

Luftschalldämmung von Dächern

Kühn + Blickle, Institut für Lärmschutz, 6314 Unterägeri

Problemstellung

Durch die ständig zunehmenden Lärmimmissionen, welche zur Hauptsache durch Autos, Flugzeuge und Fabrikanlagen verursacht werden, hat die Bedeutung des Schallschutzes in den letzten Jahren sehr stark zugenommen. Ein anderer wesentlicher Grund, der Schallschutzmassnahmen erforderlich macht, ist die Erkenntnis, dass Lärm in Überdosis beim Menschen Abwehrreaktionen verursacht, welche nervöse Störungen und damit verbundene Krankheiten auslösen können. Weiter ist das stark steigende Umweltbewusstsein zu nennen, welches die Bevölkerung gegen Immissionen jeglicher Art sensibel gemacht hat.

Um diesen Tatsachen Rechnung zu tragen, sollte jeder Bauschaffende stets bestrebt sein, Wohnhäuser so zu errichten, dass die von aussen einwirkenden Immissionen genügend gedämmt werden. Die erforderliche Dämmung der Aussenhülle eines Wohngebäudes hängt von der Höhe der Lärmimmissionen ab. Die Dämmung sollte weiter so ausgelegt werden, dass der ins Innere eindringende Lärm die Wohnqualität unter keinen Umständen vermindert. Die Lärmforschung ist so weit fortgeschritten, dass daraus zulässige Grenzwerte abgeleitet werden können, die einerseits Schlafstörungen und andererseits Störungen des physischen und psychischen Wohlbefindens und der Kommunikation verhindern sollen.

Im folgenden soll anhand einer Tabelle aufgezeigt werden, wie hoch die Luftschalldämmung der Aussenhülle eines Wohnhauses sein muss, damit die Bewohner einer bestimmten Bauzone vor den dort zulässigen Immissionen genügend geschützt sind.

Zone	zulässiger Immissionsspiegel, ausgedrückt durch den Summenhäufigkeitspegel L_{50}		erforderlicher Luftschallisolations-Index I_a der gesamten Aussenhülle
	nachts	tags	
Kurzzone	35 db (A)	45 db (A)	—
ruhige Zone	36–45 db (A)	46–55 db (A)	30 db
gemischte Zone	40–45 db (A)	56–60 db (A)	30–35 db
Geschäftszone	46–50 db (A)	56–60 db (A)	35 db
Industriezone	51–55 db (A)	61–65 db (A)	40 db
Hauptverkehrsader	56–60 db (A)	66–70 db (A)	45 db
Gebiete in Flugplatznähe	—	> 70 db (A)	> 45 db

Bemerkung: Für die Ermittlung der erforderlichen Luftschalldämmung der Aussenhülle wurde ein zulässiger Summenhäufigkeitspegel im Gebäudeinnern von $L_{50} = 30$ db (A) zugrunde gelegt. Bei strengeren Anforderungen sind die Luftschallisolations-Indizes entsprechend höher anzusetzen.

Wenn die Bauzone bzw. die dort zulässigen Immissionspegel und die daraus resultierende erforderliche Luftschalldämmung der Aussenhülle des Wohnhauses einmal feststehen, stellt sich die Frage, wie die verschiedenen Bauteile im einzelnen konstruiert werden müssen, damit auf jeden Fall der zulässige Innenraumpegel nicht überschritten wird.

In diesem vorliegenden Beitrag soll nun auf das Aussenbauteil «Dach» näher eingegangen werden. Die gemachten Erläuterungen und Angaben gelten sinngemäss auch für andere Bauteile wie Fassade, Trennwände, Holzbalkendecken usw.

Allgemeines zur Luftschalldämmung von Dächern

Bei der Behandlung von schalltechnischen Problemen bei Dächern muss grundsätzlich zwischen ein- und mehrschaligen Konstruktionen unterschieden werden. Diese Differenzierung ist von grundlegender Bedeutung, da die beiden Konstruktionsarten verschiedenen physikalischen Gesetzmässigkeiten gehorchen. Während bei der einschaligen Dachkonstruktion (z.B.: Stahlbetonflachdächer) die Luftschalldämmung durch deren Masse, Biegesteife und inneren Körperschallverluste genau beschrieben werden kann, sind die Verhältnisse bei mehrschaligen Bauteilen wesentlich komplizierter. Dort spielen zusätzlich zu den obigen Parametern noch

die Art und Weise der Befestigung der Schalen an der gemeinsamen Tragkonstruktion (z.B.: Sparren) und die Ausbildung des zwischen den Schalen liegenden Luftpolsters eine entscheidende Rolle.

Ein wichtiges Merkmal der beiden Konstruktionsarten soll vorweg genommen werden. Zur Erreichung einer hohen Luftschalldämmung ist bei einem einschaligen Aufbau eine relativ hohe Masse erforderlich, während bei mehrschaligen Aufbauten mit einem Bruchteil dieser Masse mindestens ebenso hohe Schalldämmwerte erzielt werden können. Das scheint zunächst ziemlich überraschend, ist aber bei näherer Betrachtung der Schalldämm-Mechanismen einleuchtend.

Wie weiter oben schon dargestellt wurde, ist bei einschaligen Dachkonstruktionen die Masse und Biegesteife von ausschlaggebender Bedeutung. Unterhalb der Grenzfrequenz hängt die Luftschalldämmung des Bauteils nur noch von der Masse, genauer von ihrer Trägheit ab. Bei bekannter Masse kann man daher sofort die zu erwartende Luftschalldämmung angeben. Dieser Zusammenhang wird im Diagramm im folgenden Abschnitt dargestellt.

Eine Dachkonstruktion, die aus zwei einzelnen, biegeweichen Schalen mit einem gemeinsamen dazwischenliegenden Luftpolster besteht (Zweischalenkonstruktion), weist eine Luftschalldämmung R auf, die dem doppelten Schalldämmwert R_S der einzelnen Schalen plus einem frequenzabhängigen additiven Glied $C(f)$ entspricht:

$$R = 2 R_S + C(f)$$

Die Grösse dieses Glieds hängt von der dynamischen Steifigkeit des Luftpolsters und der Befestigungsart der Schalen (fest oder gelenkig) auf der gemeinsamen Tragkonstruktion ab. Um nun den akustischen Vorteil, der zwei oder mehrere räumlich voneinander getrennte Schalen mit sich bringen, voll auszunützen, ist diesem frequenzabhängigen Glied $C(f)$ grosse Aufmerksamkeit zu schenken. Bei schalltechnisch ungünstiger Ausführung des Luftpolsters und der Verbindung der Schalen an der gemeinsamen Tragkonstruktion können sich Schalldämmwerte ergeben, die kaum höher liegen als die einer einschaligen Konstruktion gleicher Masse. Befolgt man jedoch gewisse Regeln beim Konstruieren einer mehrschaligen Ausführung, ergeben sich Schalldämmwerte, die bis zu 20 db höher liegen als die Dämmung einer entsprechenden Einschalenkonstruktion.

Bei der Wahl des Schalenmaterials sollte stets darauf geachtet werden, dass die Grenzfrequenz möglichst über 2000 Hz

liegt. Zu diesen sogenannten biegeweichen Materialien gehören zum Beispiel alle handelsüblichen Holzwerkstoff- und Gipskartonplatten mit einer Dicke unter 20 mm. Biegeweiche Platten haben die Eigenschaft, die auf ihnen sich ausbreitenden freien Körperschallbiegewellen nur geringfügig abzustrahlen, je nach der Art der Schalenbefestigung. Ihre Luftschalldämmung liegt bis zu 10 dB über den Werten, die mit gleich schweren, biegesteifen Platten erreicht werden.

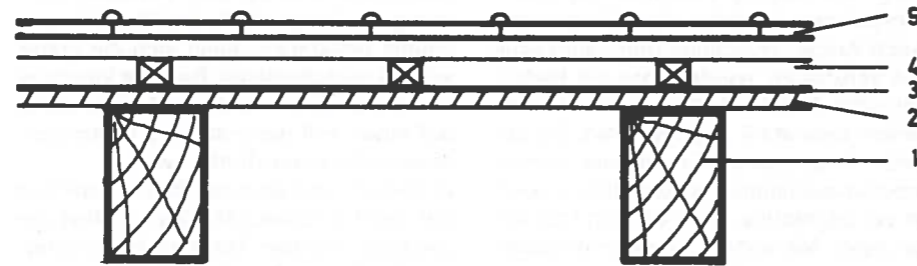
Der schalltechnische Vorteil eines mehrschaligen Bauteils gegenüber eines einschaligen tritt erst oberhalb einer bestimmten Frequenz, die Doppelwandresonanz f_0 genannt wird, zum Vorschein. Diese Doppelwandresonanz wird durch die Schalenmasse und die dynamische Steifigkeit bzw. Dicke des eingeschlossenen Luftpolsters bestimmt. Sie sollte möglichst unter 80 Hz zu liegen kommen. Diese Forderung wird erfüllt, wenn die Masse je Schale nicht unter 12 kg/m² und die Dicke des Luftpolsters nicht kleiner als 100 mm wird. zusätzlich ist eine ausreichende Bedämpfung des Luftpolsters mit Mineralfaserfilz, der eine Dichte zwischen 40 und 80 kg/m³ aufweisen sollte, erforderlich. Die Forderungen können normalerweise leicht erfüllt werden, wenn die beiden Schalen zum Beispiel oben- und unterseitig an den Sparren der Dachkonstruktion montiert werden. Bei Dachaufbauten, bei denen die schalldämmende Konstruktion auf der Oberseite der Sparrenlage aufliegt, werden etwas andere Forderungen an die Schalenmasse und die Luftpolsterdicke gestellt. Dazu werden im nächsten Abschnitt einige Beispiele aufgeführt.

Im Tieftonbereich findet die Luftschallübertragung durch eine mehrschalige Dachdecke in der Hauptsache über das gemeinsame, zwischen den beiden Schalen liegende Luftpolster statt. Im Mittel- und Hochtonbereich liegen die Verhältnisse anders. Dort findet die Schallübertragung von einer Schale zur anderen über die gemeinsame Tragkonstruktion als reine Körperschallübertragung statt. Es ist einleuchtend, dass eine Konstruktion, deren Schalen biegeweich und nur über ein paar wenige Punkte mit der gemeinsamen Tragkonstruktion verbunden sind, besser schalldämmt als eine solche, deren Schalen biegesteif — das sind Schalen aus Holzwerkstoffen oder Gips mit einer Dicke über ca. 30 mm — und vollflächig starr mit der Tragkonstruktion verbunden sind. Nebst der Forderung einer genügenden Masse der Schalen und einer ausreichend grossen Luftpolsterdicke sollte daher auch auf eine «gelenkige» Befestigung der Schalen geachtet werden.

Konstruktionsbeispiele

In diesem Abschnitt werden ein paar einfache Dachkonstruktionen aufgezeigt, bei denen versucht wurde, die obigen Forderungen zu realisieren.

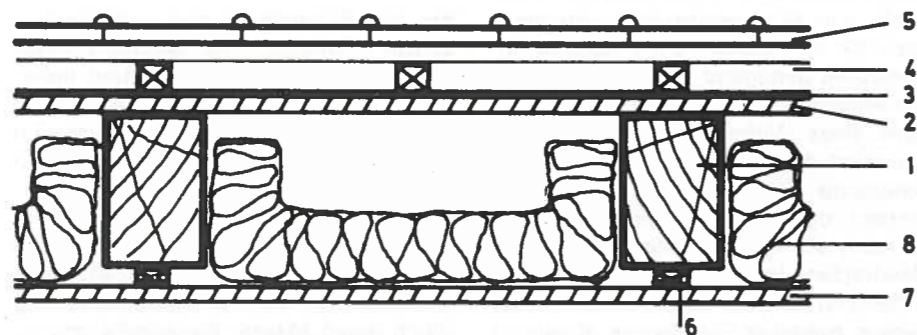
Dachkonstruktion 1 (normale Dachausführung)



1: Sparren, 2: Schalung aus 16–19 mm dicken Holzspanplatten, 3: Dachpappe o.ä., 4: Konter- u. Ziegellattung, 5: Dachziegel (Falz- oder Pfannenziegel).

Luftschallisolations-Index: $I_a = 33$ dB

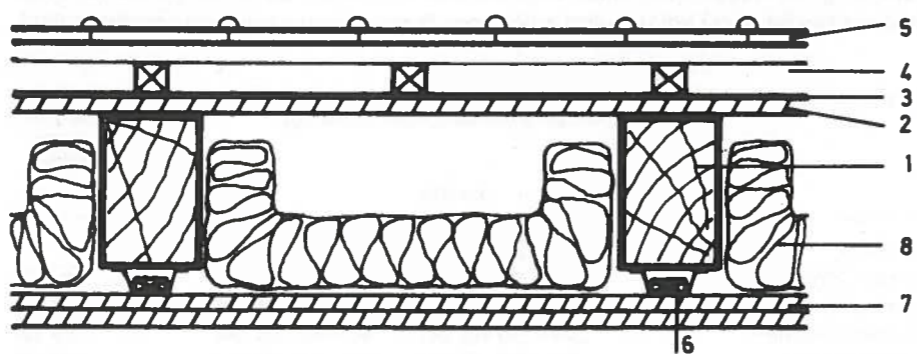
Dachkonstruktion 2 (schalldämmende Konstruktion)



1: Sparren, 2: Schalung aus 16–19 mm dicken Holzspanplatten, 3: Dachpappe o.ä., 4: Konter- und Ziegellattung, 5: Dachziegel (Falz- oder Pfannenziegel), 6: Dachlattung, 7: abgehängte 16–19 mm dicke Holzspanplatten oder 12,5 mm dicke Gipskartonplatten, 8: 100 mm dicker Mineralfaserfilz mit unterseitiger Dampfbremse.

Luftschallisolations-Index: $I_a = 50$ dB

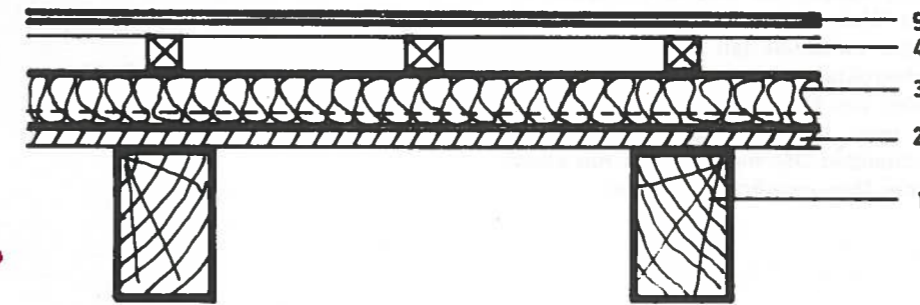
Dachkonstruktion 3 (hoch-schalldämmende Konstruktion)



1: Sparren, 2: Schalung aus 16–19 mm dicken Holzspanplatten, 3: Dachpappe o.ä., 4: Konter- und Ziegellattung, 5: Dachziegel (Falz- oder Pfannenziegel), 6: Dachlattung über einzelne Federbügel aus Stahl punktförmig von Sparren abgehängt, 7: 2x 16–19 mm dicke Holzspanplatten oder 2x 12,5 mm dicke Gipskartonplatten punktwise miteinander verbunden (Achsabstand der Punktverbindung: ca. 250–300 mm), 8: 100 mm dicker Mineralfaserfilz mit unterseitiger Dampfbremse.

Luftschallisolations-Index: $I_a = 56$ dB

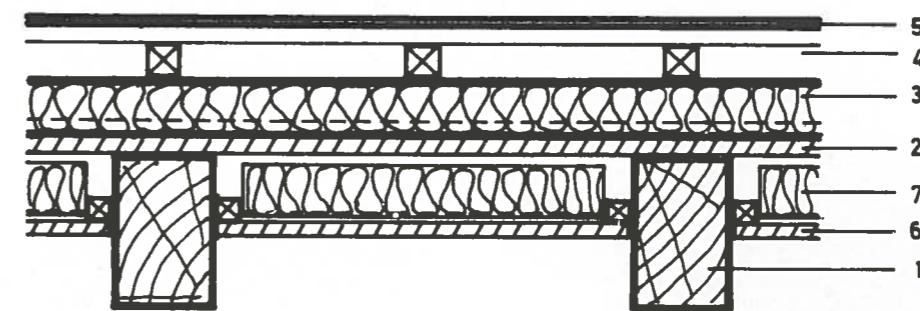
Dachkonstruktion 4 (z. B.: Gantner-Isolierunterdach)



1: Sparren, 2: 16 mm dicke Holzspanplatten, 3: Gantner-Isolierunterdach-Elemente aus 4 mm dicken Hartfaserplatten und einer unterseitig angeordneten 100 mm dicken Schicht aus Mineralfaserfilz, Dampfbremse, 4: Konter- und Ziegellattung, 5: Eternit-Schieferabdeckung (Plattengrösse 400x600 mm²)

Luftschallisolations-Index: 50 dB

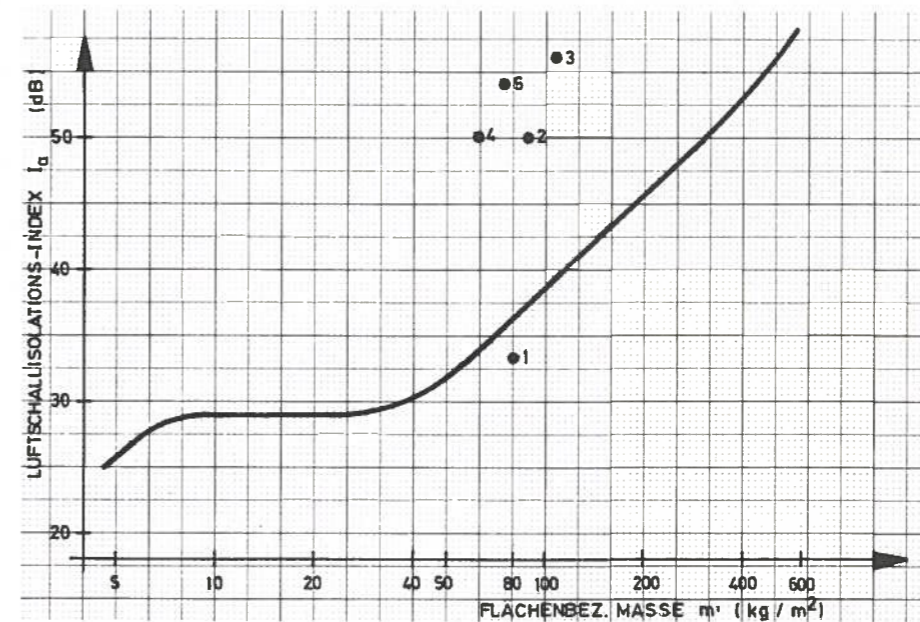
Dachkonstruktion 5 (z. B.: Gantner-Isolierunterdach mit zusätzlich eingeschobener Decke)



1–5: siehe Dachkonstruktion 4, jedoch ohne Dampfbremse, 6: 16–19 mm dicke Holzspanplatten oder 12,5 mm dicke Gipskartonplatten zwischen Sparren eingepasst; Fugen zwischen Platten und Sparren mit plastischer Masse gedichtet, 7: ca. 50 mm dicker Mineralfaserfilz mit unterseitiger Dampfbremse.

Luftschallisolations-Index: $I_a = 54$ dB

Darstellung des Zusammenhanges zwischen dem Luftschallisolations-Index I_a und der flächenbez. Masse eines einschaligen, anorganischen Bauteils



Punkte 1–5: Luftschallisolations-Indizes der obigen Dachkonstruktionen 1–5.

Zu den vorgängig dargestellten Dachkonstruktionen ist zu sagen, dass deren Luftschallisolations-Indizes nur dann erreicht werden, wenn Nebenwegübertragungen ausgeschlossen sind.

Schallnebenwegübertragung bei Dächern

Schallnebenwegübertragungen sind Übertragungen, die nicht über die Dachdecke selber, sondern über die sie begrenzenden oder durchdringenden Bauteile wie Kniestock, First, Kaminaustritt, Dachfenster, Lüftungsöffnungen, Ortgang usw. erfolgen. Solange diese, teilweise ungewollten Nebenwege nicht eliminiert werden, ist es kaum möglich, Schalldämmungen mit Dachkonstruktionen zu erreichen, die über 35–40 dB liegen.

An zwei Beispielen soll gezeigt werden, wie die Luftschalldämmung einer Dachkonstruktion durch Schallnebenwege stark vermindert werden kann. Im ersten Beispiel wird angenommen, dass die Dachkonstruktion über einer geplanten Dachwohnung einen Luftschallisolations-Index von $I_a = 50$ dB habe. Darin sollen drei mittelgrosse Dachfenster eingebaut werden. Jedes dieser Fenster weise einen Luftschallisolations-Index von $I_a = 35$ dB auf. Unter der Annahme eines Verhältnisses der Dachfläche zur Fensterfläche von 10 zu 1 ergibt sich ein resultierender Luftschallisolations-Index des gesamten Daches von nur noch 44 dB.

Im zweiten Beispiel wird die gleiche Dachfläche mit den drei eingebauten Dachfenstern angenommen. Zusätzlich wird angenommen, dass die Dachwohnung auf einer Schmalseite durch ein 120 mm dickes Backsteinmauerwerk mit einer aussenseitig angebrachten Wärmedämmschicht aus Kunststoff begrenzt wird. Der Luftschallisolations-Index dieser Fassadenkonstruktion betrage $I_a = 40$ dB. Die Fläche betrage die Hälfte der Dachfläche. Der daraus sich ergebende Luftschallisolations-Index der Dach- und Fassadenkonstruktion zusammen beträgt dann nur noch 42 dB. Die Luftschalldämmung des gut schalldämmenden Daches von 50 dB hat sich also scheinbar um 8 dB vermindert, obwohl die verschiedenen Bauteile fachgerecht erstellt wurden.

Mit diesen beiden Beispielen wurde versucht, die Bedeutung der Schallnebenwegübertragung etwas zu erläutern. Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass der Einbau einer gut schalldämmenden Dachkonstruktion wenig Sinn hat, solange den andern Schallübertragungswegen nicht die notwendige Beachtung geschenkt wird.

Zur Vermeidung von Enttäuschungen beim Einbau von Dachfenstern usw. sollen nur solche Fenster zur Verwendung kommen, deren Luftschallsolations-Index höchstens 5–7 dB unter dem Index der Dachkonstruktion liegt (bei üblich dimensionierten Fensterflächen). Die Luftschalldämmung der die Dachwohnung begrenzenden Mauerwerke sollte in der

Größenordnung des Luftschallsolations-Indexes der Dachkonstruktion liegen. Weiter sollten sämtliche Anschlussfugen zwischen den Schalen der Dachkonstruktion und den flankierenden Bauteilen wie Fassaden, Kniestöcke, Kamine usw. zur Sicherstellung einer ausreichenden Dämmung immer mit elastischer Masse gedichtet werden.