

Untersuchungen zur Schalldämmung von Fachwerkwänden

Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer

1. Einleitung

Die Erhaltung historischer Bausubstanz führt zu einem gesteigerten Sanierungsbedarf. Vor allem im ländlichen, aber auch im innerstädtischen Bereich, stehen Fachwerkgebäude zur Sanierung an. Neben statischen und denkmalpflegerischen Gesichtspunkten nimmt die Bauphysik einen wesentlichen Aspekt im Umgang mit historischer Bausubstanz ein. Dabei gilt es den Wärme-, Feuchte-, Brand- und Schallschutz auf der Grundlage der gültigen Gesetze und Verordnungen zu bewerten und letztlich zu gewährleisten.

Für Neubauten sind einzuhaltende Mindestwerte für die Schalldämmung von Bauteilen festgelegt. Bei der Sanierung von Fachwerkgebäuden hingegen, die früher nach den damals geltenden Regeln der Baukunst erstellt wurden, ist es schwierig, die Konstruktion zu bewerten und nachträglich den vorgegeben DIN-Normen und Vorschriften anzupassen. Für historische Konstruktionen, wie etwa Fachwerkwände liegen keine Einzahlangaben über deren Schalldämmvermögen vor, sie wurden bisher abgeschätzt oder rechenstechnisch angenähert.

Im Rahmen des Forschungsprogramms "Verbesserung des Wärmeschutzes von Baudenkmalern", AZ 01740, der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, wurden Schallmessungen an einer Fachwerkwand durchgeführt und Schalldämmmaße ermittelt. Die Wand wurde hierbei mit unterschiedlichen Putz- und/oder Wärmedämmmaßnahmen/Bekleidungen verändert.

Es zeigt sich, dass Fachwerkwände zunächst wie andere ein- oder zweischalige Bauteile betrachtet werden können, wobei jedoch Undichtigkeiten durch Fugen und Anschlüsse einen erheblichen Einfluß auf die Schalldämmung haben.

Die Untersuchungen wurden im Auftrag des Deutschen Zentrums für Handwerk und Denkmalpflege (ZHD) durch das BBS INGENIEURBÜRO und mit freundlicher Unterstützung der Firmen Knauf, Colfirmit Rajasil und Marmorit durchgeführt.

2. Physikalische Grundlagen

Unter Schall werden mechanische Schwingungen und Wellen eines elastischen Mediums, insbesondere im Frequenzbereich des menschlichen Hörens von etwa 16 Hz bis 16000 Hz verstanden (Bild 1).

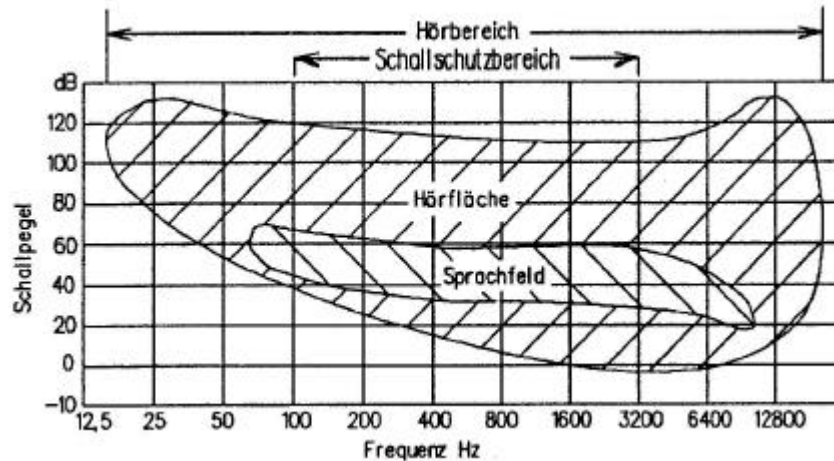


Bild 1 Hörbereich des menschlichen Ohres

Darunter befindet sich der Infraschall (0 Hz bis 16 Hz), der vom Menschen gespürt wird, aber nicht gehört werden kann. Schwingungen oberhalb von 16000 Hz zählen zum Ultraschall und sind für die Menschen unhörbar.

In der Akustik werden je nach schallübertragenden Medium unterschieden:

- Luftschall: In Luft sich ausbreitender Schall
- Körperschall: In festen Stoffen sich ausbreitender Schall

Die Anzahl der Druckänderungen pro Sekunde wird Frequenz des Schalls genannt und in Hertz (Hz) gemessen. Die Frequenz des Schalls bestimmt die Höhe des Tons. Mit zunehmender Frequenz nimmt die Tonhöhe zu.

Schall mit nur einer Frequenz wird als reiner Ton bezeichnet. In der Praxis setzt sich der Schall jedoch aus verschiedenen Frequenzen zusammen, und reine Töne treten nur selten auf. Der industrielle Lärm besteht meist aus einer Vielzahl von Frequenzen, bekannt als Breitbandgeräusch. Sind die Frequenzen gleichmäßig dicht verteilt und über den gesamten hörbaren Bereich, wird dies als weißes Rauschen bezeichnet.

Die Stärke des Schalls, der Schalldruck, wird durch den Wechseldruck (Druckschwankungen) gekennzeichnet, der sich mit dem atmosphärischen Druck der Luft überlagert. Der Schallpegel wird als logarithmisches Maß mit der Einheit Dezibel (dB) verwendet und kann mit Hilfe von Schallpegelmessungen gemessen werden. Um der Eigenart des menschlichen Ohrs Rechnung zu tragen, Töne mit gleichem Schalldruck, aber unterschiedlicher Frequenzhöhe, unterschiedlich laut zu empfinden, wurde der A- Schalldruckpegel eingeführt. Er ist ein Maß für die Stärke eines Störgeräusches.

3. Luftschalldämmung

3.1. Bestimmung des Schalldämmmaßes

Der Widerstand, den ein Bauteil dem Durchgang von Schallwellen entgegensetzt, wird als Schalldämmung bezeichnet. Wird in einem Raum Luftschall durch z. B. Sprechen oder Singen erzeugt, so werden die trennenden Bauteile zu angrenzenden Räumen durch die periodisch auftretenden Ober- und Unterdrücken der Schallwellen in Biegeschwingungen senkrecht zur Wandfläche versetzt.

Ein Maß für den Luftschallschutz von Bauteilen ist das Schalldämmmaß R bzw. R' . Hierbei wird unterschieden zwischen R als "Labordämmmaß", das durch Messungen im Prüfstand ohne bauübliche Nebenwege erhalten wird (Bild 2), und R' , als "Bauschalldämmmaß", das durch Messungen am Bau oder im Prüfstand mit Schallnebenwegen ermittelt wird (Bild 3).

Prüfstand zur Bestimmung des Schalldämmmaßes R mit Übertragungsweg

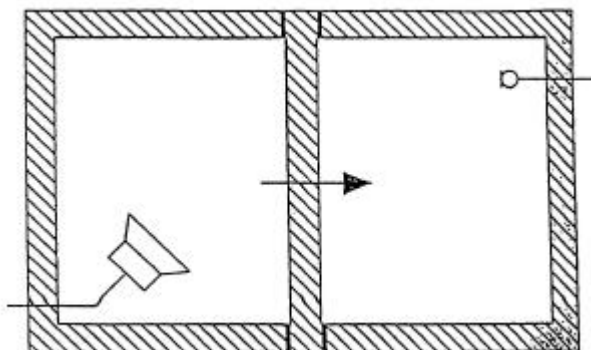


Bild 2 Prüfstand zur Ermittlung des Schalldämmmaßes R

Prüfstand zur Ermittlung des Schalldämmmaßes R' mit Übertragungswegen

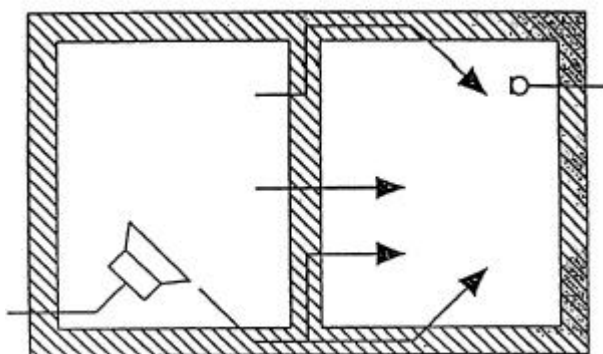


Bild 3 Prüfstand zur Ermittlung de Schalldämmmaßes R'

Zur Bestimmung des Schalldämmmaßes R wird die Schallpegeldifferenz zwischen Sende- (LS) und Empfangsraum (LE) bestimmt und mit einem Korrekturfaktor versehen, der die Bauteile S und die äquivalente Absorptionsfläche A im Empfangsraum berücksichtigt.

$$R = LS - LE + 10 \lg S/A \quad [\text{dB}] \quad [16]$$

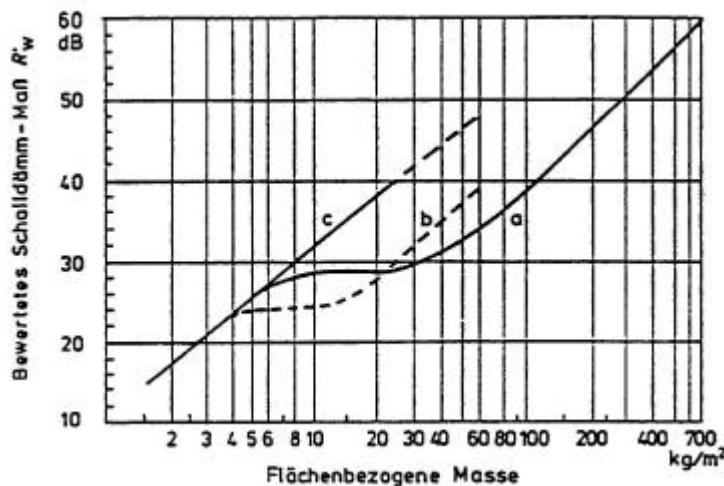
Als Schallnebenwege werden alle Schallübertragungen bezeichnet, die nicht über das trennende Bauteil selbst erfolgen. Dazu gehört die Übertragung über flankierende Bauteile, Rohrleitungen, Kanäle, Öffnungen und Undichtigkeiten.

Das bewertete Schalldämmmaß R_w bzw. R'_w kennzeichnet die schalldämmende Eigenschaft eines Bauteile bzw. den Schallschutz zwischen zwei Räumen mit nur einem einzigen Zahlenwert. Zur Ermittlung dieses Wertes wird die Messkurve, bestehend aus 16 Einzelwerten, nach einem vorgeschriebenen Verfahren mit der Bezugskurve der DIN 52210 Teil 4 verglichen.

3.2. Verhalten von Bauteilen

3.2.1. Einschalige Bauteile

Die Luftschalldämmung einer einschaligen Wand ist im Wesentlichen von ihrer flächenbezogenen Masse abhängig. Bei senkrechtem Schalleinfall nimmt nach dem Bergerschen Gesetz das Schalldämmmaß um ungefähr 6 dB je Verdopplung der Masse zu (Bild 4).



- a für Beton, Mauerwerk, Gips, Glas
- b für Holz und Holzwerkstoffe
- c für Stahlblech bis 2mm Dicke Bleiblech

Bild 4 Abhängigkeit des bewerteten Schalldämmmaßes R'_w von der flächenbezogenen Masse m' für einschalige Bauteile [1]

Fallen die Schallwellen schräg auf ein Bauteil ein, so kann es unter bestimmten Bedingungen zu einem verstärkten Schalldurchgang kommen. In diesem Fall entspricht, auf der Grundlage des Spuranpassungseffektes, die Spur einer schräg einfallenden Schallwelle der Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit der freien Biegeschwingung des Bauteils. Die niedrigste Frequenz, bei der eine Übereinstimmung der Wellenlängen auftritt, wird Koinzidenzgrenzfrequenz oder kurz Grenzfrequenz f_g genannt. Die Grenzfrequenzen für Platten aus verschiedenen Baustoffen, in Abhängigkeit von ihrer Dicke sind in Bild 5 dargestellt.

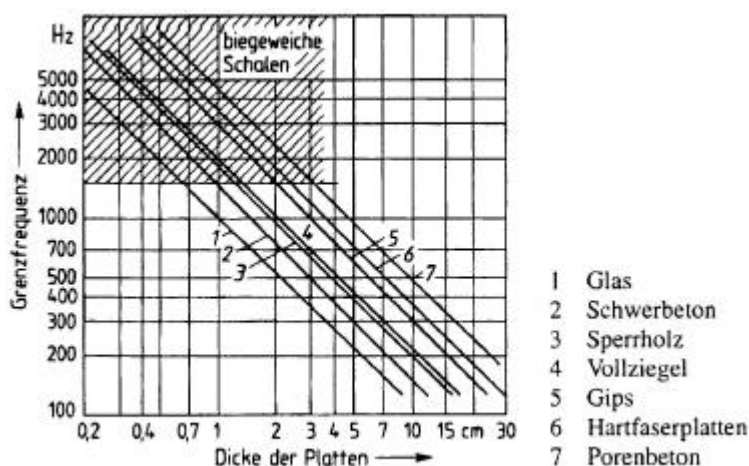


Bild 5 Grenzfrequenz für Platten aus verschiedenen Baustoffen [4]

Im Bereich der Grenzfrequenz zeigt die Schalldämmung eines Bauteils einen starken Einbruch. Um einen solchen Einbruch der Luftschalldämmung, in dem für den Menschen besonders hörbaren Bereich zwischen 200 Hz und 1600 Hz, auszuschließen, sollte somit in der Baupraxis die Lage der Grenzfrequenz für schwere, biegesteife Baueile unterhalb 125 Hz, für leichte biegeweiche Bauteile oberhalb 2000 Hz liegen.

3.2.2. Zweischalige Bauteile

Zweischalige Bauteile, zum Beispiel eine Wand mit einer biegeweichen Vorsatzschale oder einem Wärmedämmverbundsystem verhalten sich akustisch wie ein Masse-Feder-System (Bild 6).

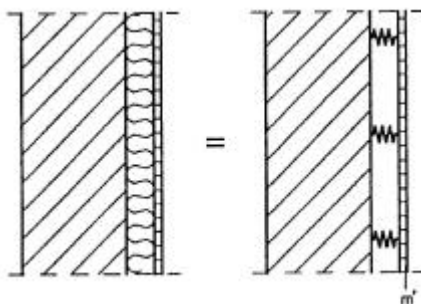


Bild 6 Masse-Feder-System einer zweischaligen Wand

Kennzeichnend für diese Bauteile ist ihre Eigenfrequenz (Resonanzfrequenz) f_0 , bei der ein starker Einbruch der Schalldämmung auftritt. Die Schalldämmung der Wand kann wie folgt charakterisiert werden: oberhalb von f_0 wird der Schallschutz der Wand verbessert, bei f_0 verschlechtert und unterhalb von f_0 entspricht er der Schalldämmung der einschaligen Wand mit der Gesamtmasse beider Schalen.

Die Lage der Resonanzfrequenz ist abhängig von der Masse der biegeweichen Vorsatzschale und der dynamischen Steifigkeit s' der Dämmschicht. Grundsätzlich gilt, je weicher die Dämmschicht und je größer die Masse der biegeweichen Schale ist, desto kleiner ist f_0 (Bild 7).

Die Resonanzfrequenz sollte somit unter 125 Hz liegen, damit keine Verschlechterung der Schalldämmung gegenüber einem einschaligen Bauteil auftritt.

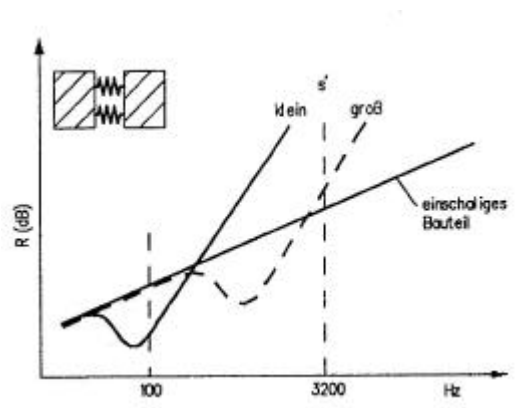


Bild 7 Einfluß der Steifigkeit s' des Dämmstoffes oder der Luft zwischen beiden Schalen eines zweischaligen Bauteils auf die Schalldämmung R nach [7]

Sind beide Schalen über die Dämmschicht punktförmig verbunden so gilt für f_0 [5]:

$$f_0 = 60 \sqrt{\frac{1}{a} \left(\frac{1}{m_1'} + \frac{1}{m_2'} \right)} \quad [\text{Hz}] \quad (1)$$

Ist die Dämmschicht vollflächig mit beiden Schalen verbunden so gilt:

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m_1'} + \frac{1}{m_2'} \right)} \quad [\text{Hz}] \quad (2)$$

mit

- f_0 Resonanzfrequenz in [Hz]
- m_1', m_2' Flächenbezogene Masse der Schalen 1 und 2 in [kg/m^2]
- a Schalenabstand in [m]
- s' Dynamische Steifigkeit der Dämmschicht in [MN/m^3].

3.3 .Längsleitung

Wie in Bild 8 dargestellt erfolgt die Schallübertragung nicht nur über das trennende Bauteil (Dd) sondern auch über die flankierenden Bauteile (Df, Fd, Ff). Durch die Schalllängsleitung wird die Schalldämmung des Bauteils trotz etwaiger vorhandener hoher Dämmung des Einzelbauteils stark reduziert.

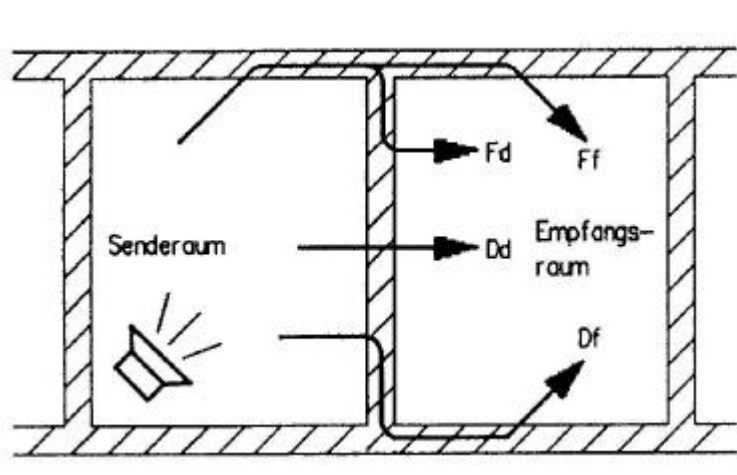


Bild 8 Wege der Schallübertragung nach DIN 52210

Die Längsleitung über flankierende Wände ist nach Gösele [6] bei historischen Fachwerkgebäuden geringer als bei Massivwänden. Dieses gilt jedoch nur für historische Bausubstanz, bei der offenbar durch feine Risse eine hohe Dämpfung erreicht wird.

4. Anforderung an den Schallschutz

Die Anforderung an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen zum Schutz der Aufenthaltsräume gegen störende Geräusche sind in der DIN 4109 zusammengefaßt. In Abhängigkeit von einem maßgeblichen Außenlärmpegel und der Raumnutzung werden Mindestwerte für das resultierende bewertete Schalldämmmaß des Außenbauteils festgesetzt. Die Lärmquellen für den Außenlärmpegel bilden z. B. der Straßen, Schienen- und zivile Luftverkehr oder Gewerbe- und Industrieanlagen.

Die DIN 4109 legt erforderliche Werte für den Mindestschallschutz sowie Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz für Bauteile im Inneren von Gebäuden fest, die fremde und eigene Wohn- und Arbeitsbereiche voneinander trennen. Einen Auszug aus DIN 4109 für die Schalldämmmaße unterschiedlicher Wände zeigt Tabelle I.

Bauteile	Mindestschallschutz		Erhöhter Schallschutz	
	R'_w [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	R'_w [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]
Decken				
Wohnungstrenndecke	54	53	55	46
Decken unter Dachräumen	53	53	55	46
Decken unter Bad und WC	54	53	55	46
Decken über Durchfahrten	55	53	-	46
Wände				
Wohnungstrennwände	53	-	55	-
Wände neben Durchfahrten	55	-	-	-
Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	52	-	55	-

Tabelle I Anforderungen für normalen und Vorschläge für den erhöhten Schallschutz für Decken und Wände nach DIN 4109

Der subjektive Schalleindruck, der durch ein trennendes Bauteil mit unterschiedlichem, bewerteten Schalldämmmaß wahrgenommen wird, zeigt die folgende Tabelle.

trennendes Bauteil bewertetes Schalldämmmaß R'_w in [dB]	subjektive Wirkung von Sprache und Radio im benachbarten Raum
62	laut eingeschalteter Radioapparat unhörbar
57	normal eingestellter Radioapparat unhörbar; lauter Apparat gerade hörbar
52	Radio normaler Lautstärke gerade hörbar
47	laute Sprache gerade verständlich, Melodien erkennbar
42	normale Sprache gerade verständlich
37	normale Sprache verständlich
32	gleich leisem Radio in demselben Raum

Tabelle II Schalldämmwerte einer Wand oder Decke und zugehörige subjektive Wirkung (nach Perkins und Humpheys)

5. Bauakustische Messungen von Fachwerkwänden

5.1. Messaufbau und Messprogramm

Der für die Untersuchungen benutzte Prüfstand gewährleistet eine Prüfung von Trennwänden ohne Flankenübertragung nach DIN 52210-P-W. Die beiden Raumteile sind durch zwei umlaufende, 6 cm breite, dauerelastisch verschlossene Baufugen getrennt. Den Grundriß und Schnitt des Prüfraums zeigt Bild 9.

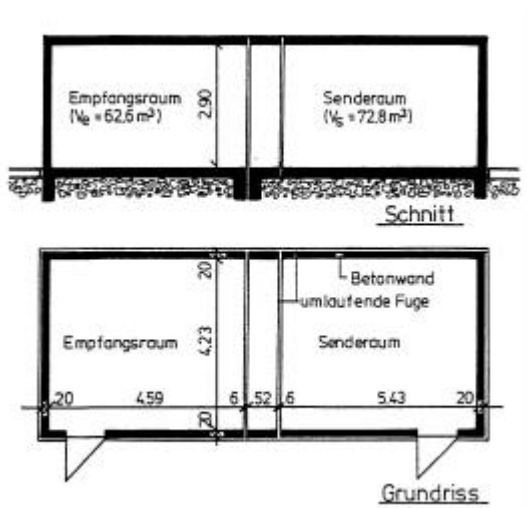


Bild 9 Grundriss und Schnitt des Prüfraums

Das Volumen des Senderraums beträgt 73,7 m³, das des Empfangsraums 62,6 m³. Die zu prüfende Trennwand hat eine Fläche von 12,3 m² und ist als Fachwerkkonstruktion erstellt. Die Rippen bestehen aus Nadelholz, die Gefache sind mit Voll-Mauerziegeln der Rohdichte $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$ ausgemauert. Den Grundriß und die Ansicht der Fachwerkwand zeigt Bild 10.

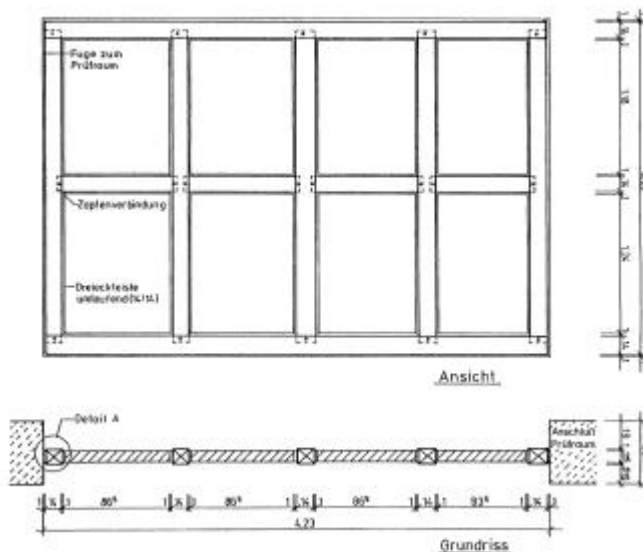


Bild 10 Grundriß und Ansicht der Fachwerkwand

Zur sicheren Verankerung des Gefaches an das Holz wurde umlaufend an die Rippen eine Dreiecksleiste mit einer Schenkellänge von 1,4 cm angebracht. Die Anschlüsse an den Ecken und Wänden sind mit einem dauerelastischen Kitt versiegelt worden.

5.2. Einzelmessungen

Die Messungen erfolgten nach DIN 52210. Im Sende- und Empfangsraum, die zu Testzwecken auch vertauscht wurden, wurden je drei Diffusoren aufgestellt, um ein möglichst diffuses Schallfeld zu erreichen (Bild 11). Der Prüfschall bei der Luftschallmessung war Terzrauschen, das Schallfeld wurde mit einem Drehmikrofon abgetastet.



Bild 11 Mikrofon, Schallquelle, Diffusor

5.2.1. Fachwerkwände ohne Vorsatzschale

Die Fachwerkwand wurde mit ein- und beidseitigen Putzschichten untersucht. Die Kennwerte der verwendeten Materialien sind in Tabelle III zusammengestellt.

Material	Dicke d [mm]	Rohdichte ρ [kg/m ³]	flächen- bezogene Masse m' [kg/m ²]	Grenzfrequenz f_g [Hz]
Vollmauerziegel NF 24/11 ⁵ /7 ¹	115	1800	147	~200
Holz 14/14	240	600	24	~140
Kalkmörtel	-	1520	-	-

Tabelle III Kennwerte der Materialien der Prüfwand

Die flächenbezogene Masse wurde anteilig über die Flächen der Gefache (71%) und der Rippen (29%) ermittelt. Die Grenzfrequenzen für Mauerwerk und Holz sind Bild 4 entnommen.

Als Variante 1 wurde die ausgemauerte Fachwerkwand (Bild 12) geprüft. Die Messung ergab ein Schalldämmmaß von $R_{w,p} = 27$ dB.



Bild 12 Fachwerkwand

Der Verlauf der Messkurve entspricht nicht dem typischen Verlauf einer einschaligen Wand (Bild 13).

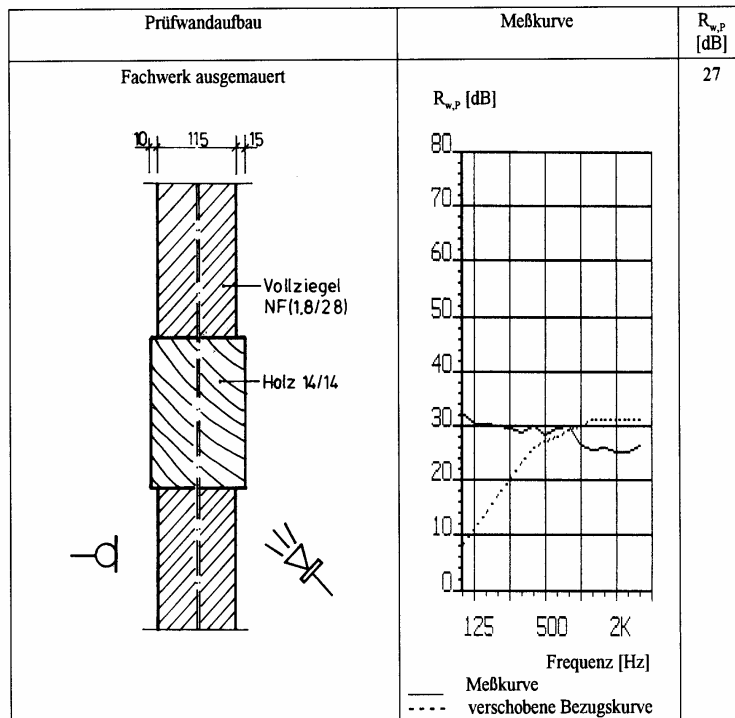


Bild 13 Aufbau und Messkurve von Variante 1

In der Regel nimmt die Luftschalldämmung für einschalige Bauteile mit der Frequenz des Luftschalls zu, für diese Wandkonstruktion ist ein Einbruch der Luftschalldämmung im hochfrequenten Bereich vorhanden. Der gemessene Verlauf der Schalldämmung deutet eher auf Fugen hin. Weitere Ursachen für den abweichenden Verlauf können im Materialwechsel der Wand von Holz zu Ziegel bestehen, aber auch im akustisch unterschiedlichen Verhalten der einzelnen Konstruktionsglieder begründet sein. Das Gefach verhält sich statisch wie eine Scheibe, es bilden sich Biegewellen und die Holzrippe verhält sich wie ein Stab, es bilden sich Torsionswellen.



Bild 14 Variante 2 Fachwerk verputzt

In Variante 2 werden die Fugen vollflächig geschlossen, in dem die Ausmauerung einseitig mit einem 10 mm dicken Kalkputz überputzt wird, das Fachwerk bleibt sichtbar (Bild 14).

Bei dieser Wand treten Verbesserungen in der Schalldämmung von 17 dB auf. Das Schalldämmmaß liegt bei $R_{w,p} = 44$ dB.

Die Messkurve zeigt, nachdem die Fugen geschlossen wurden einen typischen Verlauf für ein einschaliges Bauteil. Die ungünstige Lage der Grenzfrequenz des Vollziegels ($f_g \sim 200$ Hz) zeigt einen Dämmeinbruch in der Messkurve bei 250 Hz. Weitere Resonanzerscheinungen sind bei 400 und um 1000 Hz erkennbar (Bild 15).

Durch das vollflächige Verputzen der anderen, noch steinsichtigen Seite der Wand, Variante 3, mit einem 30 mm starken Kalkputz wird eine weitere Erhöhung des Schalldämmmaßes um 2 dB auf $R_{w,p} = 46$ dB bewirkt (Bild 15).

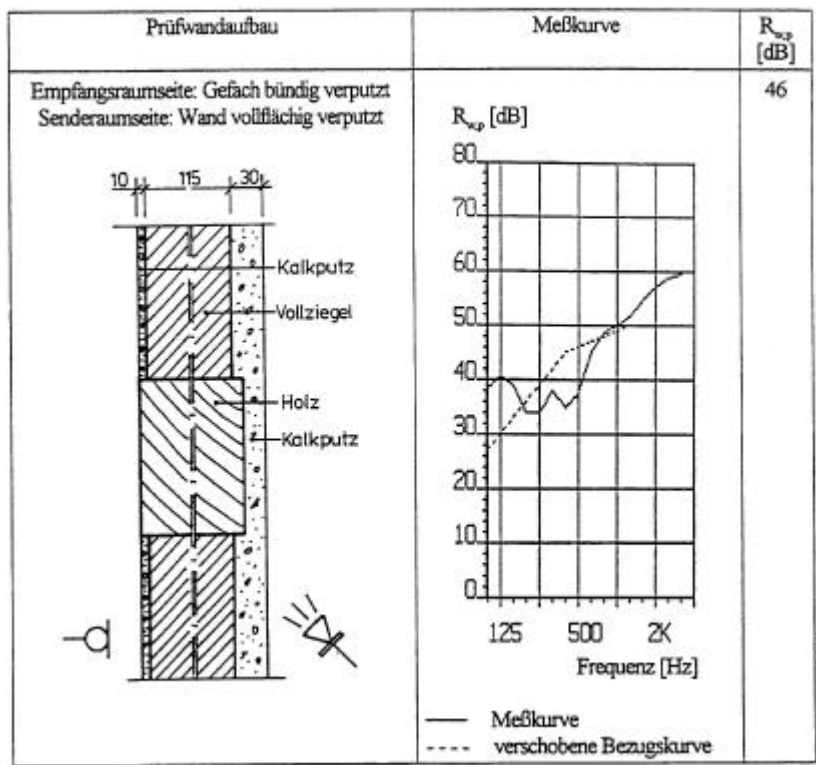
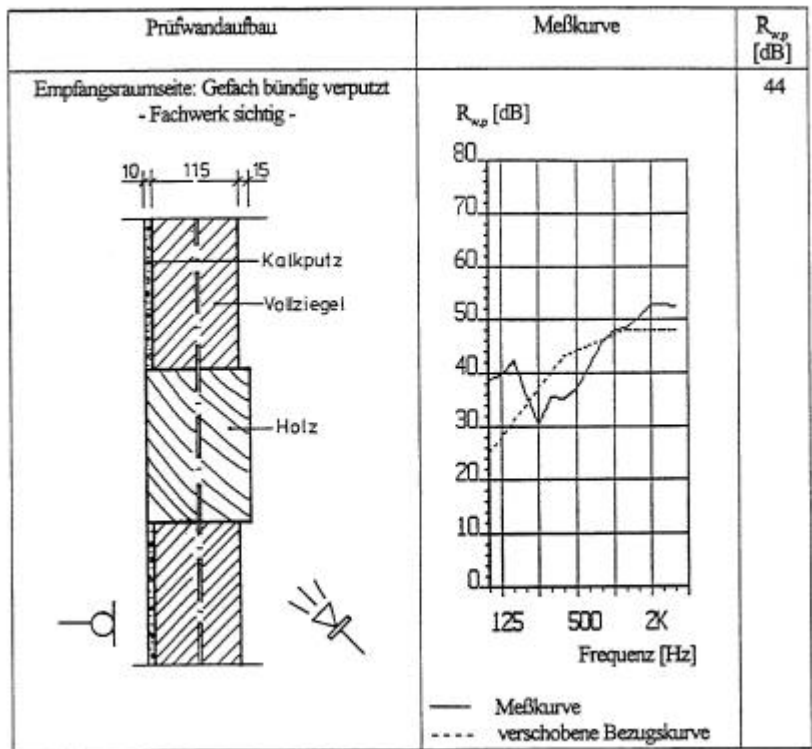


Bild 15 Aufbau und Messkurve von Variante 2 und 3

Einen wärmetechnisch verbesserten Aufbau der Fachwerkwand liefert ein 60 mm starker Wärmedämmputz (WD-Putz) aus mineralisch gebundenem Polystyrol auf einem Putzträgergewebe, der vollflächig auf die verputzte Wand aufgebracht wird (Variante 4). Der WD-Putz wird mit einem 10 mm starken Kalkoberputz versehen.

Die zusätzliche Masse des Wärmedämmputzes hat keinen Einfluß auf die Schalldämmung, das Schalldämmmaß ergibt sich zu $R_{w,p} = 45$ dB. Wie Bild 16 zeigt führt der Wärmedämmputz, gegenüber der reinen verputzten Wand, zu zusätzlichen Resonanzerscheinungen. Diese können durch das Masse-Feder-System (Oberputz-Wärmedämmputz) hervorgerufen worden sein.

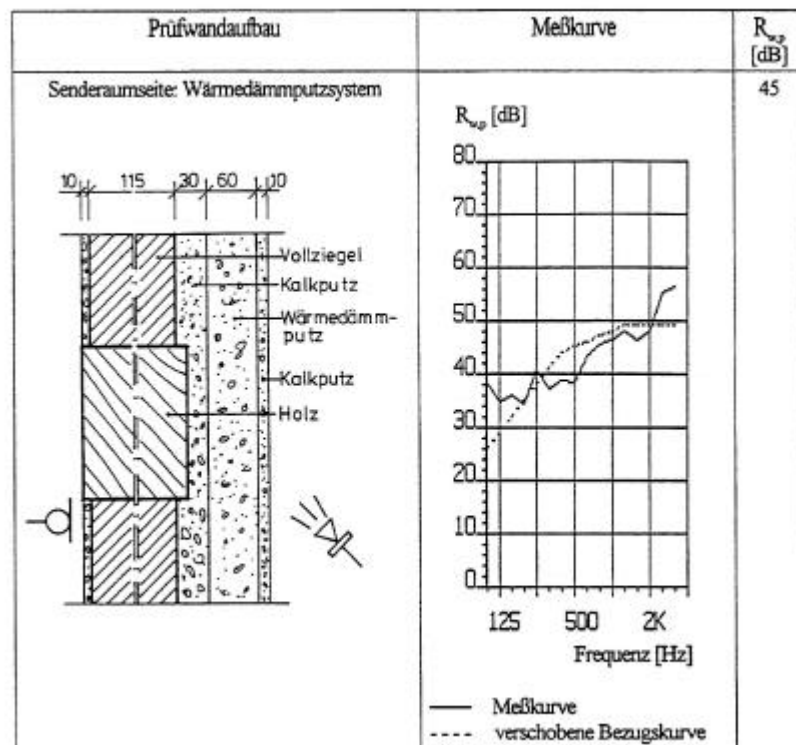


Bild 16 Aufbau und Messkurve von Variante 4

5.2.2. Fachwerkwände mit biegeweicher Vorsatzschale

Der Einfluß von biegeweichen Vorsatzschalen, z. B. bei Gebäudetrennwänden, auf die Schalldämmung, wurde sowohl im unverputzten als auch im verputzten Zustand der Fachwerkwand untersucht. Grundlage der Prüfung bildet einerseits die unverputzte Fachwerkwand (Variante 1), sowie die beidseitig verputzte Fachwerkwand (Variante 3). Hierbei wird jeweils eine Vorsatzschale, System W 623 [I], mit einlagiger Beplankung vor die Prüfwand gesetzt (Variante 5 bzw. 6). Der Einfluß einer doppelten Beplankung wird mit den Varianten 5a bzw. 6a untersucht (ohne Abbildung). Die Vorsatzschale wird auf einer Metallunterkonstruktion aus UD- und CD-Profilen befestigt und ein Mineralfaserdämmstoff, $d = 40$ mm, zwischen Wand und Unterkonstruktion eingelegt. Abschließend wird die Unterkonstruktion mit einer Gipskartonplatte, $d = 12,5$ mm, beplankt.

Den Aufbau der Prüfwand und den Messkurvenverlauf der Varianten 5 und 6 zeigt Bild 17.

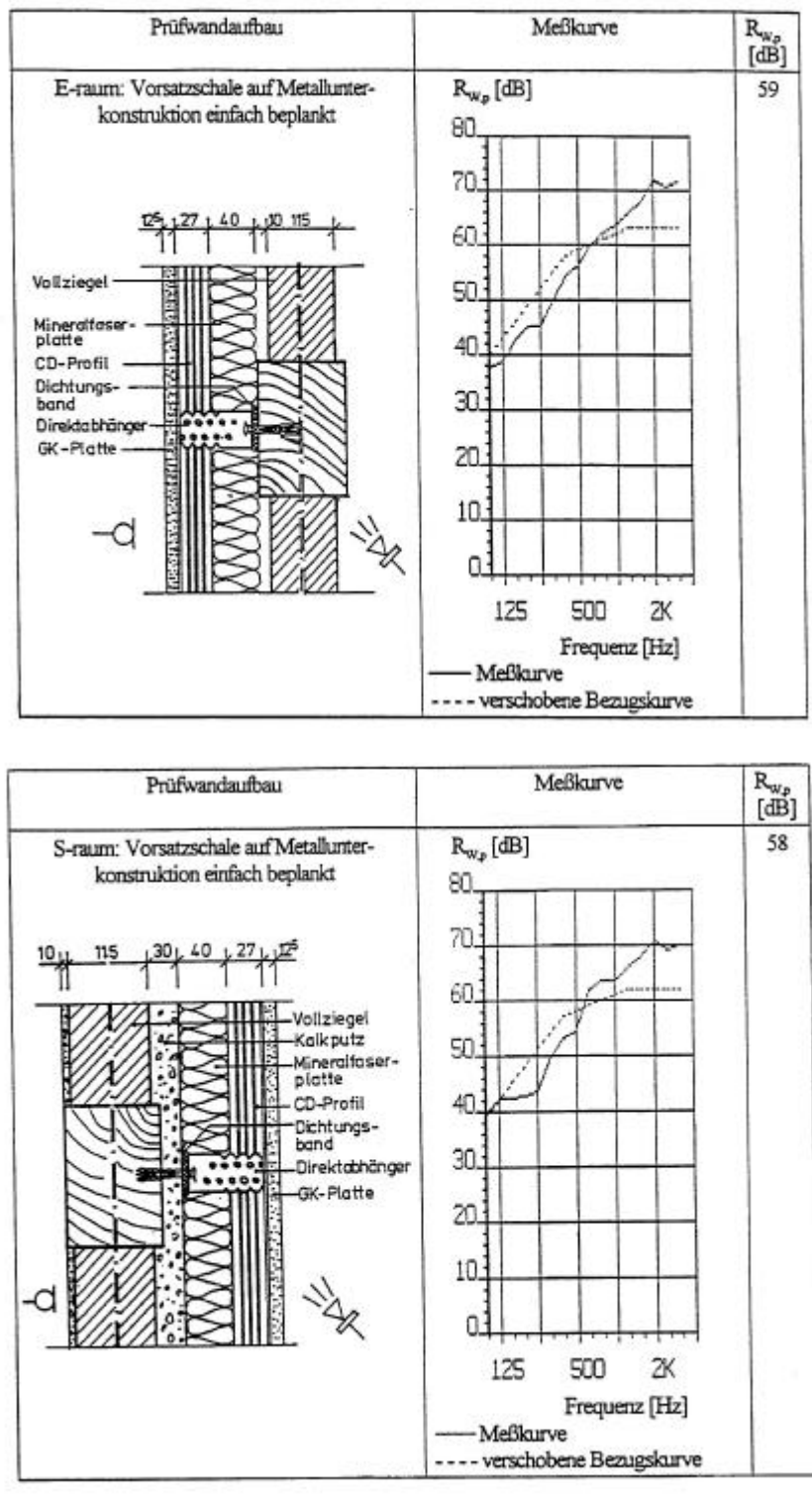


Bild 17 Aufbau und Messkurve von Variante 5 und 6

Die Eigenfrequenz der biegeweichen Vorsatzschalen liegen mit 48 Hz und 62 Hz (Tabelle IV) im, für die Bauakustik günstigen Bereich, von unter 125 Hz und führten zu wesentlichen Verbesserungen der Schalldämmung gegenüber der "rohen Fachwerkwand".

Bauteil	flächenbezogene Masse $m' [\text{kg/m}^2]$	Schalenabstand $a [\text{m}]$	Eigenfrequenz $f_0 [\text{Hz}]$
Wand verputzt	228	-	nach Gleichung (1)
Vorsatzschale Bepl. einlagig	15	0.067	62
Bepl. zweilagig	26	0.067	48

Tabelle IV Baustoffkennwerte Variante 5 bzw. 5a und 6 bzw. 6a

Die unverputzte Wand mit Vorsatzschale, einlagig beplankt (Variante 5), lieferte eine Verbesserung des Schalldämmmaßes von 13 dB auf $R_{w,p} = 59$ dB. Die verputzte Wand mit Vorsatzschale, einlagig beplankt (Variante 6), lieferte eine Verbesserung des Schalldämmmaßes von 12 dB auf $R_{w,p} = 58$ dB. Der Verlauf des Schalldämmmaßes über die Frequenz ist hierbei nahezu identisch. Die zweilagige Beplankung der Varianten 5a bzw. 6a bewirkt lediglich eine Erhöhung des Schalldämmmaßes um 1 dB.

5.2.3. Fachwerkwände mit Verbundsystem

Aufgrund von wärmetechnischen Anforderungen kann bei einer Sanierung der Einbau zusätzlicher Dämmschichten erforderlich werden. Bei der hier untersuchten Variante 7 wird eine Polystyrol-Verbundplatte, System W 631 [I], auf die Außenseite der Wand aufgebracht. Die Platte besteht aus einer 12,5 mm dicken Gipskartonplatte mit einer 40 mm dicken Polystyrol-Hartschaum Dämmstoffeinlage (PS 15). Sie wird mittels Ansetzmörtel an die Wand gesetzt. Die flächenbezogene Masse der Bekleidung beträgt $11,4 \text{ kg/m}^2$, die Eigenfrequenz der Konstruktion liegt bei 406 Hz (Tabelle V).

Bauteil	flächenbezogene Masse $m' [\text{kg/m}^2]$	dyn. Steifigkeit der Dämmschicht $s' [\text{MN/m}^3]$	Eigenfrequenz $f_0 [\text{Hz}]$
Wand verputzt	228	-	nach Gleichung (2)
Verbundplatte PS + GK-Platte	11.4	~70	~406

Tabelle V Baustoffkennwerte der Variante 7

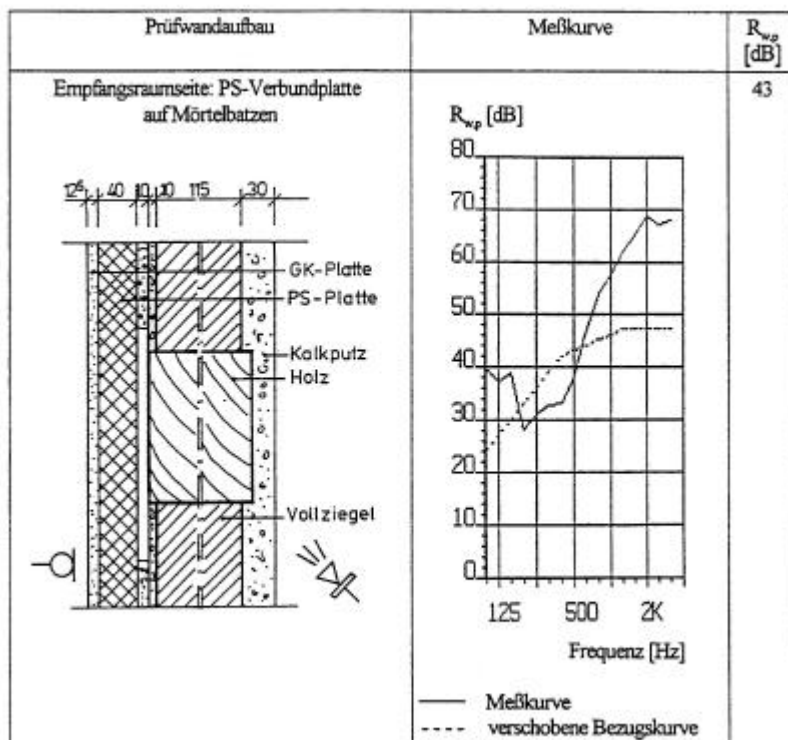


Bild 18 Aufbau und Messkurve von Variante 7

Die Messung ergab eine Reduzierung der Schalldämmung gegenüber der verputzten Wand um 3 dB auf 43 dB (Bild 18). Da der Einbruch der Schalldämmung in einem Bereich von 200 Hz liegt, ist die Reduzierung der Schalldämmung auf die hohe dynamische Steifigkeit der Dämmschicht und die daraus resultierende ungünstige Lage der Eigenfrequenz der zweischaligen Konstruktion zurückzuführen.

Eine weitere, auch ggf. wärmetechnisch erforderliche Bekleidung bildet ein mineralisches Wärmedämmverbundsystem [II] (Variante 8, ohne Abbildung). Dieses System besteht aus einem 80 mm dicken Mineralfaserdämmstoff mit 10 mm Kalkputz auf einem Glasfaserträgergewebe. Der Dämmstoff wird hierbei über Alu-Halteschienen an der Wand befestigt. Die flächenbezogene Masse erhöht sich durch das Wärmedämmverbundsystem gegenüber der verputzten Wand um 18 kg/m^2 , die Eigenfrequenz liegt bei ungefähr 196 Hz (Tabelle VI).

Bauteil	flächenbezogene Masse $m' \text{ [kg/m}^2\text{]}$	dyn. Steifigkeit der Dämmschicht $s' \text{ [MN/m}^3\text{]}$	Eigenfrequenz $f_0 \text{ [Hz]}$
Wand verputzt	228	-	nach Gleichung (2)
WDV-System Mineralfaser + Putz	18	~25	~196

Tabelle VI Baustoffkennwerte der Variante 8

Eine Prüfung dieser Variante führt zu einer Verbesserung der Schalldämmung gegenüber der verputzten Wand von 8dB, auf $R_{w,p} = 54$ dB. Die Messkurve zeigt den typischen Verlauf eines zweischaligen Bauteils. Ein erster Dämmeinbruch tritt bei der Eigenfrequenz des Bauteils bei ungefähr 196 Hz ein, ein zweites Minimum befindet sich bei der Grenzfrequenz von ungefähr 500 Hz.

5.3. Zusammenstellung und Interpretation der Ergebnisse

Die Versuchsmatrix der durchgeführten Versuche sowie deren Messergebnisse sind in Tabelle VII zusammengestellt.

Es bedeuten:

E = Empfangsraum

S = Senderraum

R_w = bewertetes Schalldämmmaß aus einer nebenwegfreien Prüfung.

Variante	Putz			Bepankung			Messung $R_{w,p}$ [dB]
	Kalkputz Fachwerk sichtig	Kalkputz Fachwerk überputzt	WD-Putz	GK-Platte auf Metall- konstruktion	Verbundplatte PS geklebt	WD-Verbund- system mineralisch	
1							27
2	E						44
3	E	S					46
4	E	S	S				45
5				E - einlagig			59
5a				E - zweilagig			60
6	E	S		E - einlagig			58
6a	E	S		E - zweilagig			59
7	E	S			E		43
8	E	S				E	54

E = Empfangsraum, S = Senderraum

Tabelle VII Versuchsmatrix: Fachwerkwand mit Ziegelausfachung ($\rho = 1800$ kg/m)

Die Messungen an der Prüfwand haben gezeigt, dass eine ausgemauerte Fachwerkwand ohne Putzschicht(en) mit einem Schalldämmmaß von $R_{w,p} = 27$ dB die Anforderungen für eine Außenwand, selbst für einen geringen Lärmpegelbereich nicht erfüllen kann. Erst durch das Schließen der Fugen durch einseitige und/oder beidseitige Putzschichten kann die Schalldämmung auf $R_{w,p} = 44$ dB und $R_{w,p} = 46$ dB erhöht werden. Die Wände sind somit als Außenwände bis zu einem hohen Schalldämmmaß geeignet.

Der Einsatz eines Wärmedämmputzsystems führt zu keiner Verbesserung der Schalldämmung der Wand. Die Wand verhält sich wie ein einschaliges Bauteil mit zusätzlichen resonanzartigen Erscheinungen. Daher sollte bei der Massenermittlung des Bauteils zur Bestimmung der Schalldämmung die Masse des Wärmedämmputzes nicht berücksichtigt werden [8].

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass, wie bei massiven Wänden, biegeeweiche Vorsatzschalen vor Fachwerkwänden zu Schalldämmmaßen führen, die ohne Berücksichtigung der Schalllängsleitung eine Eignung der Wände als Wohnungstrennwände möglich macht. Die biegeeweiche Vorsatzschale vor der Fachwerkwand führt zu einer Erhöhung der Schalldämmung gegenüber der unverputzten Wand von 32 dB auf $R_{w,p} = 59$ dB. Eine zweilagige Beplankung führt bei diesen schon sehr hohen Schalldämmmaßen zu keinen entscheidenden Verbesserungen. Anhand der Messungen wurde auch deutlich, dass Putzschichten auf den Fachwerkwänden zusammen mit der Vorsatzschale keinen Einfluß auf die Schalldämmung der Wand haben.

Beim Einsatz von Wärmedämmverbundsystemen sollte die dynamische Steifigkeit s' der Dämmschicht möglichst gering sein. Um eine Verschlechterung der Schalldämmung zu vermeiden sollte die Resonanzfrequenz 125 Hz nicht überschreiten, um eine merkbliche Verbesserung zu erreichen sollte sie deutlich unter 125 Hz liegen.

Ein Vertauschen von Sende- und Empfangsraum, während der Versuche begleitend durchgeführt, zeigte keinen signifikanten Einfluß auf die gemessenen Schalldämmmaße, jedoch auf die Verläufe der Messkurven der Fachwerkwand.

6. Ausblick

Die durchgeführten Versuche liefern erstmals Anhaltswerte und Größenordnungen der Schalldämmmaße von Fachwerkwänden. Die Messungen haben gezeigt, dass eine entscheidene Reduzierungen der Schalldämmung auf Undichtigkeiten durch Fugen und das schalltechnisch unterschiedliche Verhalten zwischen Holzrippe und Gefachausmauerung zurückzuführen sind. Aus diesem Grund sollten weiterführende Messungen mit definierten Schlitz/Fugen durchgeführt werden, um genauere Aufschlüsse über den Einfluß auf die Durchlässigkeit von Wandsystemen zu erhalten.

Im Weiteren scheint es notwendig eine möglichst große Bandbreite der historischen Konstruktionen zu erfassen. Daher sollten Wände mit unterschiedlichen Gefachausfüllungen und Fachwerkkonstruktionen mit variierendem Gefach- und Holzanteil untersucht werden.

7. Verwendete Materialien

- [I] Knauf
Iphofen
- [II] Colfirmit Rajasil GmbH
Marktrechwitz
- [III] Koch Marmorit GmbH
Bollschweil

8. Literatur

- [1] Entwurf zur DIN 4109 Schallschutz im Hochbau 1979
- [2] DIN 4109 Schallschutz im Hochbau
- [3] DIN 52210 Bauakustische Prüfungen; Luft- und Trittschalldämmung
- [4] Gösele, K.; Schüle, W.
Schall, Wärme ,Feuchte. Wiesbaden/Berlin: Bauverlag
- [5] Leschnik, W.
"Schallschutz bei der Sanierung von Außenbauteilen an Fachwerkgebäuden - Anforderungen und Möglichkeiten -",
WTA - Berichte 10/1994, Baierbronn 1994
- [6] Gösele, K.
"Schallschutz von Holzbalkendecken"
EGH holzbau handbuch 1993
- [7] Schulze, H.
"Feuchteschäden in Wohngebäuden - ein aktuelles Problem"
Mitteilungen der TU Carolo Wilhelmina zu Braunschweig Jahrgang 10101 Heft 1, 1986
- [8] Leschnik, W.; Leimer, H.-P.; Harting, A.
"Schalldämmung von Fachwerkaußenwänden - Theorie und Praxis"
Vortrag zur 21. Deutschen Jahrestagung für Akustik DAGA 95