MÄRZ 2008 ma/ko



ita ingenieurgesellschaft für technische akustik mbh Beratende ingenieure vbi

## **INHALTSVERZEICHNIS**

3.7

1. AUFGABENSTELLUNG SOWIE AUSGANGSSITUATIO
--

mit Zwischensparrendämmung (Faserdämmstoffe)

1.1 1.2 1.3 1.4	Ziele dieser Forschungsarbeit Überblick über die vorliegenden Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen Stärken der vorliegenden Forschungsarbeit Kooperation mit Industriepartnern			
2. 2.1 2.2 2.3 2.4	MESSTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN IM DECKENPRÜFSTAND Einbau der Dachkonstruktionen in den Prüfstand, Messbedingungen Anschlussbedingungen der Dachkonstruktion an den Prüfstand Messrichtung Vergleich der Schalldämmkurven mit denen anderer Arbeitsgruppen			
<b>3</b> . 3.1 3.2	DÄCHER MIT ZWISCHENSPARRENDÄMMUNG Allgemeines Einfluss der Dämmschicht			
3.2.1 3.2.2	Dämmstoffqualität Dämmstoffdicke			
3.2	Einfluss der Unterdeckung			
3.3 3.4	Einfluss der raumseitigen Beplankung Einfluss der Dacheindeckung und der Unterdeckung			
3.4.1	Dächer mit Unterdeckbahn			
3.4.2	Dächer mit Unterdeckung aus Holzweichfaserplatten			
3.5	Einfluss der Befestigung der raumseitige Beplankung			
3.5.1	Einfluss von Federschienen bei Dächern mit Unterdeckbahn			
3.5.2	Einfluss von Federschienen bei Dächern mit Unterdeckung aus Holzweichfaserplatten			
3.6	Konstruktionen mit Zinkblech-Eindeckung			

Vorschlag für ein Tabellenverfahren zur Berechnung der Schalldämmung von Dächern



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

#### **INHALTSVERZEICHNIS**

	**		**
4	DACHED MIT	` AUFSPARREND	
4.	DACHER MII	AUFSFARKEINL	MMMUNG

- 4.1 Vergleich der Schalldämmung von Dächern mit Aufsparrendämmung und mit Zwischensparrendämmung
- 4.2 Einfluss der Beschwerung
- 4.3 Verschraubung der Traglattung am Sparren
- 4.4 Zur bauakustischen Qualität verschiedener Dämmstoffe
- 4.5 Zunahme der Schalldämmung mit zunehmender Dicke der Dämmschicht
- 4.6 Vorschlag für ein Tabellenverfahren zur Berechnung der zur Schalldämmung von Dächern mit Aufsparrendämmung (Mineralfaser- und Holzweichfaserplatten)
- 5. DÄCHER MIT AUF- UND ZWISCHENSPARRENDÄMMUNG
- 6. DÄCHER MIT RAUMSEITIG VERPUTZTER HWL-PLATTE ("ALTDACH"-VARIANTEN)
- 7. MASSIVDÄCHER
- 8. DACHFLÄCHENFENSTER
- 8.1 Einflussparameter auf die Schalldämmung von Dachflächenfenstern
- 8.2 Einfluss der Fenstergröße auf die Schalldämmung
- 8.3 Einfluss der Verglasung auf die Schalldämmung
- 9. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

LITERATURVERZEICHNIS ALS ANHANG

PRÜFBERICHT 0014.07 - P 145/04



#### 1. AUFGABENSTELLUNG SOWIE AUSGANGSSITUATION

## 1.1 Ziele dieser Forschungsarbeit

Entsprechend der Zielsetzung der Forschungsarbeit werden folgende Ziele erreicht:

- A: Messtechnische Untersuchung der Schalldämmung von heute gebräuchlichen Dachkonstruktionen mit einem U-Wert um 0,20 W/(m²K)
- B: Produktentwicklung mit den beteiligten Firmen:
  - Sensibilisierung für den Schallschutz von Dachkonstruktionen
  - schalltechnische Optimierung der Konstruktionen
  - Erstellung von Prüfzeugnissen für die Anwendungstechniker und den Vertrieb
- C: Ableitung von Zusammenhängen der Schalldämmung von Holzdach-Konstruktionen, u. a. die bauakustische Wirksamkeit:
  - einer zusätzlichen raumseitigen Beplankung
  - von verschiedenen Dämmstoffqualitäten
  - von Unterdeckplatten
  - von Federschienen
  - von Doppelgewindeschrauben
- D: Messtechnische Untersuchungen von Sparrendächern mit raumseitig verputzter HWL-Platte ("Altdach"-Varianten) sowie von Steildach-Massivkonstruktionen sowie von Dachflächenfenstern



- E: Erstellung von Bauteiltabellen zur Schalldämmung von Dachkonstruktionen
  - Kenndaten R<sub>w</sub>, C, C<sub>tr</sub>
  - hochschalldämmende Konstruktionen
  - für Sonderkonstruktionen können keine Tabellenverfahren erstellt werden

Im Prüfbericht im Anhang sind die im Rahmen dieser Forschungsarbeit erzielten Messergebnisse dokumentiert.

## 1.2 <u>Überblick über die vorliegenden Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen</u>

Bei der Antragsstellung und beim Beginn der Forschungsarbeit lagen nur sehr wenige Messergebnisse zur Schalldämmung von Dächern vor, wobei ein Teil dieser Messergebnisse zudem an Konstruktionen mit nur sehr dünnen (6 bis 8 cm) Mineralfaser-Dämmschichten vorgenommen wurden [1, 2, 3, 4, 5]. In Bild 1.1 ist als Beispiel die Standardkonstruktion nach dem noch heute gültigen Beiblatt 1 zu DIN 4109 gezeigt.

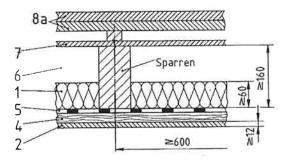


Bild 1.1: Dach mit Zwischensparrendämmung nach Beiblatt 1 zu DIN 4109, Tab. 39,

Zeile 4 [1] mit Dacheindeckung mit Anforderungen an die Dichtheit,

R'<sub>w,R</sub> = 45 dB:



Aus wärmeschutztechnischen Erfordernissen heraus werden heute nicht mehr Dämmschichtdicken von 60 mm, sondern von ca. 200 mm eingesetzt. Damit ergeben sich bedeutende schalltechnische Unterschiede.

Mit den Untersuchungen des Labors für Schall- und Wärmemesstechnik, Stephanskirchen/Rosenheim [6] und der u. a. darauf aufbauenden zusammenfassenden Darstellungen der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung DGfH [7] liegen aktuelle Untersuchungen zur Schalldämmung von Dächern mit heute üblichen Dämmschichtdicken vor.

Im Abschlussbericht "Integration des Holz- und Skelettbaus in die neue DIN 4109 – Teilbereich Dächer", erstellt durch das Büro Kurz und Fischer [8, 9] sind tabellarische Zusammenstellungen zur Schalldämmung und Schall-Längsdämmung von Dachkonstruktionen vorgenommen. Auf Grundlage dieser Untersuchungen ist eine Neufassung des Beiblatts 1 zu DIN 4109 vorgesehen [10].

#### 1.3 Stärken der vorliegenden Forschungsarbeit

Die Stärken der vorliegenden Forschungsarbeit liegen einerseits in den Umfang der untersuchten Konstruktionen. Weiterhin wurden einzelne Konstruktionsparameter – bei Beibehaltung sonst gleicher Konstruktion – gezielt variiert, so dass deren Einfluss auf die Schalldämmung sehr genau festgestellt werden konnte (siehe Abs. 1.1, C).

Anmerkung: Bei einem zusammenfassenden Vergleich von Messergebnissen, die in verschiedenen Labors und mit verschiedenen Baumaterialien erstellt wurden, ist dies nur sehr eingeschränkt möglich.



Bei der Erstellung der Bauteiltabellen zur Schalldämmung von Dachkonstruktionen wurde darauf geachtet, dass eine präzise Materialbeschreibung verwendet wird.

Es wird vorgeschlagen, die hier vorliegende umfangreiche Untersuchung über die Schalldämmung von Dächern mit dem Abschlussbericht "Integration des Holz- und Skelettbaus in die neue DIN 4109 – Teilbereich Dächer" [9] zusammenzuführen. Diese Zusammenführung war allerdings nicht Teil dieser Forschungsarbeit.

#### 1.4 <u>Kooperation mit Industriepartnern</u>

Für insgesamt 99 verschiedene Dachkonstruktionen sowie 8 Dachflächenfenster wurde die Luftschalldämmung im schalltechnischen Labor messtechnisch bestimmt. Die Messergebnisse und die Konstruktionsaufbauten sind im Prüfbericht 0014.07 – P 145/04 vom 15.03.2007 dokumentiert. Auf diese Messergebnisse wird nachfolgend unter Nennung der jeweiligen Messungs-Nummern Bezug genommen. Hierauf wird verwiesen. Nachfolgend sind die wichtigsten Mess- und Einbauparameter benannt.

Die Messungen wurden in Kooperation mit Industriepartnern, insbesondere Herstellern und von Baustoffen und Industrieverbänden, durchgeführt. Die Anlieferung des Materials und die Einbauten erfolgten durch Monteure der beteiligten Industriepartner. Die Industriepartner sind im o. a. Prüfbericht benannt.



Für einen allgemeinen Überblick ist in Bild 1.2 eine Zusammenstellung der gemessenen bewerteten Schalldämmmaße, aufgetragen in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Dachkonstruktion, gezeigt.

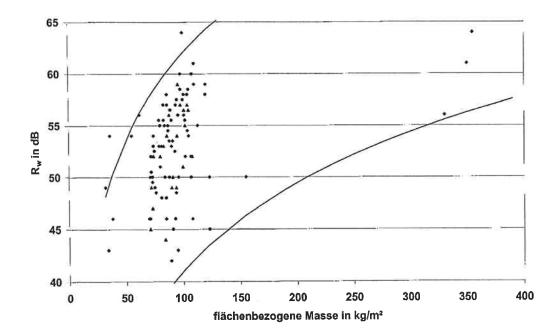


Bild 1.2: Gesamtheit der im Rahmen dieser Forschungsarbeit ermittelten Messergebnisse R<sub>w</sub> in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Gesamtkonstruktion (ohne Dachflächenfenster)



## 2. MESSTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN IM DECKENPRÜFSTAND

## 2.1 <u>Einbau der Dachkonstruktionen in den Prüfstand, Messbedingungen</u>

Die Konstruktion wurde in einem Deckenprüfstand mit unterdrückter Flankenübertragung nach DIN EN ISO 140-1: 2005-03 "Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 1: Anforderungen an Prüfstände mit unterdrückter Flankenübertragung" [14] eingebaut.

In Bild 2.1 ist eine Prüfstandsskizze dargestellt. Der Prüfgegenstand war horizontal, auf dem umlaufenden Ringanker aufliegend, in den Prüfstand eingebaut. Die Sparren waren über die lichte Weite von 4,20 m gespannt. Die Prüffläche (offene Fläche zwischen dem Ringanker) betrug 15,5 m².

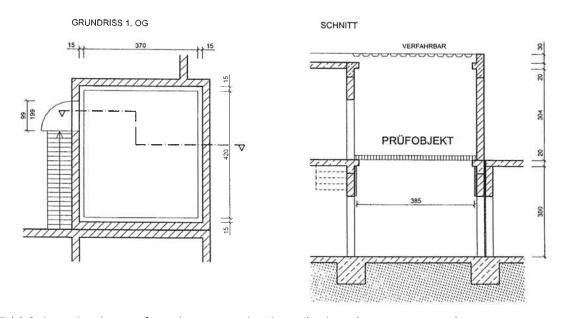


Bild 2.1: Deckenprüfstand mit unterdrückter Flankenübertragung nach DIN EN ISO 140-1; Einbau der Prüfanordnung schematisch.



Der Einbau der Massivdächer erfolgte über das öffenbare Prüfstandsdach. In Bild 2.2 sind Photos eines solchen Einbaus gezeigt.



Bild 2.2: Einbau des Ziegel-Massivdachs in den Prüfstand



Die Messungen wurden nach DIN EN ISO 140-3: 2005-03 "Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen" [15] durchgeführt. Die Bewertung der Messergebnisse erfolgte nach DIN EN ISO 717-1: 1997-01 "Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 1: Luftschalldämmung" [16].

Die Dachflächenfenster wurden in dem in Bild 2.1 dargestellten Prüfstand in eine Dachkonstruktion mit Zwischensparrendämmung eingebaut. Damit wurden baustellenähnliche Anschlussbedingungen (Anschlussfutter, Anschlussrahmen, außenseitiger Zinkblechanschluss an Betondachsteine) realisiert. In Bild 2.3 ein Foto der eingebauten Konstruktion dargestellt. Nach Anhang B, DIN EN ISO 140-3 [15] wurde das korrigierte Schalldämmmaß R<sub>S</sub> des Prüfgegenstandes ermittelt.



Bild 2.3: Einbau eines Dachflächenfensters in einen Dachkonstruktion mit Zwischensparrendämmung und mit Betonsteinen.



Die Bestimmung des Schalldruckpegels erfolgte durch einzelne Mikrofonpositionen. Entsprechend DIN EN ISO 140-3, Anhang F [15] wurde für die Messungen in den unteren Terz-Frequenzbändern < 100 Hz ein Mindestabstand von ≥ 1,20 m zwischen Mikrofonpositionen und Raumbegrenzungsflächen eingehalten.

Aus den Ergebnissen von insgesamt zwölf Mikrofonpositionen bei drei verschiedenen Lautsprecherpositionen wurde der energetisch gemittelte Schalldruckpegel ermittelt. Die Integrationszeit bei jeder Messposition betrug 20 s.

## 2.2 <u>Anschlussbedingungen der Dachkonstruktion an den Prüfstand</u>

Die Anschlussbedingungen an den Prüfstand wurden in Abhängigkeit von der Art der untersuchten Dachkonstruktion gewählt. In Bild 2.4 ist beispielhaft die Anschlusskonstruktion für Dächer mit Zwischensparrendämmung dargestellt. Die umlaufende Fuge zwischen Dacheindeckung und flankierender Prüfstandswand wurde durch 40 mm dicke Faserdämmstreifen geschlossen.



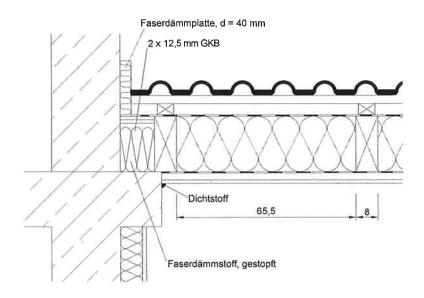


Bild 2.4: Einbau der Dachkonstruktionen mit Zwischensparrendämmung in den Deckenprüfstand, Anschlusskonstruktionen

Bei Verzicht auf die Faserdämmsteifen im Anschlussbereich Dachsteine/Prüfstandswand ergeben sich geringere Schalldämmmaße. Dies ist in Bild 2.5 exemplarisch für eine Dachkonstruktion mit Zwischensparrendämmung und Unterdeckbahn dargestellt.



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

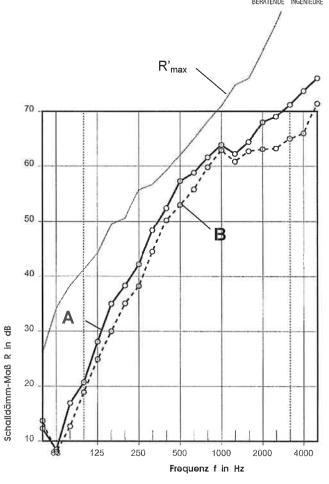


Bild 2.5: Einfluss der Randabdichtung Dachstein/Prüfstandsflanken auf die Schalldämmung einer Dachkonstruktion mit Vollsparrendämmung, Unterdeckbahn und Beton-Dachstein-Eindeckung

A: Randabdichtung vorgenommen

$$R_{w,P}$$
 (C;  $C_{tr}$ ) = 52 (-4; -12) dB

**B**: Randabdichtung nicht vorgenommen

$$R_{w,P}$$
 (C;  $C_{tr}$ ) = 48 (-4; -11) dB



## 2.3 Messrichtung

Die Messungen erfolgten von "außen nach innen", d. h. als Senderaum diente der obere Raum, zu dem die Dacheindeckung hin orientiert war. Dies entspricht dem Anwendungsfall des Schallschutzes gegen Außenlärm.

Es ergeben sich – infolge der asymmetrischen Dachkonstruktion - in Abhängigkeit von der Messrichtung Unterschiede bei der Schalldämmung. In Bild 2.6 ist dies beispielhaft für ein Dach mit Vollsparrendämmung mit Unterdeckbahn dargestellt. Die Schalldämmung von "außen nach innen" zeigt dabei i. d. R. die geringeren Schalldämmmaße, so dass Bild 2.6 als typisch anzusehen ist.

#### 2.4 Vergleich der Schalldämmkurven mit denen anderer Arbeitsgruppen

In Bild 2.7 sind für ein Dach mit Vollsparrendämmung (Standardkonstruktion) die von verschiedenen Arbeitsgruppen gemessenen Schalldämmkurven vergleichend zusammengestellt. Die hier gegenübergestellten Konstruktionen sind vermutlich alle etwas unterschiedlich ausgeführt, wodurch sich die kleineren Unterschiede der Schalldämmmaße erklären.

Bemerkenswert sind allerdings die hohen Abweichungen im Frequenzbereich ≤ 100 Hz der Messkurven B und C, die größenordnungsmäßig ≈ 10 dB beträgt. Neben speziellen Messbedingungen für die Messungen im Frequenzbereich < 100 Hz spielen auch die Einbaubedingungen, insbesondere die Spannweite der Holzsparren eine Rolle (für die ITA-Messungen: siehe Abs. 2.1). Ferner ist bekannt, dass bei tiefen Frequenzen die Vergleichsgrenzen der gemessenen Schalldämmmaße stark zunehmen [12, 13, 17].



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

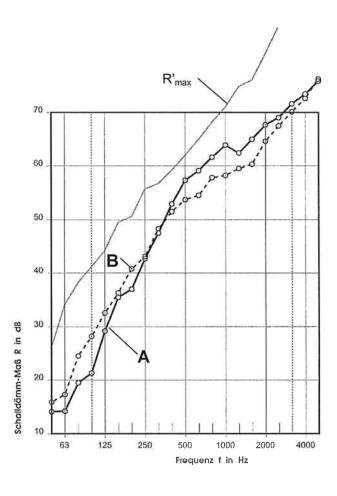


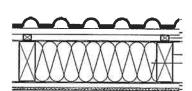
Bild 2.6: Einfluss der Messrichtung auf die Schalldämmung einer Dachkonstruktion mit Vollsparrendämmung, Unterdeckbahn und Beton-Dachstein-Eindeckung

A: Senderaum oben ("außen nach innen"):  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 52 (-3; -10) dB

**B**: Senderaum unten ("innen nach außen"):  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 54 (-3; -9) dB



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI



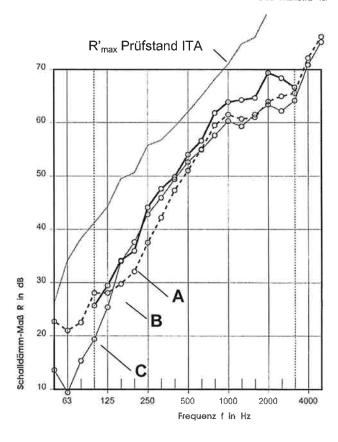


Bild 2.7: Vergleich verschiedener Messungen am Standard-Dach mit Vollsparrendämmung, Unterdeckbahn und Beton-Dachstein-Eindeckung

A: Messung H.-M. Fischer, Schalldämmkurve aus [3]  $R_{w,P} \ (C; \ C_{tr}) \approx 52 \ (-3; \ -9) \ dB \ (Werte \ aus \ Schalldämmkurve \ ausgelesen)$ 

**B**: Messung Labor für Schall- und Wärmemesstechnik, Schalldämmkurve aus [7]:

 $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ )  $\approx$  49 (-2; -9) dB (Werte aus Schalldämmkurve ausgelesen)

C: ITA:

 $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 50 (-3; -12) dB



## 3. DÄCHER MIT ZWISCHENSPARRENDÄMMUNG

## 3.1 <u>Allgemeines</u>

Dächer mit Zwischensparrendämmung sind die meisteingesetzten Dachkonstruktionen im Wohnungsbau in Deutschland. In Bild 3.1 ist ein Schema für die Schallübertragungswege dargestellt, wobei man die Schallübertragung über das Gefach und über den Sparren unterscheidet.

Die raumseitige Beplankung stellt bei diesen Konstruktionen eine bauakustisch geschlossene Schale dar. Die außenseitige Eindeckung aus Betondachsteinen oder Dachziegeln ist dagegen – wie die Schalldämmkurven aufzeigen – in Verbindung mit einer Unterdeckbahn **keine** vollständig geschlossene Schale. Unterdeckplatten (z. B. Unterdeckplatten aus Holzweichfaserplatten) wirken dagegen eher als geschlossene Schale.

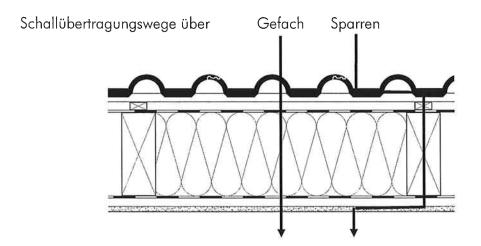


Bild 3.1: Schema der Schallübertragung



#### 3.2 <u>Einfluss der Dämmschicht</u>

## 3.2.1 Dämmstoffqualität

Als Materialkenngröße für die bauakustische Qualität des Mineralfaser-Dämmstoffs, eingesetzt als Hohlraumdämmung zwischen den Sparren, wird gegenwärtig der längenbezogene Strömungswiderstand r verwendet. In Beiblatt 1 zu DIN 4109 [1] wird für Mineralfaser-Dämmstoffe ein Mindestwert von  $r \ge 5$  kPa·s/m² genannt.

Es ist allerdings klar, dass diese Kennzeichnung der bauakustischen Qualität nur hilfsweise verwendet wird – weitere Materialeigenschaften haben ebenfalls einen Einfluss auf die Schalldämmung, so z. B. die flächenbezogene Masse [18].

Bei zu hohen längenbezogenen Strömungswiderständen nimmt die bauakustische Wirksamkeit der Hohlraumdämmung wieder ab.

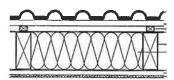
Weiterhin ist bekannt, dass sich andere Faserdämmstoffe, wie z. B. Flachsfaser-Dämmstoff, Holzfaser-Dämmstoff, Zellulose-Faserdämmstoff u. ä. bauakustisch sehr ähnlich verhalten, wie Mineralfaser-Dämmstoff.

In Bild 3.2 sind Messungen an einer Dachkonstruktion mit Vollsparrendämmung und verschiedenen Dämmstofftypen und Qualitäten gezeigt. Interessant ist insbesondere der Vergleich der beiden Konstruktionen mit Zellulose-Dämmstoffen mit verschiedenem längenbezogenen Strömungswiderstand,

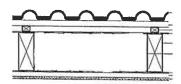
- $r = 20 \text{ kPa·s/m}^2$ , Kurve B,  $R_w = 51 \text{ dB}$
- $r = 80 \text{ kPa·s/m}^2$ , Kurve C,  $R_w = 48 \text{ dB}$



Konstruktion A bis D



Konstruktion E



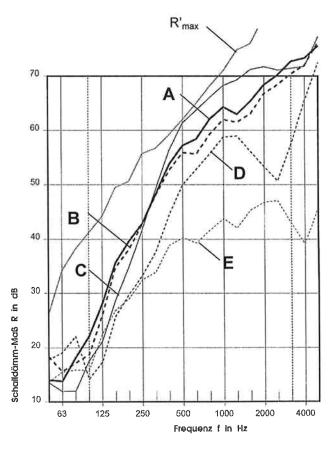


Bild 3.2: Einfluss der Dämmstoffqualität auf die Schalldämmung. Dach mit Unterdeckbahn Dämmschichtdicke 200 mm als Vollsparrendämmung, GKB Bauplatte an Holzlatten befestigt, soweit nicht anders bezeichnet

- A: Mineralfaser-Dämmstoff, r=9.5 kPa·s/m², raumseitige Beplankung 10 mm Gipsfaserplatten, m'=11.8 kg/m², Messung A16,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 52 (-4;-11) dB
- **B:** Zellulose-Dämmstoff (Flocken), r ca. 20 kPa s/m², raumseitige Beplankung 10 mm Gipsfaserplatten, Messung A28,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 51 (-5;-13) dB
- C: Zellulose-Dämmstoff (Dämmplatten),  $r = 80 \text{ kPa s/m}^2$ , raumseitige Beplankung 10 mm Gipsfaserplatten,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 48 (-5;-12) dB
- **D**: Styropor (140 mm Sparrenhöhe),  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 43 (-4;-11) dB
- **E**: Gefach leer,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 41 (2;-8) dB



Der Zellulose-Dämmstoff mit hohem Strömungswiderstand von  $r=80~\text{kPa·s/m}^2$  wirkt bauakustisch eher als eine geschlossene Schale, denn als Hohlraumdämmung; im Frequenzbereich >250~Hz werden zwar höhere Schalldämmmaße erreicht, im Frequenzbereich f<250~Hz sind die Schalldämmaße dagegen geringer, als bei der Konstruktion mit Zellulose-Dämmstoff mit  $r=20~\text{kPa·s/m}^2$ .

In Bild 3.3 ist die Veränderung des bewerteten Schalldämmmaßes ΔR<sub>w</sub> in Bezug auf eine Vergleichskonstruktion mit MF-Dämmstoff, Standardqualität (5 kPa s/m² bis 10 kPa s/m²) dargestellt. Dabei sind neben den Dachkonstruktionen auch Messergebnisse an Montagewänden CW 100/125 eingetragen.

Man erkennt in Bild 3.3, dass das bewertete Schalldämmmaß im Bereich ≈> 50 kPa·s/m² abnimmt. Es wird daher vorgeschlagen, in erster Näherung Faserdämmstoffe wie Mineralfaser-Dämmstoffe, Holzfaser-Dämmstoffe, Zellulose-Dämmstoffe, andere faserige Faserdämmstoffe (auf Basis von Baumwolle, Schafwolle, Flachs) und offenzelligen Melaminharzschaum mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von

 $3 \text{ kPa s/m}^2 \le r \le 35 \text{ kPa s/m}^2$ 

als bauakustisch gleichwertig einzustufen.



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

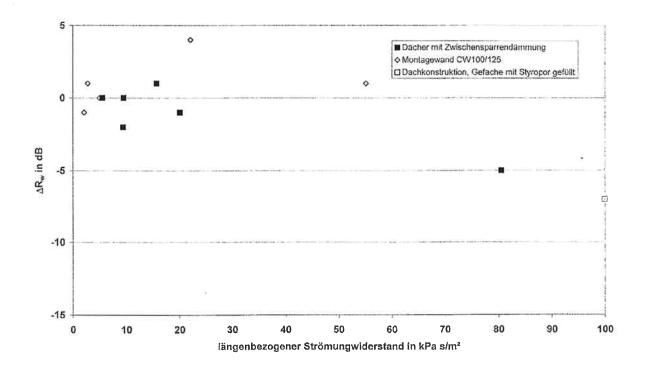


Bild 3.3: Zum Einfluss des Strömungswiderstandes auf die Schalldämmung:

Dach mit Vollsparrendämmung, Unterdeckbahn und Beton-DachsteinEindeckung sowie Montagewand CW 100/125, Veränderung der Schalldämmung ΔR<sub>w</sub> in Bezug auf eine Vergleichskonstruktionen mit MFDämmstoff, Standardqualität (5 kPa s/m² bis 10 kPa s/m²)



#### 3.2.2 Dämmstoffdicke

Die Schalldämmung von Dachkonstruktionen nimmt mit zunehmender Dämmschichtdicke zu. In Bild 3.4 sind gemessene Werte  $R_w$  und  $R_w + C_{tr}$  über der Dämmschichtdicke aufgetragen.

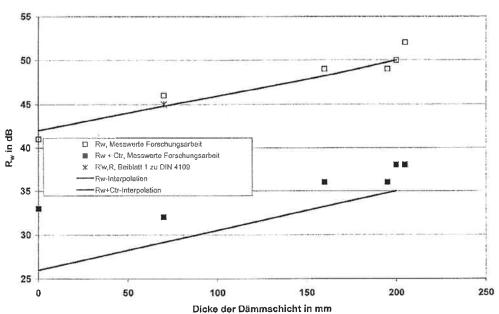


Bild 3.4: Zum Einfluss des Dicke der Dämmschicht auf die Schalldämmung: Sparrendach mit Vollsparrendämmung und mit Unterdeckbahn, raumseitige Beplankung 12,5 mm GKB, m' = 8,6 kg/m², an Holzlattung am Sparren befestigt.

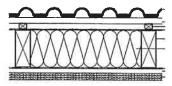
#### 3.3 <u>Einfluss der raumseitigen Beplankung</u>

Durch eine Erhöhung der flächenbezogenen Masse der raumseitigen Beplankung wird die Schalldämmung der Dachkonstruktionen erhöht. In Bild 3.5 sind die Schalldämmkurven eines Daches mit Zwischensparrendämmung mit 1-lagiger, 2-lagiger und 3-lagiger Beplankung dargestellt.

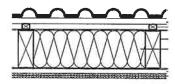


ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VRI

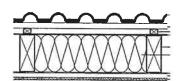
Konstruktion A



#### Konstruktion B



## Konstruktion C



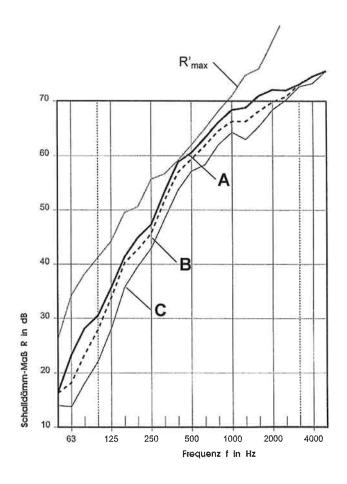


Bild 3.5: Dächer mit Vollsparrendämmung, Unterdeckbahn und Betondachstein-Eindeckung: Einfluss einer mehrlagigen Beplankung

- A: raumseitige Beplankung 3x10 mm Gipsfaserpl., m'=3x11.8 kg/m², über Holzlattung am Sparren befestigt, Messung A18,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 59$  (-4;-11) dB
- **B**: raumseitige Beplankung 2x10 mm Gipsfaserpl., m'=2x11,8 kg/m², über Holzlattung am Sparren befestigt, Messung A17,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 57$  (-4;-11) dB
- C: raumseitige Beplankung 1x10 mm Gipsfaserpl., m'=1x11,8 kg/m², über Holzlattung am Sparren befestigt, Messung A16,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 52$  (-4;-11) dB



Man findet ein analoges Verhalten auch für Dächer mit Aufsparrendämmung (siehe auch Abs. 4). In Bild 3.6 ist der Einfluss der Massenerhöhung der raumseitigen Schichten auf die Schalldämmung von Dächern mit Zwischensparrendämmung und Dächern mit Aufsparrendämmung gezeigt. Miteingetragen sind neben den Werten  $\Delta R_w$  auch die Werte  $\Delta (R_w + C_{tr})$ . Man erkennt in Bild 3.6, dass der Spektrumanpassungswert etwa unverändert bleibt;  $\Delta R_w \approx \Delta (R_w + C_{tr})$  bzw.  $\Delta C_{tr} \approx 0$  dB.

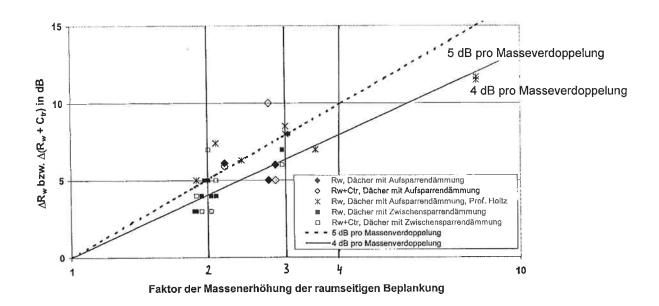


Bild 3.6: Einfluss der Massenerhöhung der raumseitigen Schichten auf die Schalldämmung von Dächern mit Aufsparrendämmung und mit Zwischensparrendämmung



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH

In Abschnitt 3.7 wird ein Tabellenverfahren für die Berechnung der Schalldämmung von Dächern angegeben. Dieses Tabellenverfahren erfolgt für eine raumseitige Beplankung mit GKB Gipsbauplatten in Standardqualität (m' = 8,6 kg/m²). Die Schalldämmung von schwereren raumseitigen Beplankungen kann durch Zuschläge  $\Delta R_w$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta C_{tr}$  erhöht werden:

$$\Delta R_{\rm w} \approx 13.3 \ lg \frac{m'}{8.6}$$
 sowie  $\Delta C = 0 \ dB \ und \ \Delta C_{\rm tr} = 0 \ dB$ 

Das entspricht einer Erhöhung der Schalldämmung um 4 dB/Masseverdopplung. Dabei bezieht sich dieser Zusammenhang auf schwerere und mehrlagige biegeweiche Konstruktionen aus biegeweichen Gipsbauplatten bis  $d=15\,$ mm bzw. biegeweichen Holzwerkstoffplatten bis  $d=22\,$ mm.

Zum Vergleich:

• Einschalige Bauteile:

6 dB/Masseverdoppelung (Massegesetz)

• 2-schalige GKB-Montagewände:

ca. 8 dB/Masseverdoppelung

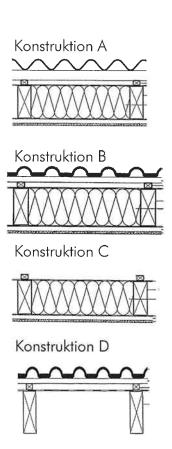
#### 3.4 <u>Einfluss der Dacheindeckung und der Unterdeckung</u>

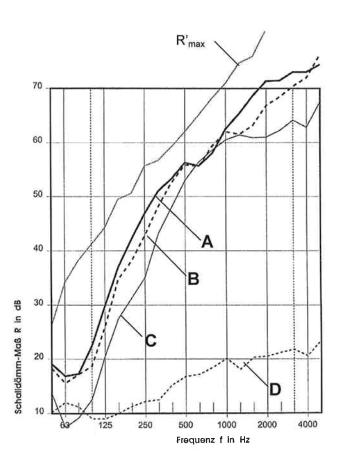
#### 3.4.1 Dächer mit Unterdeckbahn

Bei Dächern mit Zwischensparrendämmung mit Unterdeckbahn hat die Art der Dacheindeckung Einfluss auf die Schalldämmung. In Bild 3.7 sind verschiedene Beispiele gezeigt. Die Schalldämmkurve ohne Dacheindeckung zeigt im Vergleich zu den anderen Schalldämmkurven, dass die Dacheindeckung ganz wesentlich zur Schalldämmung der Gesamtkonstruktion beiträgt.



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK M8H BERATENDE INGENIEURE VBI





- Bild 3.7: Dach mit Unterdeckbahn, Einfluss der Dacheindeckung auf die Schalldämmung, Zwischensparrendämmung mit isofloc-Zellulosedämmstoff, raumseitige Beplankung aus 10 mm Gipsfaserplatten, m' = 11,8 kg/m² an Holzlattung
  - A: Dacheindeckung aus Faserzement-Wellplatten, Messung A39,  $R_{w,p}(C; C_{tr}) = 54$  (-5;-13) dB
  - **B**: Dacheindeckung aus Beton-Dachsteinen "Frankfurter Pfanne", Messung A28,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 51 (-5;-13) dB$
  - C: Unterdeckbahn ohne Dacheindeckung,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 44 (-5;-12) dB$
  - **D**: nur Beton-Dachsteine auf offener Sparrenlage,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 19$  (-1;-2) dB



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VRI

Bei den Untersuchungen im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurden als Standard-Dacheindeckung Beton-Dachsteine "Frankfurter Pfanne" eingesetzt. Die Tabellenverfahren zur Berechnung der Schalldämmung von Dächern in Abschnitt 3.7 beziehen sich daher auf diese Art der Dacheindeckung. Andere Dacheindeckungen wurden nur exemplarisch eingesetzt.

Mit Beton-Dachstein-Eindeckungen werden bei Dächern mit Unterdeckbahnen höhere Schalldämmmaße erreicht, als mit Ton-Dachziegel-Eindeckungen. Andere Arbeitsgruppen berichten von etwa 2 dB geringeren bewerteten Schalldämmmaßen [7, 9] für Konstruktionen mit Tondachziegel-Eindeckungen – dieser Wert wird hier wegen fehlender eigener Untersuchungen übernommen.



## 3.4.2 Dächer mit Unterdeckung aus Holzweichfaserplatten

Bei Dächern mit Vollsparrendämmung und mit Unterdeckplatten spielt die Art der Dacheindeckung nur eine sehr untergeordnete Rolle. Schalldämmkurven von Dächern mit und ohne Dacheindeckung sind in Bild 3.8 zusammengestellt – bereits ohne Dacheindeckung wird eine hohe Schalldämmung erreicht, die durch die Dacheindeckung nur noch wenig erhöht wird.

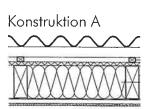
Aus diesem Grund erscheint es für derartige Dächer mit einer Unterdeckung aus Holzweichfaserplatten nicht erforderlich, einen Abschlag für Tondachziegel-Eindeckungen (vergl. Abs. 3.4.1) vorzunehmen.

Allerdings wurden für verschiedene Holzweichfaser-Unterdeckplatten – bei sonst analoger oder gar identischer Bauweise – sehr verschiedene Schalldämmungen gefunden; es konnte keine Materialeigenschaft der Holzweichfaserplatten identifiziert werden, auf die diese Änderungen in der Schalldämmung der Gesamtkonstruktion zurückgeführt werden konnte. In Bild 3.9 sind derartige Messergebnisse vergleichend gegenübergestellt; die höchste und die geringste Schalldämmung erzielen Konstruktionen mit jeweils 60 mm dicken Holzweichfaser-Unterdeckplatten.

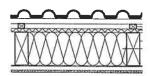
Gegenwärtig muss davon ausgegangen werden, dass weitere, noch nicht bekannte Einflussparameter der Holzweichfaserplatten auf die Schalldämmung der Gesamtkonstruktion einwirken.



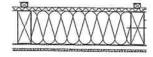
ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI



Konstruktion B



Konstruktion C



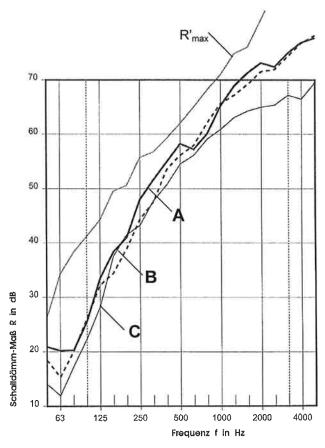
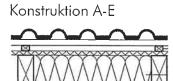


Bild 3.8: Dach mit Unterdeckung aus Holzweichfaserplatten, Einfluss der Dacheindeckung auf die Schalldämmung, Zwischensparrendämmung mit isofloc-Zellulosedämmstoff, raumseitige Beplankung aus 10 mm Gipsfaserplatten an Holzlattung

- A: Dacheindeckung aus Faserzement-Wellplatten, Messung A38,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 56 (-4;-12) dB$
- **B**: Dacheindeckung aus Beton-Dachsteinen "Frankfurter Pfanne", Messung A30,  $R_{w,p}(C; C_{tr}) = 54$  (-3;-10) dB
- C: wie B, nur ohne Dacheindeckung,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 53 (-5;-12) dB$



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI



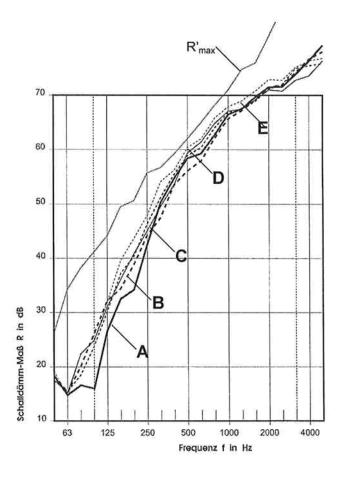


Bild 3.9: Dach mit Unterdeckung aus Holzweichfaserplatten und Beton-Dachsteinen, Einfluss verschiedener Typen von Holzweichfaserplatten auf die Schalldämmung, Zwischensparrendämmung mit isofloc-Zellulosedämmstoff, raumseitige Beplankung aus 10 mm Gipsfaserplatten, m¹ = 11,8 kg/m² an Holzlattung A: 52 mm Unterdeckplatte, Rohdichte ca. 290 kg/m³, R<sub>w,P</sub>(C; C<sub>tr</sub>) = 49 (-5;-14) dB B: 21 mm Unterdeckplatte, Rohdichte ca. 330 kg/m³, R<sub>w,P</sub>(C; C<sub>tr</sub>) = 54 (-3;-10) dB C: 16 mm Unterdeckplatte, Rohdichte ca. 540 kg/m³, R<sub>w,P</sub>(C; C<sub>tr</sub>) = 54 (-3;-11) dB D: 25 mm Unterdeckplatte, Rohdichte ca. 290 kg/m³, R<sub>w,P</sub>(C; C<sub>tr</sub>) = 55 (-5;-13) dB E: 60 mm Unterdeckplatte, Rohdichte ca. 240 kg/m³, R<sub>w,P</sub>(C; C<sub>tr</sub>) = 57 (-6;-13) dB



#### 3.5 <u>Einfluss der Befestigung der raumseitige Beplankung</u>

#### 3.5.1 Einfluss von Federschienen bei Dächern mit Unterdeckbahn

Bei Dächern mit Zwischensparrendämmung und Unterdeckbahn sowie Dacheindeckung aus Beton-Dachsteinen bewirkt eine federnde Befestigung der raumseitigen Beplankung nur eine geringe Verbesserung der Schalldämmung (siehe Bild 3.10). Grund hierfür ist, dass die Schallübertragung bei dieser Dachkonstruktion im Wesentlichen über die Gefache erfolgt (vergleiche Bild 3.1) und eine Entkopplung des Schallübertragungsweges über die Sparren wenig bewirkt.

Aus den Messungen kann abgeleitet werden, dass die Veränderung der Schalldämmung durch die Federschienen etwa

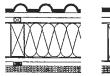
$$\Delta R_w = +1$$
 dB sowie  $\Delta C = 0$  dB und  $\Delta C_{tr} = 0$  dB

beträgt.



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

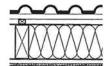






Konstruktion C / D





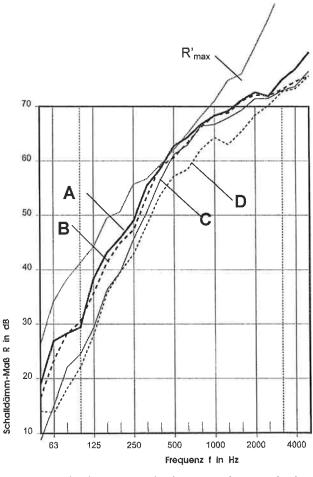


Bild 3.10: Dächer mit Vollsparrendämmung, Betondachstein-Eindeckung und Unterdeckbahn: Einfluss von Federbügeln/Holzlattung

A: raumseitige Beplankung 3x10 mm Gipsfaserpl., m'=3x11,8 kg/m², über Federbügel am Sparren befestigt, Messung A14,  $R_{w,P}(C;C_{tr})=60$  (-4;-12) dB

**B**: wie A, nur über Holzlattung befestigt, Messung A18,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 59$  (-4;-11) dB

C: raumseitige Beplankung 1x10 mm Gipsfaserpl., m' = 11,8 kg/m², über Federbügel am Sparren befestigt, Messung A12, R<sub>w,P</sub>(C; C<sub>tr</sub>) = 54 (-4;-11) dB

**D**: wie C, nur über Holzlattung befestigt, Messung A16,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 52$  (-4;-11) dB



## 3.5.2 Einfluss von Federschienen bei Dächern mit Unterdeckung aus Holzweichfaserplatten

Bei Dächern mit Zwischensparrendämmung und mit Unterdeckung aus Holzweichfaserplatten bewirkt eine Entkopplung der raumseitigen Beplankung durch Federschienen, Federbügel o. ä. i. d. R. eine deutliche Verbesserung der Schalldämmung. In Bild 3.11 sind für 3 untersuchte Konstruktionen mit und ohne Federschienen die Schalldämmkurven dargestellt. Die Verbesserung beträgt etwa  $\Delta R_{\rm w}=2$  bzw. 4 bzw. 7 dB.

In diesem Zusammenhang wird auf die in Abs. 3.4.2 diskutierten starken Variationen der Schalldämmung bei Dachkonstruktionen mit Unterdeckungen aus unterschiedlichen Holzweichfaserplatten verwiesen. Die Variationen der Schalldämmung werden bei Konstruktionen mit Federschienen geringer (Messwerte, wenn erforderlich, entsprechend Abs. 3.3 korrigiert):

Konstruktionen mit Holzlattung,

GKB Gipsbauplatten  $m' = 8.6 \text{ kg/m}^2$ :

 $R_{...} = 47 \text{ bis } 53 \text{ dB}$ 

Konstruktionen mit Federschienen

GKB Gipsbauplatten  $m' = 8.6 \text{ kg/m}^2$ :

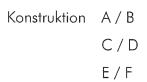
 $R_{w} = 54 \text{ bis } 55 \text{ dB}$ 

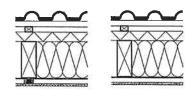
Die Spektrumanpassungswerte C und  $C_{tr}$  verändern (verschlechtern) sich durch die Federschienen tendenziell um -1 dB.

Eine direkte Befestigung der raumseitigen Beplankung an den Holzsparren verschlechtert gegenüber einer Befestigung über eine Holzlattung die Schalldämmung um etwa 3 dB (siehe Bild 3.12). Eine derartige Bauweise ist bei vorgefertigten Holzrahmen-Konstruktionen üblich. Die Schalldämmung kann durch Erhöhung der flächenbezogenen Masse der raumseitigen Beplankung entsprechend Abs. 3.3 verbessert werden.



FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI





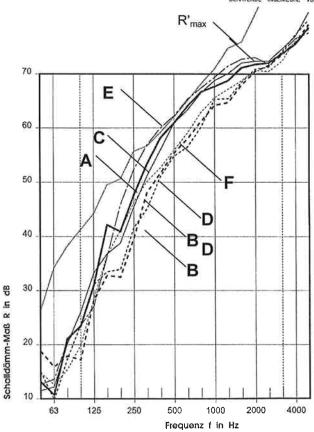


Bild 3.11: Dächer mit Vollsparrendämmung, Holzweichfaser-Unterdeckplatte und Beton-Dachstein-Eindeckung: Einfluss von Federbügeln/Holzlattung

**A:** 52 mm Unterdeckplatte, Rohdichte ca. 290 kg/m³, raums. Beplankung 10 mm Gipsfaserplatten, m'=11.8 kg/m² an Federschienen,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 56$  (-6;-14) dB

**B**: wie A, nur über Holzlattung befestigt, Messung A45,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 49$  (-5;-13) dB

C 18 mm Unterdeckplatte, Rohdichte ca. 290 kg/m³, raums. Beplankung 10 mm Gipsfaserplatten, m'=11,8 kg/m² an Federschienen,  $R_{w,P}(C; C_{t}) = 55$  (-4;-11) dB

**D**: wie C nur über Holzlattung befestigt, Messung A46,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 51$  (-3;-10) dB

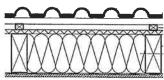
E 21 mm Unterdeckplatte, Rohdichte ca. 290 kg/m³, raumseitige Beplankung aus 12.5 mm GKB, m¹ = 8,8 kg/m² an Federschienen, Messung A32, R<sub>w,P</sub>(C; C<sub>tr</sub>) = 55 (-6;-13) dB

F: wie E nur über Holzlattung befestigt, Messung A31,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 53 (-6;-14) dB$ 

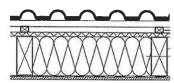


ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VRI

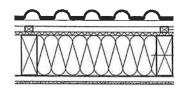




Konstruktion B



Konstruktion C



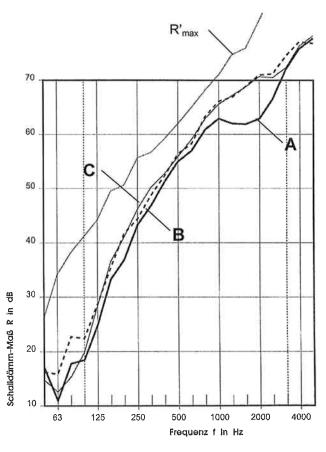


Bild 3.12: Dächer mit Vollsparrendämmung, 21 mm Holzweichfaser-Unterdeckplatte und Betondachstein-Eindeckung, Einfluss einer direkten Befestigung der raumseitigen Beplankung am Sparren (Verzicht auf Holzlattung):

A: 15 mm OSB-Platte,  $m' = 9.7 \text{ kg/m}^2$ , direkt am Sparren befestigt, Messung A33,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 50 \text{ (-5;-13)} \text{ dB}$ 

**B**: 12,5 mm GKB-Platte,  $m' = 8,6 \text{ kg/m}^2 + 15 \text{ mm OSB-Platte, } m' = 9,7 \text{ kg/m}^2$ , direkt am Sparren befestigt, Messung A34,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 53 (-4;-12) \text{ dB}$ 

**C**: 12,5 mm GKB-Platte, m' = 8,6 kg/m² über Holzlattung am Sparren befestigt, Messung A31,  $R_{w,P}(C; C_{tr}) = 53$  (-6;-14) dB



# 3.6 Konstruktionen mit Zinkblech-Eindeckung

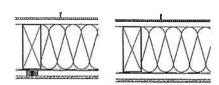
In Bild 3.13 sind Schalldämmkurven von Dächern mit Vollsparrendämmung und mit einer Zinkblech-Eindeckung gezeigt. Diese Konstruktionen weisen bauakustische Analogien zu Dächern mit Vollsparrendämmung, mit Unterdeckplatten und einer Beton-Dachstein-Eindeckung auf. Durch Federschienen wird auch hier eine ganz wesentliche Verbesserung der Schalldämmung erreicht, ähnlich wie bei Dächern mit Zwischensparrendämmung und mit Unterdeckung aus Holzweichfaserplatten (siehe Abs. 3.5.2).

Konstruktionen mit Zinkblech-Eindeckung sind insgesamt schalltechnisch wenig untersucht, so dass für diese Konstruktionen kein Tabellenverfahren zur Berechnung der Schalldämmung angegeben werden kann.



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VRI

Konstruktion A/B



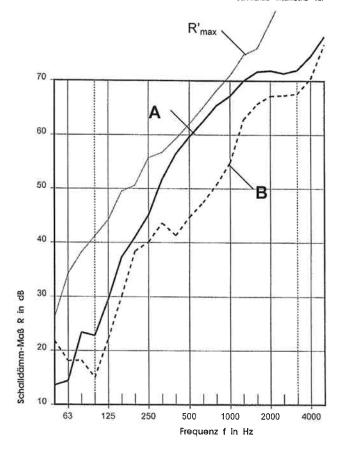


Bild 3.13: Dach mit Vollsparrendämmung mit Zinkblech-Eindeckung: Zur Wirksamkeit von Federschienen

- A: Vollsparrendämmung aus 200 mm Mineralfaser-Dämmstoff, raumseitige Beplankung GKB, m' = 9,0 kg/m² an Federschienen,

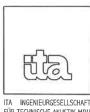
  Messung A 58, R<sub>w,P</sub>(C; C<sub>tt</sub>) = 54 (-5;-12) dB
- **B**: wie A, nur über Holzlattung befestigt, Messung A 57,  $R_{w,P}(C; C_{t}) = 46 (-4;-12) dB$



# 3.7 <u>Vorschlag für ein Tabellenverfahren zur Berechnung der Schalldämmung von Dächern mit Zwischensparrendämmung (Faserdämmstoffe)</u>

Zeile/ Spalte	Konstruktions-Skizze	Anzahl der raumsei- tige	Schalldämmung der Konstruktion <sup>1),2)</sup>
		Bauplatten	$R_{w,P}(C; C_{tr})$ in dB
1	Dächer mit Unterdeckbahn  7 cm Dämmstoffdicke	1	45 (-6; -14) <sup>3a)</sup>
2	Dächer mit Unterdeckbahn		
		1	49 (-4; -12) <sup>3a),4)</sup>
	20 cm Dämmstoffdicke	2	53 (-4; -12) <sup>3a),4)</sup>
		3	56 (-4; -12) <sup>3a),4)</sup>
3	Dächer mit Unterdeckplatten		
	~~~~	1	48 (-5; -13) <sup>3b) 5)</sup>
		2	52 (-5; -13) <sup>3b) 5)</sup>
	20/cm Dämmstoffdicke	3	55 (-5; -13) <sup>3b) 5)</sup>

/Fortsetzung



FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

## Fortsetzung Tabelle 3.1

Zwischensparrendämmung aus Mineralfaser-Dämmstoff, Zellulose-Dämmstoff, Holzweichfaser-Dämmstoff, längenbezogener Strömungswiderstand 3,0 ≤ r ≤ 35 kPa s/m²

raumseitige Beplankung aus Gipskarton-Bauplatten mit einer flächenbezogenen Masse von  $m' = 8,6 \text{ kg/m}^2$ .

Bei schwereren (auch mehrlagigen) biegeweichen Konstruktionen aus biegeweichen Gipsbauplatten bis d = 15 mm bzw. biegeweichen Holzwerkstoffplatten bis d = 22 mm bzw. kann die Schalldämmung entsprechend erhöht werden sowie  $\Delta C = 0$  dB und  $\Delta C_{tr} = 0$  dB.

m' bezeichnet dabei die gesamte flächenbezogene Masse der raumseitigen Beplankungen.

Konstruktionen mit Unterdeckbahn: Die entkoppelte Befestigung der raumseitigen Beplankung durch Federschienen oder Federbügel bewirkt eine Verbesserung der Schalldämmung um  $\Delta R_w$  (C;  $C_w$ ) = + 1 (0; 0) dB.

Konstruktionen mit Unterdeckplatten aus Holzweichfaserplatten: (gilt nicht für Unterdeckung aus Holzscha-

Bei entkoppelter Befestigung der raumseitigen Beplankung durch Federschienen oder Federbügel kann zum Tabellenwert  $\Delta R_w$  (C;  $C_{tr}$ ): = + 5 (-1; -1) dB aufsummiert werden.

Konstruktionen mit Unterdeckbahn: Dacheindeckung aus Beton-Dachsteinen, m' ≥ 40 kg/m², mit flächiger Überlappung, an den Seiten gefalzt, Überlapplänge zur oberhalb angeordneten Beton-Dachstein: ≥ 5 cm ("Frankfurter Pfanne"); Dacheindeckung aus Ton-Dachziegeln, m'  $\geq 42 \text{ kg/m}^2$ : pauschaler Abzug  $\Delta R_w$  (C;  $C_{tr}$ ) = -2 (0;0) dB [7]; dieser pauschale Abzug ist nicht vorzunehmen bei Dächern mit Unterdeckplatten aus Holzweichfaserplatten Sonstige Dacheindeckungen sind gesondert nach zuweisen.

Bei Konstruktionen mit einer Holzschalungs-Unterdeckung ist mit einer geringeren Schalldämmung zu rechnen.

Tabelle 3.1: Tabellenverfahren zur Berechnung der Schalldämmung von Dächern mit Zwischensparrendämmung (Faserdämmstoffe)



# 4. DÄCHER MIT AUFSPARRENDÄMMUNG

4.1 <u>Vergleich der Schalldämmung von Dächern mit Aufsparrendämmung und mit Zwischensparrendämmung</u>

Dächer mit Aufsparrendämmung und mit Zwischensparrendämmung zeigen im Frequenzbereich 125 Hz  $\leq f \leq 500$  Hz sowie im Frequenzbereich  $f \geq 2.000$  Hz sehr ähnliche Schalldämmkurven. In Bild 4.1 ist eine Zusammenstellung von Schalldämmkurven gezeigt, wobei bei den Dächern mit Aufsparrendämmung Konstruktionen mit Doppelgewindeschrauben (vergl. Abs. 4.3) ausgewählt werden.

#### Der Vergleich zeigt:

Im Frequenzbereich 50 Hz ≤ f ≤ 80 Hz zeigen Dächer mit Zwischensparrendämmung ein ausgeprägtes Minimum verbunden mit Schalldämmmaßen im Bereich R ≈ 10 dB.

Dächer mit Aufsparrendämmung haben hier deutlich höhere Schalldämmmaße  $R > 15 \ dB$ ;

im Terzband f = 100 Hz haben die Dächer mit Zwischensparrendämmung dagegen die etwas höheren Schalldämmmaße.

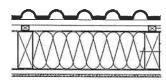
Da nur der Frequenzbereich  $f \ge 100$  Hz in die Ermittlung der Einzahlkennwerte  $R_w$ , C und  $C_{tr}$  einfließt, ergeben sich für die Dächer mit Zwischensparrendämmung etwas höhere Einzahl-Kennwerte  $R_w$ , C und  $C_{tr}$  (obwohl bei f < 100 Hz deutliche Verschlechterungen auftreten!).

 Im Frequenzbereich f > 500 Hz zeigen die Dächer mit Aufsparrendämmung einen leichten Einbruch in der Schalldämmkurve. Dies hat jedoch praktisch keinen Einfluss auf die Einzahl-Kennwerte.

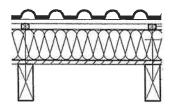


ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

Konstruktion A/C



Konstruktion B/D



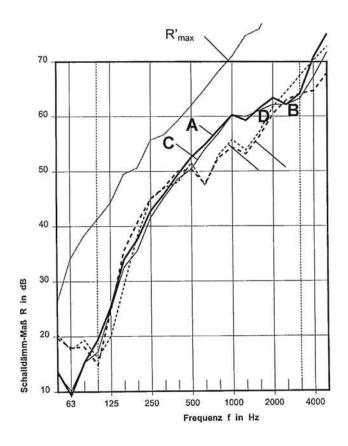


Bild 4.1: Vergleich der Schalldämmkurven von Dächern mit Aufsparrendämmung und Dächern mit Zwischensparrendämmung, jeweils Mineralfaserdämmstoff

- A: Dach mit Zwischensparrendämmung, 200 mm MF-Dämmstoff, Messung A8,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 50 (-4;-12) dB
- B: Dach mit Aufsparrendämmung, 200 mm MF-Dämmstoff, Doppelgewindeschrauben, Messung B6, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 50 (-7;-16) dB
- C: Dach mit Zwischensparrendämmung, 160 mm MF-Dämmstoff, Messung A7,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 49 (-5;-13) dB
- **D**: Dach mit Aufsparrendämmung, 160 mm MF-Dämmstoff, Doppelgewindeschrauben, Messung B5,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 48 (-6;-14) dB



# 4.2 Einfluss der Beschwerung für Dächer mit Aufsparrendämmung

Durch eine Beschwerung der raumseitigen Schalung wird die Schalldämmung von Dächern mit Aufsparrendämmung wirkungsvoll verbessert. In Bild 4.2 sind die Schalldämmkurven von Dachkonstruktionen mit und ohne Beschwerung dargestellt.

Der Effekt ist bei Dächern mit Zwischensparrendämmung analog zu finden. In Bild 3.6 sind die Einzahl-Kennwerte der untersuchten Dächer mit Zwischensparren- und mit Aufsparrendämmung zusammengestellt.

Die Veränderung der Schalldämmung in Abhängigkeit von der Masse der raumseitigen Beplankung kann näherungsweise zu

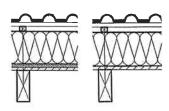
$$\Delta R_{w}$$
 ( $\Delta C$ ;  $\Delta C_{tr}$ ) = 4 (0; 0) dB pro Massenverdoppelung bzw.   
  $\Delta R_{w} = 13,3$  lg  $\frac{m'}{8,6}$  sowie  $\Delta C = 0$  dB und  $\Delta C_{tr} = 0$  dB

angegeben werden (siehe Abs. 3.3).

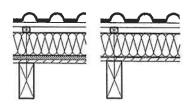


ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

#### Konstruktion A/C



#### Konstruktion B/D



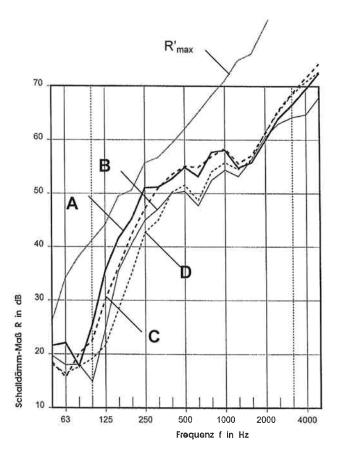


Bild 4.2: Einfluss von Beschwerungsplatten auf die Schalldämmung von Dächern mit Aufsparrendämmung

- A: Dach mit 200 mm Mineralfaser-Aufsparrendämmung, Doppelgewindeschrauben und Beschwerungsplatten m' =  $25 \text{ kg/m}^2$ , Messung B9,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 55 (-3;-11) dB
- B: Dach mit 120 mm Mineralfaser-Aufsparrendämmung, Doppelgewindeschrauben und Beschwerungsplatten m¹ = 25 kg/m²,
  Messung B8, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 54 (-5;-13) dB
- C: wie A, jedoch, ohne Beschwerungsplatten Messung B6,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 50 (-7;-16) dB
- **D**: wie D, jedoch ohne Beschwerungsplatten Messung B4,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 48 (-5;-12) dB



# 4.3 <u>Verschraubung der Traglattung am Sparren</u>

Wichtiger schalltechnischer Parameter ist ferner die Verschraubung der Traglattung am Sparren. Im Einsatz sind zwei verschiedene Arten der Verschraubung:

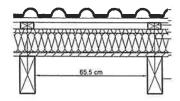
- Doppelgewindeschrauben oder
- Normalschrauben (nur einsetzbar bei ausreichend druckfesten Dämmstoffen)

In Bild 4.3 sind Schalldämmkurven mit Normal- und Doppelgewindeschrauben vergleichend dargestellt.

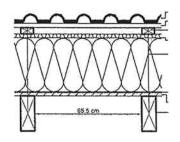


ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

#### Konstruktion A/C



### Konstruktion B/D



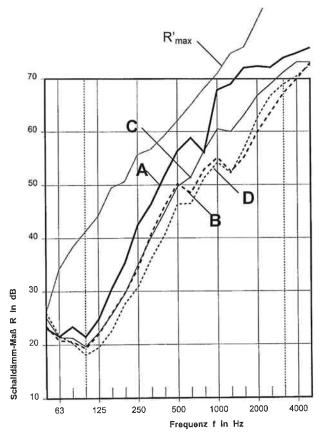


Bild 4.3: Einfluss der Verschraubung (Doppelgewindeschrauben oder Normalschrauben) auf die Schalldämmung von Dächern mit Aufsparrendämmung

- A: 300 mm Holzweichfaserplatte STEICO therm, Befestigung mit Doppelgewindeschrauben, Messung B19,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 50 (-4;-11) dB
- **B**: 100 mm Holzweichfaserplatte STEICO therm, Befestigung mit Doppelgewindeschrauben, Messung B17,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 45 (-3;-9) dB
- C: wie A, nur: Befestigung mit Normalschrauben, Messung B23,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 45 (-3;-9) dB
- **D**: wie B, nur: Befestigung mit Normalschrauben, Messung B22,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 42 (-2;-9) dB



Bei Verwendung von Normalschrauben ergeben sich generell um ca.  $\Delta R_w = 3$  dB ( $\Delta (R_w + C_{tr}) = 2$  dB) schlechtere Werte der Schalldämmung (Bild 4.4).

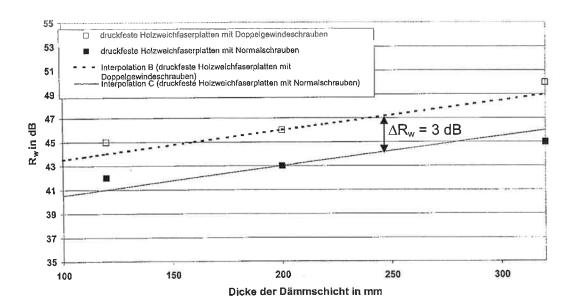


Bild 4.4: Einfluss der Verschraubung der Traglattung (Doppelgewindeschraube/Normalschraube) und der Dämmstoffdicke auf die Schalldämmung von Dächern mit Aufsparrendämmung

#### 4.4 Zur bauakustischen Qualität verschiedener Dämmstoffe

Üblicherweise werden folgende Arten von Aufsparrendämmstoffen unterschieden:

- Mineralfaser-Dämmplatten
- Holzweichfaserplatten
- Hartschaumplatten (PUR oder EPS) (hier nicht untersucht)



Bei den untersuchten Holzweichfaserplatten fielen allerdings große schalltechnisch relevante Unterschiede auf, die sich in einer großen Variation der gemessenen Schalldämmmaße niederschlagen; in Bild 4.5 sind beispielhaft hierfür Schalldämmkurven von Dächern mit Aufsparrendämmung aus Holzweichfaserplatten dargestellt, wobei nur die Qualität der Holzweichfaserplatten variiert wurde. Eine Abhängigkeit der Schalldämmung von der Rohdichte, vom längenbezogenen Strömungswiderstand oder der dynamische Steifigkeit kann nicht abgeleitet werden.

In diesem Zusammenhang wird auf Abs. 3.4.2 verwiesen, wo sich analoge Erkenntnisse aus den bauakustischen Messergebnissen an Dächern mit Zwischensparrendämmung ergaben.

Die Angabe der flächenbezogenen Masse und des längenbezogenen Strömungswiderstandes (und der dynamischen Steifigkeit) kennzeichnen die bauakustischen Eigenschaften von Holzweichfaserplatten nicht ausreichend.

Es ist davon auszugehen, dass weitere, noch nicht bekannte Einflussfaktoren auf die Schalldämmung der Gesamtkonstruktion einwirken.





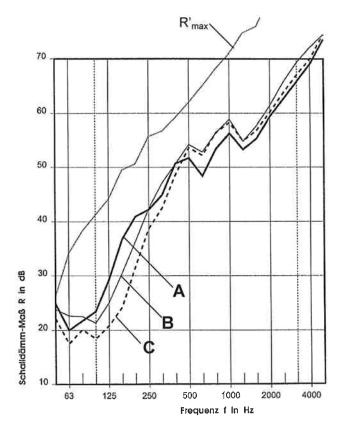


Bild 4.5: Variation der Schalldämmung von Dächern mit Aufsparrendämmung bei der Verwendung verschiedener Qualitäten von Holzweichfaserplatten

- A: 200 mm Holzweichfaserplatte STEICO flex, Rohdichte ca. 57 kg/m³, längenbez. Strömungswiderstand 3,8 kPa s/m², Befestigung mit Doppelgewindeschrauben, Messung B26, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 51 (-3;-9) dB
- B: 200 mm Holzweichfaserplatte STEICO top, Rohdichte ca. 100 kg/m³, längenbez. Strömungswiderstand 14,3 kPa s/m², Befestigung mit Doppelgewindeschrauben, Messung B12, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 46 (-4;-11) dB
- C: 200 mm Holzweichfaserplatte STEICO therm, Rohdichte ca. 170 kg/m³, längenbez. Strömungswiderstand > 250 kPa s/m², Befestigung mit Doppelgewindeschrauben, Messung B18, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 50 (-4;-11) dB



# 4.5 Zunahme der Schalldämmung mit zunehmender Dicke der Dämmschicht

Mit zunehmender Schichtdicke der Aufsparrendämmung nimmt erwartungsgemäß die Schalldämmung der Gesamtkonstruktion zu (siehe Bild 4.6). Dabei zeigen nichtdruckbelastbare Faserdämmstoffe um etwa + 3 dB höhere bewertete Schalldämmmaße, als druckbelastbare Faserdämmstoffe, wobei hier eine große Schwankungsbreite auftritt.

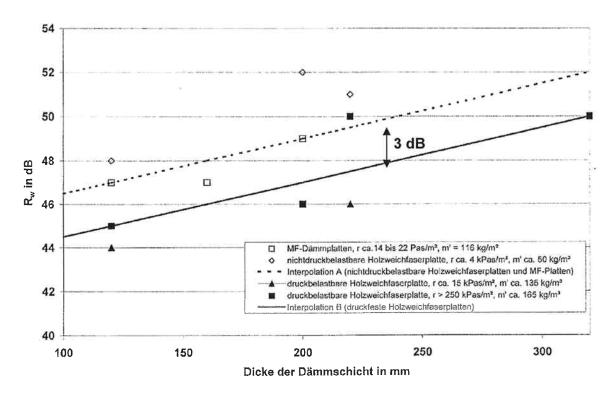


Bild 4.6: Dächer mit Aufsparrendämmung, Befestigung der Traglattung an den Sparren mit Doppelgewindeschrauben: Einfluss der Dämmstoffqualität und der Schichtdicke auf die Schalldämmung.

Alle Messergebnisse wurden bezogen auf eine flächenbez. Masse der raumseitigen Beplankung von 11,4 kg/m² (19 mm Nut-Federschalung ohne Bitumenbahn).



Für die Spektrumanpassungswerte konnte keine eindeutige Systematik in Abhängigkeit von der Veränderung der Druckbelastbarkeit des Faserdämmstoffs abgeleitet werden.

4.6 <u>Vorschlag für ein Tabellenverfahren zur Berechnung der Schalldämmung von Dächern</u> <u>mit Aufsparrendämmung (Mineralfaser- und Holzweichfaserplatten)</u>



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

Zeile/ Spalte	Konstruktions-Skizze	Dämmschicht- dicke in mm	Schalldämmung der Konstruktion <sup>1) 2) 3) 4)</sup> <sub>5)</sub> R <sub>w,P</sub> (C; C <sub>tr</sub> ) in dB
1	Doppelgewindeschrauben	120 160 200 300	44 (-4; -11) 45 (-4; -11) 46 (-4; -11) 48 (-4; -11)
2	Normalschrauben	120 160 200 300	41 (-3; -9) 42 (-3; -9) 43 (-3; -10) 45 (-3;-10)

<sup>&</sup>lt;sup>1)</sup> raumseitige Konstruktion: 19 mm Nut-Feder-Schalung, m' = 11,4 kg/m². Alternativ können auch gleichschwere biegeweiche Bauplatten oder biegeweiche Holzwerkstoffplatten eingesetzt werden.

#### Zu-/Abschläge:

- <sup>4)</sup> Bei Beschwerung der raumseitigen Konstruktion mit:
  - Bitumenbahnen
  - biegeweichen Gipsbauplatten bis  $d=15\ mm\ bzw.$
  - biegeweichen Holzwerkstoffplatten bis  $d=22\ mm\ bzw.$
  - biegeweichen zementgebunden Bauplatten bis d =25 mm

kann die Schalldämmung um  $\Delta R_w = 13,3~\frac{m'}{11,4}$  erhöht werden; dabei ist  $\Delta C = 0~dB$  und  $\Delta C_{tr} = 0~dB$ .

m' bezeichnet dabei die gesamte flächenbezogene Masse der raumseitigen Konstruktion (ohne die Sparrenmasse). Bei Verwendung nichtdruckbelastbarer Faserdämmstoffe (erfordert die Verwendung von Doppelgewindeschrauben):  $\Delta R_{w} = +3 \text{ dB; } \Delta C \text{ und } \Delta C_{h} \text{ unbekannt.}$ 

Tabelle 4.1: Tabellenverfahren zur Berechnung der Schalldämmung von Dächern mit Aufsparrendämmung (Mineralfaser- und Holzweichfaserplatten)

Aufsparrendämmung aus druckbelastbaren Holzweichfaserplatten EN 13171 oder Mineralfaserdämmplatten nach EN 13162

Dacheindeckung aus Beton-Dachsteinen, m' ≥ 40 kg/m², mit flächiger Überlappung, an den Seiten gefalzt, Überlapplänge zum oberhalb angeordneten Beton-Dachstein: ≥ 5 cm ("Frankfurter Pfanne");
Dacheindeckung aus Ton-Dachziegeln, m' ≥ 42 kg/m²: pauschaler Abzug ΔR<sub>w</sub> (C; C<sub>tr</sub>)= -2 (0;0) dB [7]; dieser pauschale Abzug ist nicht vorzunehmen bei Dächern mit Unterdeckplatten aus Holzweichfaserplatten Sonstige Dacheindeckungen sind gesondert nach zuweisen.



#### 5. DÄCHER MIT AUF- UND ZWISCHENSPARRENDÄMMUNG

In Bild 5.1 sind Messergebnisse für Dächer mit Zwischensparren- und Aufsparrendämmung aufgeführt. Die hier gezeigten Beispiele weisen alle eine Nut-Feder-Schalung als Sparrenüberdeckung auf.

Insgesamt ergibt sich für Dächer mit Auf- und Zwischensparrendämmung eine große Konstruktionsvielfalt. Dachkonstruktionen mit Zwischensparrendämmung und mit einer Unterdeckung aus Holzweichfaserplatten könnten beispielsweise auch hier eingruppiert werden - in vorliegender Forschungsarbeit wurden derartige Konstruktionen allerdings in den Abs. 3 bzw. 6 diskutiert.

Bei Dächern mit Aufsparrendämmung aus Hartschaumplatten werden aus schalltechnischen Gründen Mineralfaser-Dämmplatten in die Gefachen eingesetzt. Derartige Konstruktionen erreichen Schalldämmmaße um  $R_{\rm w}=45$  dB. Bei einem Verzicht auf diese Hohlraumbedämpfung würden die Dachkonstruktionen mit Hartschaum-Dämmplatten eine wesentlich geringere Schalldämmung aufweisen.

Bei Konstruktionen mit einer Aufsparrendämmung aus Hartschaumplatten kann durch die Verwendung von Federschienen eine ganz wesentliche Erhöhung der Schalldämmung erreicht werden (vergleiche Bild 5.1, Kurven B und C).

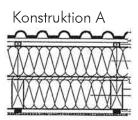


Konstruktionen mit Auf- und Zwischensparrendämmung aus Mineralfaserdämmstoff und einer Befestigung der raumseitigen Beplankung an Federschienen erreichen bewertete Schalldämmmaße um  $R_{\rm w}=65~{\rm dB}$  (siehe Bild 5.1, Kurve A).

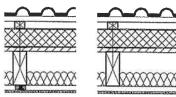
Ein Tabellenverfahren zur Berechnung der Schalldämmung von Dächern mit Auf- und Zwischensparrendämmung wird in vorliegendem Abschlussbericht nicht angegeben.



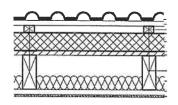
FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE V81







Konstruktion D



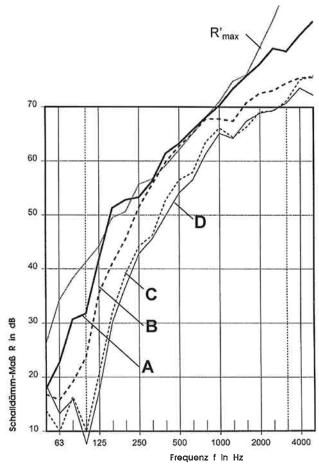


Bild 5.1: Holzdächer mit Auf- und Zwischensparrendämmung

- A: Konstruktion mit Auf- und Zwischensparrendämmung aus MF-Dämmstoff, raums. Beplankung GKB an Federschienen,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 64 (-5;-13) dB
- B: Konstruktion mit Aufsparrendämmung aus Schaumglas und Zwischensparrendämmung aus MF-Dämmstoff, raums. Beplankung GKB an Federschienen, Messung C9, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 58 (-6;-15) dB
- **C**: wie B, nur raumseitige Beplankung GKB an Holzlattung, Messung C8,  $R_{w,P} \; (C; \; C_{tr}) = 47 \; (-9; -17) \; dB$
- **D**: Konstruktion mit Aufsparrendämmung aus PU-Hartschaumplatten und Zwischensparrendämmung aus Mineralfaser-Dämmstoff, raumseitige Beplankung GKB an Holzlattung,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 45 (-9;-18) dB



# 6. DÄCHER MIT RAUMSEITIG VERPUTZTER HWL-PLATTE ("ALTDACH"-VARIANTEN)

Die klassische Altdachkonstruktion hat eine Sparrenhöhe von ca. 140 mm und eine abgehängte verputzte HWL-Platte (Holzwoll-Leichtbauplatte). Aufgrund der vergleichsweise hohen Masse von Putz und HWL-Platte und der gleichzeitigen Wirksamkeit der HWL-Platte als Hohlraumdämmung erreichen derartige Konstruktionen bereits ohne Zwischensparrendämmung Schalldämmmaße wie moderne Dächer mit Vollsparrendämmung (siehe Bild 6.1, Kurve F).

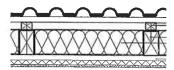
Die wärmetechnische Sanierung von außen erfolgt häufig durch eine Vollsparrendämmung und ggf. eine zusätzliche Aufsparrendämmung. Aus feuchteschutztechnischen Gründen wird üblicherweise eine Dampfbremse in die Gefache eingelegt.

Die flächenbezogene Masse der raumseitige Beplankung aus HWL-Platte und Gipsputz betrug bei den untersuchten Konstruktionen m' =  $30 \text{ kg/m}^2$ . Schalldämmkurven sind in Bild 6.1 gezeigt. Bei einer Sparrenhöhe von 140 mm werden mit Vollsparrendämmung bewertete Schalldämmmaße von  $R_w = 56$  - 59 dB erreicht. Miteingetragen ist in Bild 6.1, Kurve E ist auch die Schalldämmkurve einer Dachkonstruktion mit Unterdeckung aus Holzschalung und Unterdeckbahn und Vollsparrendämmung. Diese Konstruktion ist schalltechnisch etwas ungünstiger.

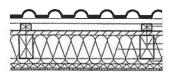


ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

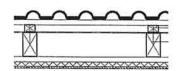
Konstruktion A-D



#### Konstruktion E



#### Konstruktion F



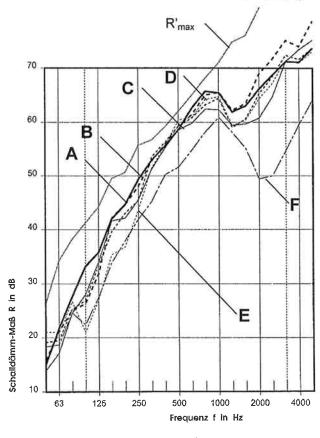


Bild 6.1: Schalldämmung von Dächern mit raumseitig verputzter HWL-Platte,

140 mm Sparren mit Vollsparrendämmung, Eindeckung aus Beton-Dachsteinen

A: 140 mm Flachsfaser-Dämmplatten, Hersflax-SP, Rohdichte ca. 28 kg/m³, r > 2 kPa·s/m², Unterdeckbahn, Messung D8,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 59 (-3;-9) dB

B: 140 mm Mineralfaser-Dämmplatten, Rohdichte ca. 50 kg/m³,
r ca. 18 kPa·s/m², Unterdeckbahn, Messung D5, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 57 (-5;-12) dB

C: 140 mm Holzweichfaser-Dämmstoff STEICO flex, Rohdichte ca. 57 kg/m³, r=3.9 kPa·s/m², Unterdeckbahn, Messung D24,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 56 (-3;-10) dB

D: 170 mm isofloc Zellulose-Dämmstoff, Rohdichte ca. 50 kg/m³, r ca. 20 kPa·s/m², Unterdeckbahn, Messung D19, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 56 (-4;-11)dB

 $\begin{tabular}{ll} \textbf{E}: 170 \ mm isofloc Zellulose-D\"{a}mmstoff, Rohdichte ca. 50 kg/m³, r=20 kPa·s/m², \\ Holzschalung und Unterdeckbahn, Messung D13, <math>R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 52 (-5;-12) dB

**F**: Gefache leer, Messung D4,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 50 (-3;-10) dB

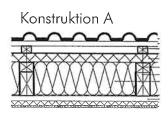


In Tabelle 6.1 ist ein Tabellenverfahren für die Berechnung der Schalldämmung von Dachkonstruktionen mit raumseitig verputzten HWL-Platten dargestellt. Hier wurde auf die Angabe von Werten für Konstruktionen mit Unterdeckplatten verzichtet – Grund sind die an anderen Konstruktionen (siehe Abs. 3.4 und 4.4) vorgefundenen Streuungen der Messwerte. In Bild 6.2 sind allerdings Beispiele zur Schalldämmung derartiger Konstruktionen dargestellt, insbesondere um zu zeigen, dass mit Unterdeckplatten hohe Schalldämmungen erreichbar sind.

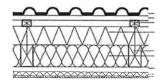
Eine zusätzliche Verbesserung der Schalldämmung kann durch eine Aufsparrendämmung aus 60 mm Mineralfaser-Dämmplatten oder aus 50 mm HWL-Platten erreicht werden. Auch hierfür sind Beispiele in Bild 6.2 dargestellt.



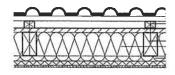
ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI



#### Konstruktion C



#### Konstruktion E



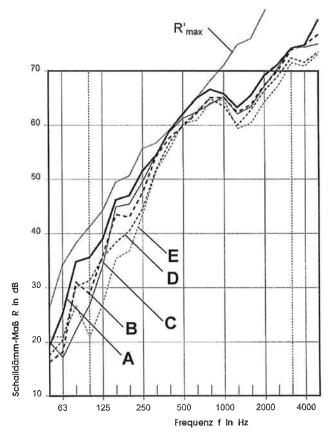


Bild 6.2: Schalldämmung von Dächern mit raumseitig verputzter HWL-Platte, Eindeckung aus Beton-Dachsteinen, Vollsparrendämmung und Unterdeckplatten

- A: Vollsparrendämmung 200 mm Flachsfaserdämmstoff, Unterdeckung aus 50 mm HWL-Platte mit aufliegender Unterdeckbahn,  $R_w(C; C_{tr}) = 61 (-2;-8) dB$
- **B**: Vollsparrendämmung 140 mm MF-Dämmplatten, Unterdeckung aus 60 mm MF-Dämmplatten mit aufliegender Unterdeckbahn,  $R_w(C; C_{tr}) = 58 (-4;-11) dB$
- C: Vollsparrendämmung 140 mm Holzweichfaser-Dämmstoff STEICO flex, Unterdeckpl. aus 120mm Holzweichfaserpl. STEICOspezial,  $R_w(C; C_{tr}) = 59$  (-6;-13) dB
- **D**: Vollsparrendämmung 170 mm isofloc Zellulose-Dämmstoff, Unterdeckplatte Celit 4D, Messung D15, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 57 (-3;-9) dB
- E: Vollsparrendämmung 170 mm isofloc Zellulose-Dämmstoff, Unterdeckung aus Holzschalung und Unterdeckbahn, Messung D19,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 52 (-5;-12) dB



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

Zeile/ Spalte	Konstruktions-Skizze	Art der Unter- deckung	Schalldämmung der Konstruktion <sup>1) 2) 3)</sup> R <sub>w,P</sub> (C; C <sub>tr</sub> ) in dB
1		Unterdeckbahn	48 (-3; -10)
2		Holzschalung <sup>4)</sup> Unterdeckbahn	52 (-5; -12) 56 (-5; -12)
	Sparrenhöhe: ≥ 140 mm	Holzweichfaserpl. <sup>5)</sup> Mineralfaserpl. <sup>4) 6)</sup>	einzeln nachzuwei- sen <sup>5)</sup> 58 (-5;-12)

Dacheindeckung aus Beton-Dachsteinen, m' ≥ 40 kg/m², mit flächiger Überlappung, an den Seiten gefalzt, Überlapplänge zum oberhalb angeordneten Beton-Dachstein: ≥ 5 cm ("Frankfurter Pfanne");
Tondachziegeln, m' ≥ 42 kg/m²: pauschaler Abzug ΔR<sub>w</sub> (C; C<sub>tr</sub>)= -2 (0;0) dB [7]; dieser pauschale Abzug ist nicht vorzunehmen bei Dächern mit Unterdeckplatten aus Holzweichfaserplatten.
Sonstige Dacheindeckungsarten sind gesondert nachzuweisen

Die angegebenen Schalldämmmaße gelten für Konstruktionen mit 25 mm HWL-Platte, verputzt mit ca. 18 mm Gipsputz, flächenbezogene Masse m' ca. 30 kg/m². Für Konstruktionen mit dünnerer (leichterer) Gipsschicht wird auf das in Abs. 3.3 abgeleitete Massegesetz verwiesen.

Zwischensparrendämmung aus Mineralfaser-Dämmstoff, Zellulose-Dämmstoff, Holzweichfaser-Dämmstoff, längenbezogener Strömungswiderstand 3 kPa s/m² ≤ r ≤ 35 kPa s/m², Flachs-Dämmstoff 2 kPa s/m² ≤ r ≤ 35 kPa s/m², Schichtdicke der Zwischensparrendämmung ≥ 140 mm

4) oberseitig Unterdeckbahn (ohne schalltechnische Bedeutung)

wegen der bei Holzweichfaserplatten vorgefundenen Streuungen (siehe Abs. 3.4 und 4.4) wurden keine Tabellenwerte für Konstruktionen mit Unterdeckplatten angegeben. Die im Prüfbericht dokumentierten Messwerte liegen im Bereich R<sub>w</sub> = 56 bis 59 dB.

6) 60 mm Mineralfaserdämmplatten oder auch 50 mm HWL-Platten

Tabelle 6.1: Tabellenverfahren zur Berechnung der Schalldämmung von Dächern mit raumseitig verputzten HWL-Platten ("Altdach"-Konstruktionen)



# 7. MASSIVDÄCHER

Als geneigte Massivdächer sind gegenwärtig u. a. folgende Massiv-Konstruktionen am Markt vertreten.

- Porenbeton-Konstruktionen, d = 20 cm, m¹ ca. 100 kg/m²

- Ziegel-Massivdach, d = 19 bis 24 cm m' ca. 290 bis 370 kg/m<sup>2</sup>

- Stahlbeton-Filigranplatte, d = 5 bis 7 cm, m' ca. 115 bis 160 kg/m<sup>2</sup>

Die Massivdach-Konstruktionen haben alle eine zusätzliche Wärmedämmung und Dacheindeckung.

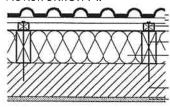
In Bild 7.1 und Bild 7.2 sind Schalldämmmaß-Kurven für verschiedene Massivdach-Konstruktionen gezeigt. Erkennbar sind die folgenden Charakteristika:

- das reine Massivdach zeigt eine Steigung der Schalldämmkurve von ca. 6 dB/Oktave, dem Massegesetz entsprechend
- Dämmstoffe aus Hartschaumplatten verhalten sich wie erwartet ungünstiger, als
   Dämmstoffe aus Mineralfaser.
- durch eine aufliegende Mineralfaser-Dämmschicht wird die Schalldämmung um
   ca. ΔR<sub>w</sub> (ΔC; ΔC<sub>tr</sub>) ≈11 (0; -2) dB verbessert (siehe Bild 7.3)

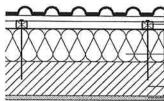


ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

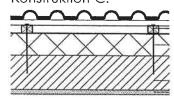
# Konstruktion A:



#### Konstruktion B:



# Konstruktion C:



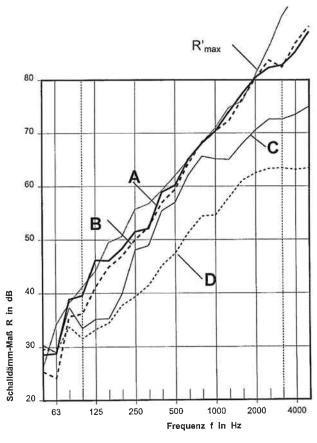


Bild 7.1: Ziegel-Massivdach, m' = 325 kg/m² (Masse der Ziegel-Massivschicht) mit verschiedenen Aufbauten:

A: 180 mm Mineralfaser-Dämmplatten in den Gefachen, Messung E5, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 63 (-2;-7) dB

**B**: 160 mm druckfeste Mineralfaser-Dämmplatten, Messung E4,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 61 (-2;-8) dB

C: 120 mm druckfeste PU-Dämmplatten,

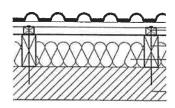
Messung E3, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 56 (-2;-8) dB

**D**: Roh-Massivdach  $m' = 325 \text{ kg/m}^2$  ohne Aufbauten,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 51 (-2;-6) dB

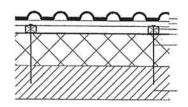


ita ingenieurgesellschaft für technische akustik mbh Beratende ingenieure ybi

#### Konstruktion A:



#### Konstruktion B:



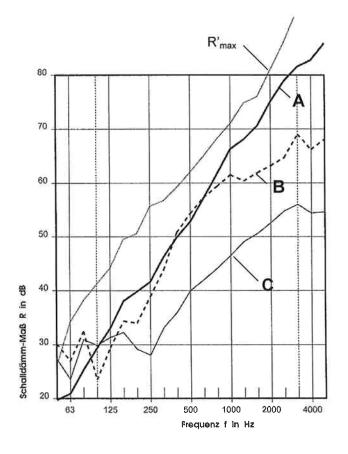


Bild 7.2: Porenbeton-Massivdach, m' = 100 kg/m² (Masse der Porenbetonschicht) mit verschiedenen Aufbauten:

A: 140 mm Mineralfaser-Dämmplatten zwischen Sparrenfeldern, Messung E7, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 54 (-2;-8) dB

B: 140 mm druckfeste Mineraldämmplatten Xella Mulitpor A, Messung E8, R<sub>w,P</sub> (C; C<sub>tt</sub>) = 50 (-2;-9) dB

C: Roh-Massivdach,  $m'=100~kg/m^2$  ohne Aufbauten,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 43 (-2;-5) dB



Erwartungsgemäß ergibt sich bei einer Mineralfaser-Dämmung (oder einer Dämmung mit Faserdämmstoffen oder Zellulose-Dämmstoffen) eine höhere Schalldämmung, als bei der Verwendung von Hartschaum-Dämmstoffen (siehe Bilder 7.1 und 7.2).

In Bild 7.3 ist das bewertete Schalldämmmaß von Massivdächern mit aufliegendem Faserdämmstoff und einer Dacheindeckung aus Beton-Dachsteinen getragen. Miteingetragen ist hier auch exemplarisch ein Messwert einer Dachkonstruktion mit Vollsparrendämmung und mit einlagiger Beplankung aus GKB-Gipsbauplatten, m' ca. 9 kg/m². Ferner ist neben den im beiliegenden Prüfbericht dokumentierten Konstruktionen zusätzlich noch ein älteres Messergebnis (Dach mit Stahlbeton-Filigranplatte, ITA-Labor 1996, umgerechnet von R'w auf Rw) eingetragen.

Insgesamt ergibt sich, dass durch den Aufbau mit Mineralfaser-Dämmstoff und Betondachstein-Eindeckung gegenüber dem Massegesetz nach Tabelle 1, Beiblatt 1 zu DIN 4109 eine Verbesserung des bewerteten Schalldämmmaßes um  $\Delta R_w$  (ΔC;  $\Delta C_{tr}$ ) ≈11 (0; -2) dB auftritt.



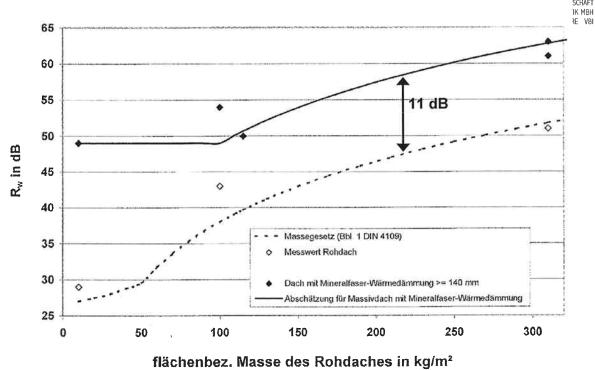


Bild 7.3: Massivdächer mit Mineralfaser-Wärmedämmung und Betondachstein-Eindeckung: Zusammenhang zwischen dem bewerteten Schalldämmaß R<sub>w</sub> und der flächenbezogenen Masse des Roh-Massivdachs



## 8. DACHFLÄCHENFENSTER

## 8.1 <u>Einflussparameter auf die Schalldämmung von Dachflächenfenstern</u>

Für die bauakustischen Untersuchungen der Dachflächenfenster wurde der Deckenprüfstand ausgewählt (siehe Bild 2.3), damit die baustellenüblichen Anschlusskonstruktionen mit erfasst werden konnten.

Untersucht wurden die folgenden Einflussparameter auf die Schalldämmung:

- Einfluss der Fenstergröße, siehe Abs. 8.2
- Einfluss der Verglasung, siehe Abs. 8.3
- Einfluss des Dämmrahmens und des Innenfutters (siehe Bild 8.1)

Im Fokus der Untersuchungen standen hochschalldämmende Konstruktionen mit  $R_w \geq 42$  dB. An den Untersuchungen im Rahmen der Forschungsarbeit hat sich einzig die Fa. VELUX als Hersteller von Dachflächenfenstern beteiligt.

Der Einfluss des Dämmrahmens und des Innenfutters auf die Schalldämmung des Dachflächenfensters war bei den untersuchten Konstruktionen mit  $R_w \le 42$  dB sehr gering. Diese Messergebnisse sind im Prüfbericht dokumentiert – hier wird nicht weiter darauf eingegangen.

Bei den hochschalldämmenden Konstruktionen R<sub>w</sub> ≥ 42dB fand die Schallübertragung im Wesentlichen über die Verglasung und über die Kammern im Klapprahmen statt.



Das Schalldämmmaß wurde auf die raumseitige Öffnungsfläche bezogen, die etwas größer ist, als die außenseitige Öffnungsfläche (siehe Bild 8.1).

Würde man die Prüffläche auf die (geringeren) außenseitigen Öffnungsfläche (Abmessungen des Blendrahmens) beziehen, so würden sich geringere Schalldämmmaße ergeben:

- Dachflächenfenster SO8 (Blendrahmen 114 cm x 114 cm)
- $\Delta R = -1.5 \text{ dB}$
- Dachflächenfenster M06 (Blendrahmen 78 cm x 118cm)
- $\Delta R = -1.8 \text{ dB}$

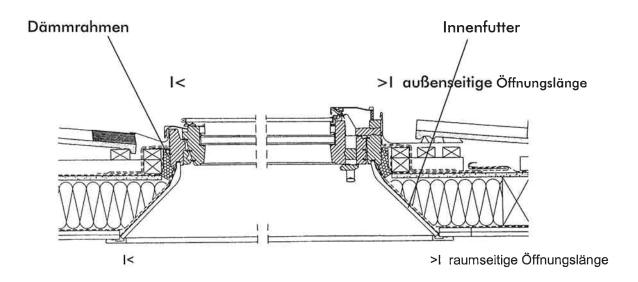


Bild 8.1: Dachflächenfenster mit Anschlusskonstruktionen sowie Lage des Dämmrahmens und Lage des Innenfutter.



#### 8.2 Einfluss der Fenstergröße auf die Schalldämmung

Erwartungsgemäß ist die Schalldämmung von üblichen Dachflächenfenstern mit gleichem Aufbau und Anschlussbedingungen bei kleineren Fenstergrößen etwas höher, als bei größeren Fenstern.

In dem in Bild 8.2 gezeigten Beispiel beträgt der Unterschied beim bewerteten Schalldämmmaß  $\Delta R_w = 1$  dB. Grund hierfür ist der von Fenstern allgemein bekannte bauakustisch günstige Einfluss der Randbedämpfung von 2-Scheibenkonstruktionen.

#### Einfluss der Verglasung auf die Schalldämmung 8.3

Bei der VELUX-Serie GPU 0060 kommt eine 2-Scheiben Wärmeschutzverglasung zum Einsatz, die in verschiedenen Aufbauten wählbar ist.

Für die hochschalldämmenden Dachflächenfenster der VELUX-Serie GGL 3062 kommt zusätzlich zur 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung eine außenliegende 8 mm Floatglasscheibe zum Einsatz.

Die beiden verschiedenen VELUX-Serien haben auch unterschiedliche Rahmen mit unterschiedlichen bauakustischen Eigenschaften.

Der Einfluss der Verglasung und der Rahmen auf die Schalldämmung ist in Bild 8.3 dargestellt.



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI

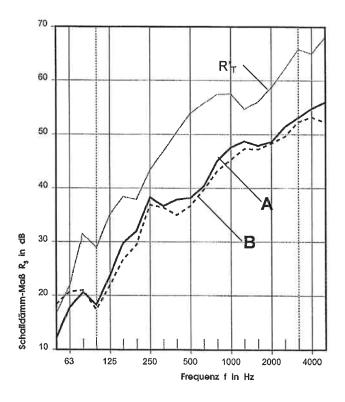


Bild 8.2: VELUX-Dachflächenfenster GGL 3062 mit verschiedenen Größen;

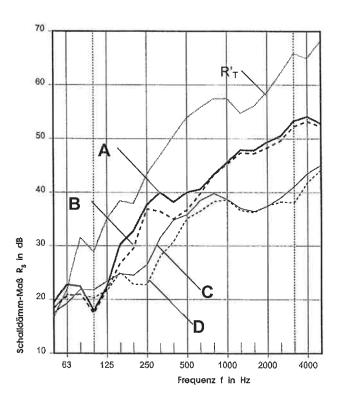
Verglasung: 2 x 2 mm VSG, 18 mm SZR, 3 mm ESG + 8 mm Floatglas als

Außenscheibe

- A: Dachflächenfenster GGL M06 3062, Fläche 1,38  $m^2$ , Messung F12,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 43 (-2;-7) dB
- **B**: Dachflächenfenster GGL S08 3062, **Fläche 2,24**  $m^2$  Messung F14,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 42 (-2;-7) dB



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VBI



- Bild 8.3: VELUX-Dachflächenfenster, mit verschiedenen Rahmen und verschiedenen Verglasungen, Fläche 2,24 m²
  - A: VELUX GGL S08 3062, Verglasung: 8 mm Floatglas als Außenscheibe und 2 x 3 mm VSG, 14 mm SZR, 6 mm ESG, Messung F23,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 43 (-2;-8) dB
  - B: wie A, nur: Verglasung: 8 mm Floatglas als Außenscheibe und 2 x 2 mm VSG, 18 mm SZR, 3 mm ESG, Messung F20, R<sub>w.P</sub> (C; C<sub>tr</sub>) = 42 (-2;-8) dB
  - C: VELUX GPU S08 0060, Verglasung:  $2 \times 3 \text{ mm VSG}$ , 12 mm SZR, 6 mm ESG, Messung F6,  $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) =  $37 \cdot (-1;-4) \cdot dB$
  - **D**: wie C, nur: Verglasung: 2 x 3 mm VSG, 14 mm SZR, 4 mm ESG, Messung F4, $R_{w,P}$  (C;  $C_{tr}$ ) = 35 (-1;-4) dB



#### 9. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die vorliegende Forschungsarbeit stellt eine umfangreiche Untersuchung der Schalldämmung von Dächern und Dachflächenfenstern mit heute üblichen Dammschichtdicken dar. Die Dokumentation der untersuchten Konstruktionen und deren Schalldämmung erfolgt in einem separaten Prüfbericht, der als Anhang beiliegt.

Ein Schwerpunkt dieser Forschungsarbeit lag in der Ableitung von Zusammenhängen der Schalldämmung von Dachkonstruktionen, u. a. der Wirkung von Federschienen, von zusätzlichen Lagen der raumseitigen Beplankung, von Unterdeckplatten, von Doppelgewindeschrauben, von Baustoffqualitäten der eingesetzt Dämmstoffe u. a.

Indem zahlreiche Hersteller von Baustoffen in die Forschungsarbeit integriert wurden, ist die direkte Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Baupraxis unmittelbar gegeben. Baukonstruktionen wurden dabei schalltechnisch optimiert und Prüfzeugnisse für die Baustoffhersteller erstellt.

Unter Kenntnis der bauakustischen Zusammenhänge konnten sehr detaillierte Tabellen zur Ermittlung der Schalldämmung von Dachkonstruktionen erarbeitet werden.

Es wurden insbesondere auch zahlreiche hochschalldämmende Konstruktionen mit bewerteten Schalldämmmaßen  $R_{\rm w} \geq 55$  dB untersucht.



Eine Veröffentlichung der wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit ist in der Zeitschrift BAU-PHYSIK geplant. Weiterhin werden in einem Vortrag auf den 5. Weimarer Bauphysiktagen Ergebnisse der Forschungsarbeit vorgestellt [11].

DIESER BEREICHT ENTHÄLT 69 SEITEN SOWIE DAS LITERATURVERZEICHNIS UND DEN PRÜFBERICHT 0014.07 – P 145 ALS ANHANG

WIESBADEN, DEN 03.03.2008

ITA - INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH

Dr. Maack

ma/ko



#### **LITERATUR**

- [1] Beiblatt 1 zu DIN 4109, Ausgabe 1989
- [2] P. Lutz: "Schalldämmung und Schalllängsleitung von Steildächern", wskb 31 (1992), 16-21
- [3] H.- M. Fischer, S. Koch, H. Metzen: "Erhöhter Schallschutz im Steildach durch Sparrenvolldämmung", wskb 27,
- [4] Informationsdienst Holz, Holzbau-Handbuch Reihe 3, Teil 3, Folge 1 (H. Schulze) Oktober 1998
- [5] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SAI: "Schallschutz im Holzbau", Febr. 1988
- [6] Prüfbericht 04 02 13.V des Labor für Schall- und Wärmemesstechnik "Dach- und Wandelelemente mit Stegträgern" Juli 2004
- [7] Holzbau Handbuch Reihe 3: Bauphysik, Teil 3: Schallschutz, Folge 4: Schallschutz Wände und Dächer, 2004-08, herausgegeben vom der EGH Entwicklungsgemeinschaft für Holzforschung (www.informationsdienst-holz.de)
- [8] F. Schnelle, R. Kurz: "Schalldämmung von geneigten Dächern Neue Erkenntnisse zur Direkt- und Schall-Längsdämmung", 4. Weimarer Bauphysiktage 2005, Tagungsband
- [9] Physikalisch- Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin: "Integration des Holz- und Skelettbaus in die neue DIN 4109 Abschlussbericht 2005-07"
- [10] W. Scholl, H. Bietz: "Überarbeitung der DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" mit Hinblick auf den Holz-/Leichtbau, wksb 54/2005, S. 3-20
- [11] J. Maack: "Schallschutz von Dachkonstruktionen im Hinblick auf das neue Fluglärmgesetz", 5. Weimarer Bauphysiktage 2007, Tagungsband



ITA INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE AKUSTIK MBH BERATENDE INGENIEURE VB

- [12] DIN EN ISO 20354:1993-07 "Messung der Schallabsorption im Hallraum", Beuth Verlag Berlin
- [13] V. Wittstock: "Unsicherheiten in der Bauakustik", 7. Informationsveranstaltung für Schallschutzprüfstellen, 22. September 205, Physikalisch Technische Versuchsanstalt PTB, Tagungsband VMPA/PTB
- [14] DIN EN ISO 140-1: 2005-03 "Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 1: Anforderungen an Prüfstände mit unterdrückter Flankenübertragung", Beuth Verlag Berlin
- [15] DIN EN ISO 140-3: 2005-03 "Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen", Beuth Verlag Berlin
- [16] DIN EN ISO 717-1: 1997-01 "Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 1: Luftschalldämmung", Beuth Verlag Berlin
- [17] V. Wittstock, W. Scholl: Die neue DIN 4109 "Grund genug, über Unsicherheiten in der Akustik nachzudenken", 5. Weimarer Bauphysiktage 2007, Tagungsband
- [18] E. Sälzer: Der Einluss der Hohlraumdämpfung auf die Schalldämmung von Gipskarton-Ständerwänden, ITA Ingenieurgesellschaft für Technische Akustik mbH, Wiesbaden