Bauen im Bestand

- Baulicher Schallschutz -

Bayerische Architektenkammer, Architektenseminar 2007

München, Haus der Architekten, 11. Oktober 2007

Dr. Reinhard O. Neubauer
IBN, Theresienstr. 28, D-85049 Ingolstadt
dr.neubauer@ibn.de

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1 Einleitung 4

2 Schallschutz im Bestand: Mensch 6

2.1 Subjektive Bewertung 7

2.2 Erwartungshorizont 7

2.3 Ruhebedürfnis 7

3 Zielsetzung: Schallschutzanforderung 8

3.1 Das rechtliche Beurteilungs-Maß des Luftschallschutzes 9

3.1.1 Der Schallschutz nach den Regelwerken 9

3.1.2 Der Schallschutz im Bestand (Bestandsschutz) 10

3.2 Das subjektive Beurteilungs-Maß des Luftschallschutzes 11

4 Bestandsanalyse: Objekt 14

4.1 Bauweise 15

4.2 Örtliche Lage 15

4.3 Möglichkeiten 15

4.4 Feststellung des Schallschutzniveaus 15

5 Planung: Ausführung 16

5.1 Verbessern 17

5.2 Erneuern 17

5.3 Ergänzen 17

5.4 Gewährleistung des Schallschutzniveaus 18

6 Beispiele 18

6.1 Wände 20

6.1.1 Leichte Wandkonstruktionen (Ständerkonstruktionen) 20

6.1.2 Massive Wandkonstruktionen mit Wärmedämmung 20

6.1.4 Historische Fachwerkwände 22

6.2 Dächer 27

6.3 Decken 29

6.4 Türen 31

6.5 Fenster 32

7 Zusammenfassung 34

8 Literatur 35

1 Einleitung

Bauen im Bestand ist kein neues Betätigungsfeld der Architektur. Jedoch im Hinblick auf die gestiegenen Bauwerksanforderungen an Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit rücken zukünftig die Materialauswahl sowie die bedarfsgerechte Planung und Ausführung immer mehr in den Vordergrund. Wenngleich ein hoher Qualitätsstandard bezüglich Planung und Materialauswahl erreicht wird, kommt es immer noch zu gravierenden Fehleinschätzungen, die einen negativen Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit ausübt. Unsachgemäße Anwendung, Planung und Ausführung beschränkt sich nicht nur auf den Bereich des Neubaus. Gerade in der Altbausanierung gibt es Defizite bei der Schadensanalyse, der Bewertung von Schäden und deren ingenieur- bzw. naturwissenschaftlicher Lösung.

Typischerweise wird heute unter „*Modernisierung*“ der energetische Aspekt verstanden, wobei als Ausgangspunkt die bauliche Analyse des Gebäudes, d.h. der Gebäudehülle und der Anlagentechnik, sowie seiner Nutzung im Vordergrund steht.

An den Schallschutz werden bei Bauaufgaben im Gebäudebestand gegenüber Neubauprojekten differenziertere Anforderungen gestellt. Die Schwierigkeit ist häufig, bestehende Bausubstanz (mit nicht bekannten akustischen Eigenschaften) ganz oder teilweise mit in die Baumaßnahme einzubeziehen.

Die Sanierung von Altbauten gehört zu einer wichtigen Aufgabenstellung für Architekten, Bauingenieure und Handwerker. Während konstruktive Vorschläge zur Verbesserung des Wärmeschutzes in der Bauwirtschaft sehr gut eingeführt sind (KfW-Programme, Vor-Ort Beratungen usw.) werden die Aspekte des Schallschutzes wenig beachtet. So kann aus einem Altbau wärmetechnisch ein Neubau werden, zumindest was den Energieverbrauch anbelangt wohingegen der Schallschutz deutlich hinter Neubauanforderungen zurück bleibt. Aber auch bei Nutzungsänderungen ergeben sich neue Anforderungen an den Schallschutz.

Bei der Sanierung von Altbauten sind oft bestehende Bauteile und Baukonstruktionen mit neuen Bauteilen zu kombinieren. Diese besondere Problemstellung erfordert angepasste

Lösungen und lässt Standarddetails, wie sie im Neubau Anwendung finden, nur selten zu. Darüber hinaus wird der Planer mit Bauweisen und Baustoffen konfrontiert, die in ihren schalltechnischen Eigenschaften nicht bekannt und somit schwer abzuschätzen sind. Ein rechnerischer Nachweis des Schallschutzes nach der DIN 4109 ist daher häufig nicht durchführbar.

Insbesondere sind auf dem Gebiet der Sanierung alter Holzbalkendecken Unsicherheiten in der Planung und Konstruktion zu erkennen. Das beweisen Schadensfälle, die entweder aus Unkenntnis des Planers, aus zu großem Kostendruck des Bauherrn oder durch Mängel in der Ausführungsqualität zu schalltechnisch nicht ausreichenden Lösungen führen. Doch Schallschutz ist am Bauwerk ein Detail von erheblichem Gewicht. Zum einen entstehen wegen der ständigen Störungen bereits bei normaler Nutzung eines Wohnhauses bei mangelhaftem Schallschutz Probleme zwischen den Mietern und dem daraus folgenden „Ärger“ des Vermieters mit den Mietern bis zu häufigen Mieterwechseln. Aber auch selbst genutztes Eigentum bedarf eines ausreichenden Schallschutzes. Oft werden an Eigentumswohnungen größere Erwartungen gestellt als an Mietwohnungen. Streit ist auch hier vorprogrammiert.

Eine weitere Fragestellung beschäftigt sich mit dem anzusetzenden Schallschutzniveau unter der Berücksichtigung bestehender Bausubstanz, die von der Erneuerung nicht betroffen ist. Wie verändert beispielsweise ein Laminatfußboden die Trittschalleigenschaften einer massiven Geschossdecke mit bestehendem Fußbodenaufbau, der einen ungenügenden Trittschallschutz aufweist? Oder welche schalltechnischen Anforderungen bei Fassaden mit Außenlärmbeanspruchung sind an das Wärmedämm-Verbundsystem zu stellen. Messtechnische Untersuchungen der Luft- und Trittschalldämmung geben Aufschluss über den vorhandenen Schallschutz und ermöglichen häufig erst eine Festlegung der Schutzziele und der erforderlichen Maßnahmen. Im Vortrag wird auf die oben genannten Fragestellungen eingegangen und es werden praxisgerechte Beispiele gegeben.

2 Schallschutz im Bestand: Mensch

Der Schallschutz ist kein Selbstzweck, sondern ist ausschließlich im Kontext des Zusammenlebens mit Menschen zu sehen. Es ist deshalb eine Prämisse den Schallschutz beim Gestalten von Wohn- und Arbeitsräumen den Menschen und seine Erwartungen und Bedürfnisse zu berücksichtigen. Nachstehende Grafik verdeutlicht die Zusammenhänge.

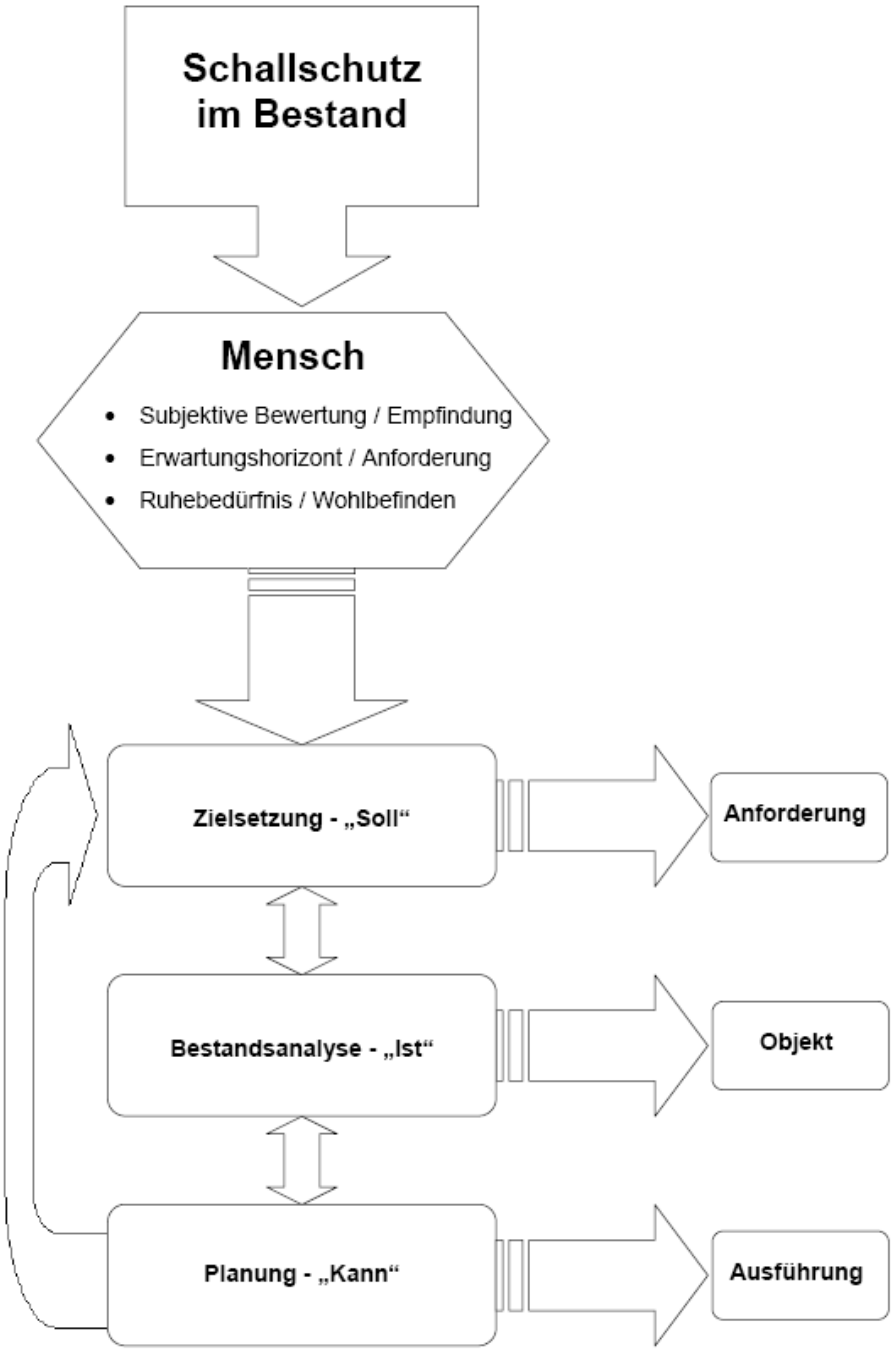


Abb. 1: Blockdiagramm der Planung des Schallschutzes im Bestand

Der Mensch als Subjekt empfindet den Schall unterschiedlich, nämlich subjektiv. Im Wesentlich können aber objektive Kriterien dargestellt werden, die den subjektiv empfundenen Schallschutz objektiv charakterisieren. Die nachstehend dargestellte Einteilung stellt beispielhaft den komplexen Zusammenhang dar und ist nicht als vollständige „*Objektivierung*“ des subjektiv empfundenen Schallschutzes zu verstehen.

2.1 Subjektive Bewertung

Empfindung:

- Tonabhängig
- Frequenzabhängig
- Amplitudenabhängig
- Zeitabhängig

2.2 Erwartungshorizont

Anforderung:

- Einzahlwert
- Schutzniveau
- Lärmpegel

2.3 Ruhebedürfnis

Wohlbefinden:

- Gesundheit
- Zufriedenheit
- Akzeptanz

3 Zielsetzung: Schallschutzanforderung

Die Zielsetzung des Schallschutzes ist als zentrale Stufe zur Qualitätssicherung anzusehen. Wird die Schallschutzanforderung formuliert, kann das Schallschutzniveau festgelegt werden. Die nachstehend dargestellte Grafik verdeutlicht die Zusammenhänge der Anforderungen zur Festlegung des Schallschutzniveaus.

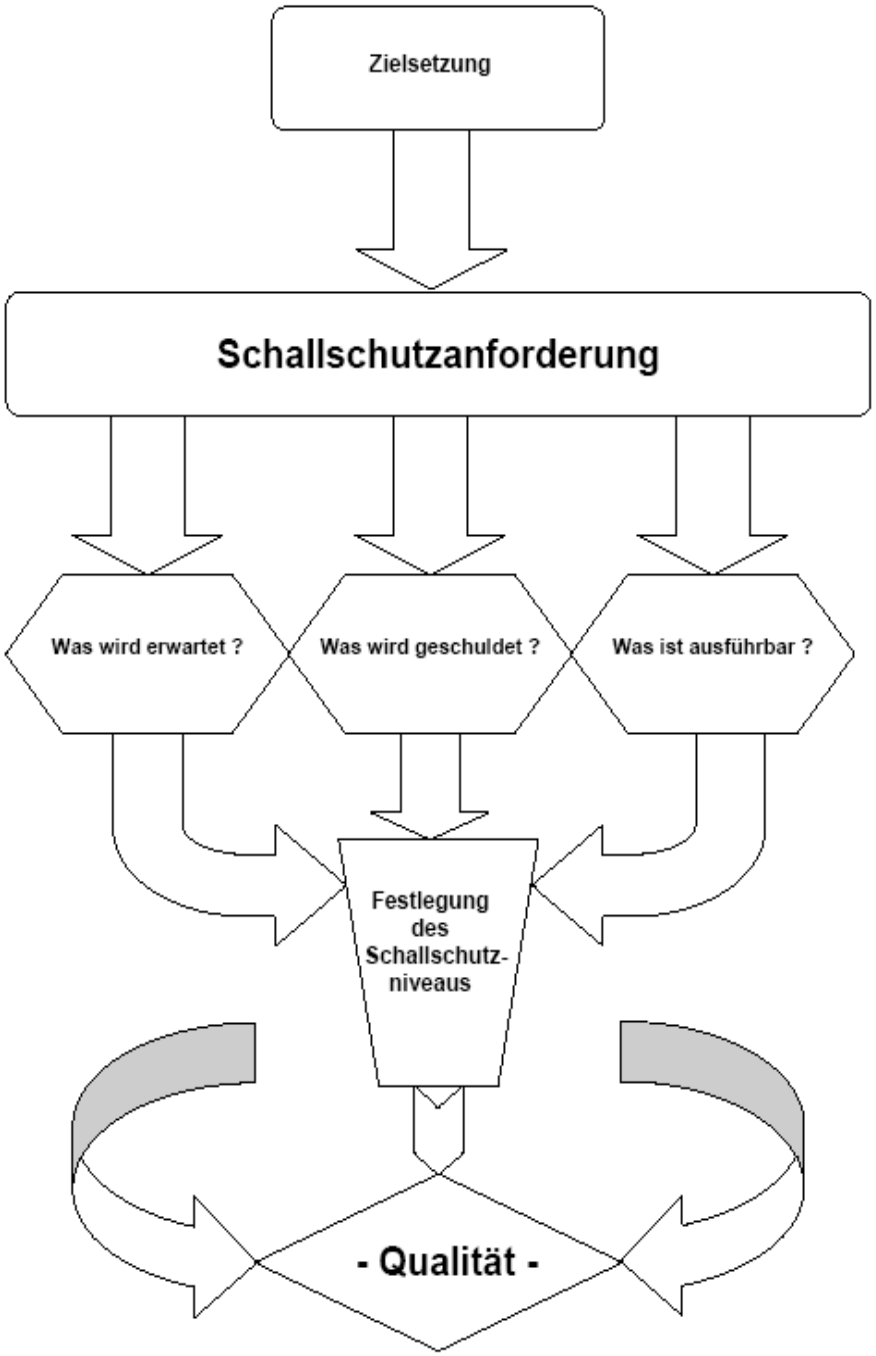


Abb. 2: Blockdiagramm der Zielsetzung des Schallschutzes im Bestand

3.1 Das rechtliche Beurteilungs-Maß des Luftschallschutzes

3.1.1 Der Schallschutz nach den Regelwerken

In der Praxis der Rechtsprechung ist häufig der Schallschutz gefordert, der nach öffentlich-rechtlichen Maßstäben festgelegt wurde, welcher aber im Einzelfall oftmals als nicht ausreichend bewertet wird. Es wird im Grunde immer der Schallschutz erwartet, der zu keiner subjektiven Belästigung führt. Nach Art. 30 ff BayBO müssen Trennwände und -decken von Wohnungen schalldämmend sein. Diese allgemeine Anforderung des Gesetzes wird konkretisiert durch die eingeführte technische Regel DIN 4109. Inwieweit die DIN 4109 aber tatsächlich einen ausreichenden Schallschutz zur Vermeidung von Belästigungen festlegt, kann für den Wohnungsbau in Frage gestellt werden. Bei üblichen Bauteilkonstruktionen und -ausführungen können bei mangelfreier Ausführung in der Regel die Schallschutzwerte der VDI-Richtlinie 4100 für die SSt II eingehalten werden. Die Anforderungen vg. Regelwerke werden auszugsweise nachstehend in Tabelle I wiedergegeben

Tabelle I: Schallschutzanforderungen an die Luftschalldämmung nach den Regelwerken DIN 4109 (11/89) und VDI-Richtlinie 4100 (11/94).

	Geschoss-Wohnungsbau		**Doppel- und Reihenhäuser**
	Wände	**Decken**	
DIN 4109 / VDI 4100 SSt I	53 dB	54 dB	57 dB
DIN 4109 / Beiblatt 2	55 dB	55 dB	67 dB
VDI 4100 SSt II	**56 dB**	**57 dB**	**63 dB**
VDI 4100 SSt III	59 dB	60 dB	68 dB

Wird ein Schallschutzniveau vereinbart, das hinter den anerkannten Regeln der Technik zurückbleibt, ist der höhere Schallschutz entsprechend den anerkannten Regeln der Technik, bzw. entsprechend der „Mittleren Verkehrserwartung“ geschuldet. Eine Vereinbarung unterhalb der anerkannten Regeln der Technik ist unwirksam. Der Schallschutz sollte deshalb vereinbart werden und zwar in der Art, wie er sich aus der Konstruktion ergibt und nicht als Einzahlwert (sog. Beschaffenheitsvereinbarung). Wird kein Schallschutz vereinbart, ist der Schallschutz geschuldet, der mit der vereinbarten Konstruktion, bei mangelfreier Ausführung, erzielbar ist (BGH 1998).

3.1.2 Der Schallschutz im Bestand (Bestandsschutz)

Bestandsschutz beschäftigt sich mit der Frage, in welchem Umfang ein bereits vorhandener baulicher Bestand eines Gebäudes bei Gesetzesänderungen, Umplanungen oder ähnlichem in seiner Existenz und Funktion geschützt ist. Besteht jedoch eine konkrete Gefahr, ist zur Beseitigung dieser Gefahr ein Eingriff in die Bausubstanz (= wesentliche Änderung) erforderlich, so dass der Bestandschutz vollständig entfällt und das gesamte Gebäude dem derzeit geltenden Baurecht anzupassen ist. Nachstehende Tabelle II zeigt diesen Sachverhalt nochmals ausführlich.

Tabelle II: Anforderungen an den Schallschutz beim Neu- und Altbau, bzw. Sanierung

<table>
<tr><th rowspan="2">Neubau</th><th colspan="2">Altbau, Sanierung
Wesentliche Änderung liegt vor</th></tr>
<tr><th>Ja</th><th>Nein</th></tr>
<tr><td colspan="3">1. Bauaufsichtliche Mindestanforderungen</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mindestschallschutz
Einhaltung der Mindestanforderungen nach DIN 4109 an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen ($R'_{w,res}$) und Luftschall- und Trittschalldämmung von Trennbauteilen (R'_w bzw. $L'_{n,w}$)</td><td rowspan="2">Keine Forderungen</td></tr>
<tr><td>Keine Ausnahmen vorgesehen</td><td>Bei unbilliger Härte sind Ausnahmen vorgesehen</td></tr>
<tr><td colspan="3">2. Zivilrechtliche Forderungen</td></tr>
<tr><td colspan="3">Bauen nach den anerkannten Regeln der Technik (aRdT)
Erzielung eines Schallschutzes, der beim Bauen nach den anerkannten Regeln der Technik zu erwarten ist</td></tr>
<tr><td colspan="3">3. Mögliche zivilrechtliche Vereinbarungen</td></tr>
<tr><td colspan="2">Hoher bzw. erhöhter Schallschutz
Vereinbarung eines höheren Schallschutzes z.B. nach VDI 4100, SSt II oder III</td><td>Bestandswahrung
Keine Verschlechterung gegenüber dem bestehenden Schallschutz</td></tr>
</table>

3.2 Das subjektive Beurteilungs-Maß des Luftschallschutzes

Töne müssen eine Mindestlautstärke haben, um von einem Hörer wahrgenommen zu werden. Diese Mindestlautstärke ist abhängig von der Frequenz des Tons.

Die Beurteilung menschlicher Reaktionen auf Lautstärke wird durch das Problem erschwert, Vernehmbarkeit der Klänge aufgrund der Nichtlinearität des menschlichen Gehörs zu messen. Die Frequenzabhängigkeit des menschlichen Gehörs wurde erstmals von den Fletcher-Munson-Kurven (1933) und später von den Robinson-Dadson-Kurven (1956), sogenannte Kurven gleicher Lautstärkepegel, beschrieben. Kurven, die Kombinationen reiner Töne in Begriffen von Frequenz und Schalldruckpegel definieren, welche als gleich laut wahrgenommen werden, drücken eine fundamentale Eigenschaft des menschlichen Gehörsystems aus und sind von grundlegender Wichtigkeit in der Psychoakustik.

Die Hörschwelle unter Freifeldbedingungen wird in ISO 226:2003 (E) und unter Diffusfeldbedingungen in ISO 389-7:2003 (E) behandelt. Abbildung 3 zeigt die Hörschwelle für reine Töne bei binauralem Hören im diffusen Schallfeld als Funktion der Frequenz gemäß der Internationalen Norm ISO 389-7: 2003 (E).

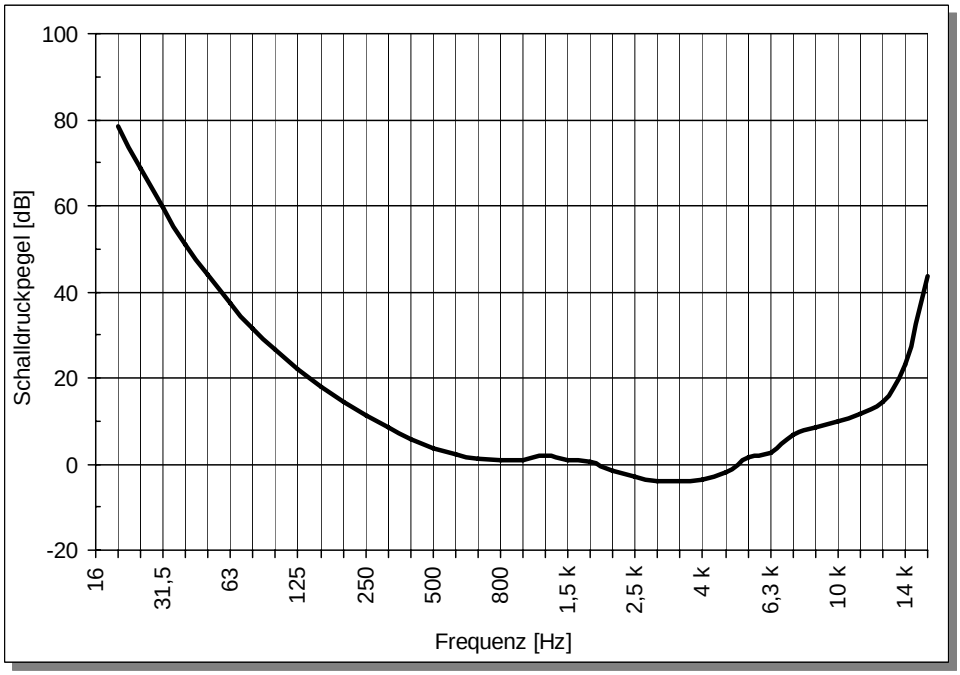


Abb. 3: Hörschwelle als Funktion der Frequenz

Aus der Abbildung 3 wird sofort deutlich, dass das Maß eines Schallpegels keine zielgerichtete Bedeutung im Sinne einer subjektiven Beurteilung hat. Der Schalldruckpegel von 20 dB im Frequenzband um 125 Hz bedeutet nämlich, dass dieser Pegel gerade nicht mehr gehört wird. Diese Frequenzabhängigkeit des Gehörs wird oberhalb der Hörschwelle durch sogenannte Kurven gleicher Lautstärkepegel dargestellt, welche den Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der Frequenz, bei dem die gleiche Lautstärkewahrnehmung hervorgerufen wird, zeigen (siehe z.B.: DIN 45630-2 (9/67)).

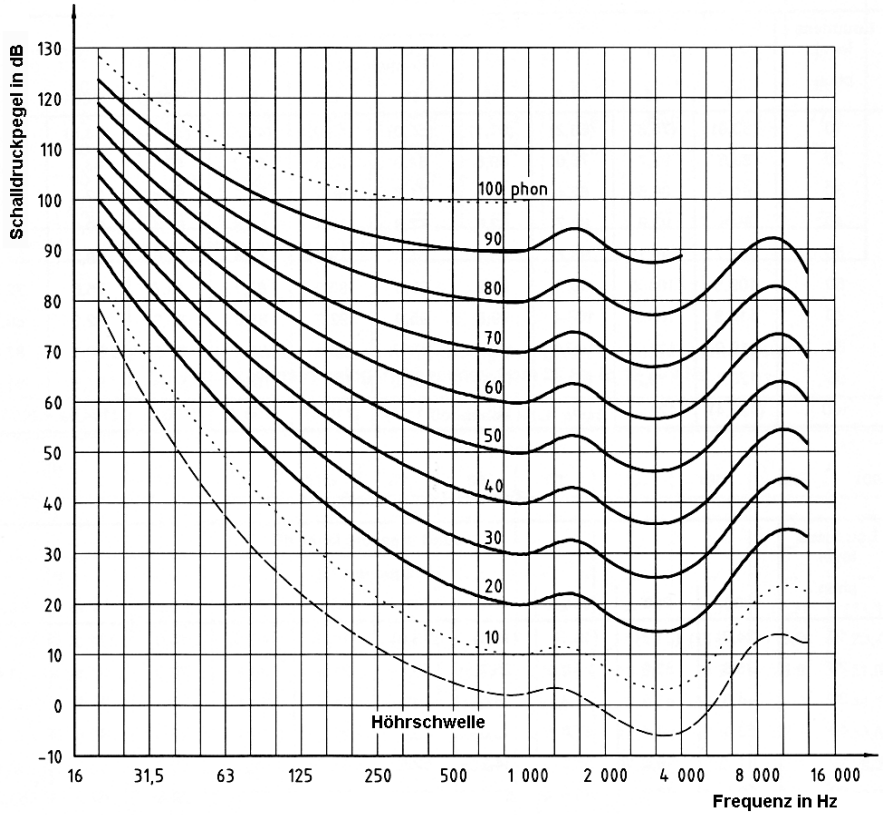


Abb. 4: Hörschwelle und Kurven gleicher Lautstärkepegel als Funktion der Frequenz

In der Praxis benötigen wir eine Möglichkeit subjektiver Bewertung der Lautstärke, um die menschliche Reaktion der Lautstärke des Geräusches näher an der Realität beurteilen zu können. Das *phon* ist die Einheit der Lautstärke die dem Schalldruckpegel in dB bei 1 kHz zahlenmäßig gleich ist.

Der Lautstärkepegel eignet sich für den Vergleich der Lautstärkeempfindung gleich lauter Schallereignisse. Er eignet sich aber nicht dafür, verschieden laute Schallereignisse mitein-

ander zu vergleichen. Während nämlich z.B. beim Schalldruckpegel einer Druckverdoppelung eine Pegelzunahme von 6 dB entspricht, bedeutet eine Verdoppelung der empfundenen Lautstärke in dem praktisch wichtigen Lautstärkebereich über 30 phon eine Lautstärkpegelzunahme von 10 phon. Die Lautheit *S* erfasst die tatsächlichen Lautstärkeverhältnisse verschiedener Lautstärkepegel L_S zueinander; sie wird in *sone* angegeben. Die Einheit subjektiver Lautstärke, *sone*, ist generell akzeptiert.

Der Pegel von 40 phon bei 1.000 Hz wird als 1 sone definiert. Dem doppelt so laut empfundenen Wert von 50 phon entsprechen 2 sone. Ein Klang von 2 sone ist zweimal so laut, und 0.5 sone halb so laut.

Was darf man von der Nachbarwohnung hören?

Selbst wenn die gesetzlich geforderten Mindestschallschutzwerte eingehalten sind, bedeutet dies nicht, dass von der Nachbarwohnung keinerlei Geräusche mehr zu hören sind. Bei einem mittleren Grundgeräuschpegel im Raum werden bei Einhaltung der Mindestanforderungen an den Luftschallsschutz nach DIN 4109 von einem normal empfindenden Menschen folgende Geräusche wahrgenommen bzw. nicht mehr wahrgenommen:

Tabelle III: Geräuschquelle und deren subjektive Wahrnehmung.

Geräuschquelle	Subjektive Wahrnehmung
Gespräche in normaler Lautstärke, Radio in Zimmerlautstärke	nicht mehr wahrnehmbar
Lautstarke Gespräche, laut eingestelltes Radio, Blockflöte	noch hörbar, ausreichend vertraulich
Klavier, laut eingestellte Stereoanlage mit hohem Bassanteil, Hausmusik	sehr störend

Diese grobe subjektive Einteilung von wahrnehmbaren Geräuschen schwankt natürlich sehr stark in Abhängigkeit vom vorhandenen Grundgeräuschpegel im Raum und dem subjektiven Empfinden der einzelnen Person.

4 Bestandsanalyse: Objekt

Die Bestandsanalyse des Objekts im Zuge der Festlegung des Schallschutzes ist ein wichtiger Schritt das Maß der Verbesserung überhaupt erst festlegen zu können. Wird eine gründliche Bestandsanalyse des Objektes durchgeführt, kann das zu erreichende Schallschutzniveau festgelegt werden. Das nachstehend dargestellte Flussdiagramm zeigt die Bestandsanalyse des Objekts zur Festlegung des Schallschutzniveaus.

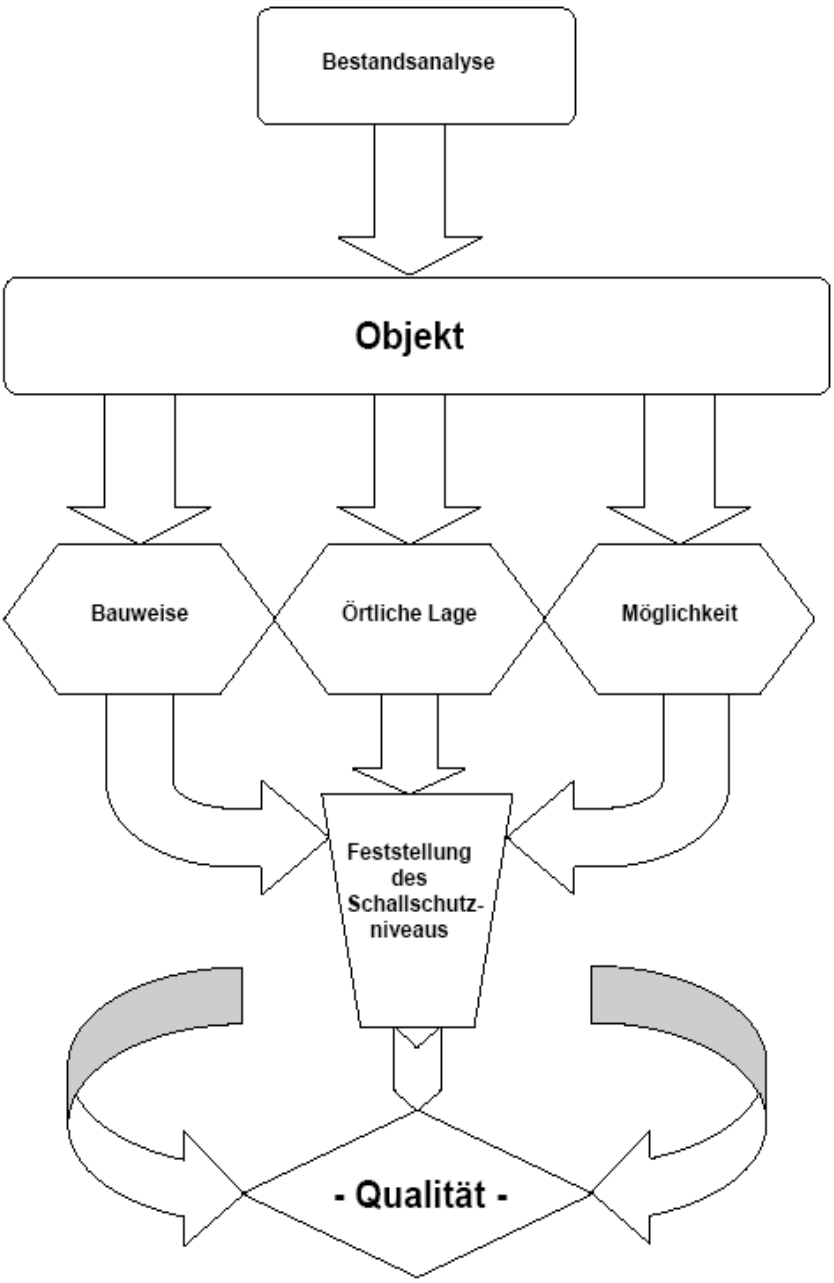


Abb. 5: Blockdiagramm der Bestandsanalyse des Schallschutzes im Bestand

4.1 Bauweise

Feststellung der Schallschutzqualität:

- Decken / Dächer
- Trennwände / Fassaden
- Fenster / Türen
- Treppen
- Haustechnische Anlagen, z.B. Installationen

4.2 Örtliche Lage

Feststellung des Wohnumfeldes:

- Innerorts / Außerorts
- Fehrkehrssituation: Straße / Bahn / Flughafen
- Ländlich / Städtisch
- Ruhige Lage / Laute Lage
- ...

4.3 Möglichkeiten

Feststellung der Eignung:

- Nutzungsanalyse
- Sanierungsaufwand
- Kostenrahmen
- Behördliche Auflagen
- ...

4.4 Feststellung des Schallschutzniveaus

An den Schallschutz werden bei Bauaufgaben im Gebäudebestand gegenüber Neubauprojekten differenziertere Anforderungen gestellt. Die Schwierigkeit ist häufig, bestehende Bausubstanz (mit nicht bekannten akustischen Eigenschaften) ganz oder teilweise mit in die Baumaßnahme einzubeziehen. Schallmessungen helfen dabei den Bestand zu qualifizieren.

5 Planung: Ausführung

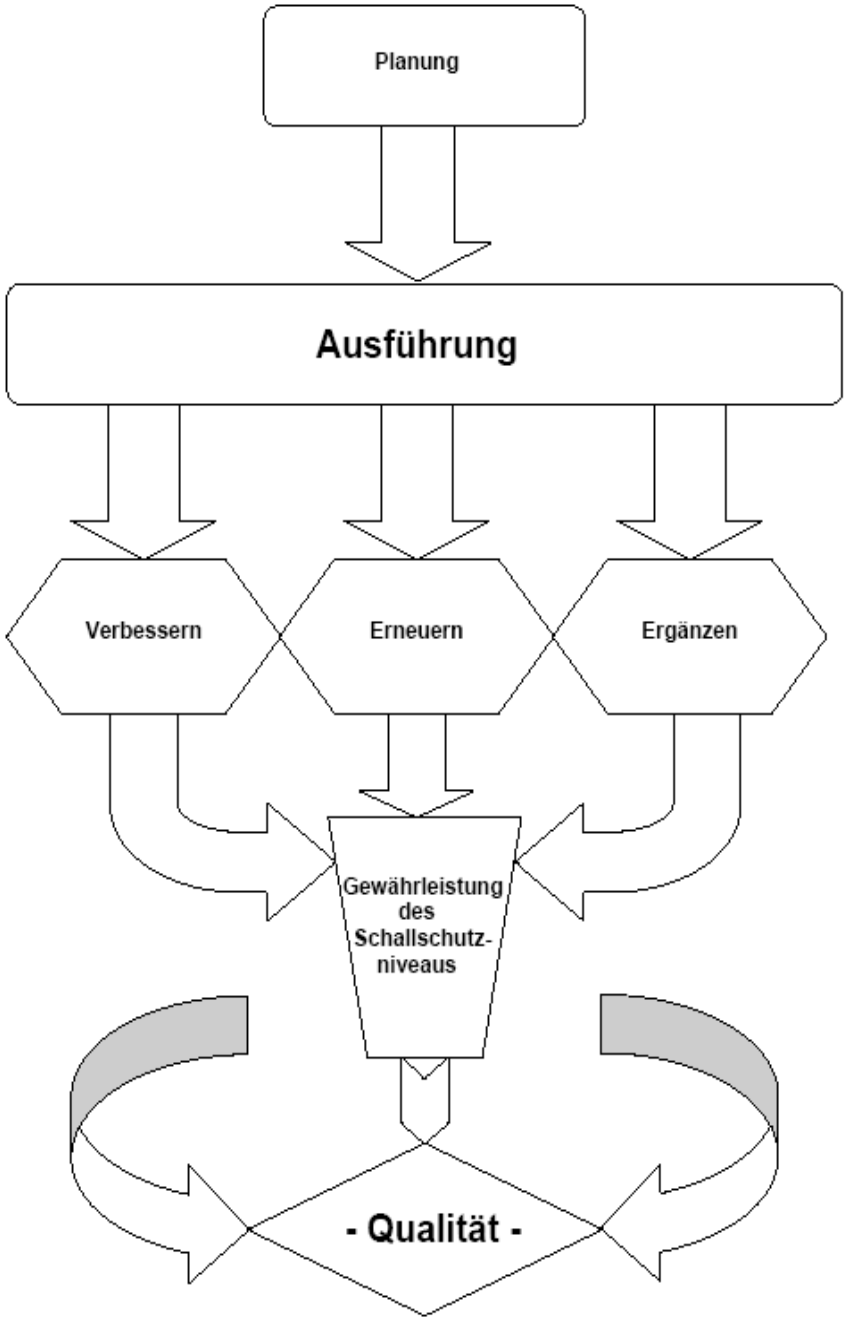


Abb. 6: Blockdiagramm der Ausführung des Schallschutzes im Bestand

5.1 Verbessern

Werden im Bestand Ausführungsarbeiten durchgeführt, ist in erster Linie eine Verbesserung der vorhandenen Konstruktion sinnvoll. Hierzu gehören z.B. das Verputzen von Mauerwerk, oder das Verbessern der Dachkonstruktion. Bei Türen und Fensterkonstruktionen eignet sich aber auch oftmals schon der Austausch oder die Anbringung einer Fugendichtung im Falzbereich zur wesentlichen Verbesserung des Schallschutzes. Bei Trockenbaukonstruktionen ist die Nachbesserung der Fugenstöße eine wichtige Maßnahme zur Verbesserung des Luftschallschutzes. Bei der Verbesserung bleibt das bestehende Bauteil erhalten und wird in ihrer Funktion bezügliche des Schallschutzes ertüchtigt.

5.2 Erneuern

Können die ggf. durchgeführten baulichen Verbesserungen den Schallschutz nicht ausreichend erhöhen, sind Erneuerungen durchzuführen. Diese Erneuerungen können z.B. in Form von anderen Konstruktionen erfolgen. Hierbei kann z.B. eine neue Deckenkonstruktion gewählt werden, wenn der alte Deckenaufbau entfernt worden ist. Oder es werden geeignete Fensterkonstruktionen gewählt, die auf das entsprechende Lärmspektrum angepasst sind, etc. Die Erneuerung bezieht sich typischerweise auf trennende Bauteile, die in schalltechnischer Sicht bestimmte Anforderungen erfüllen sollen. Bei der Erneuerung wird das bestehende Bauteil erneuert, so dass die bestehende Konstruktion rückgebaut werden muss.

5.3 Ergänzen

Wenn die Verbesserungen nicht ausreichen, oder keine Erneuerungen möglich sind, kann eine Ergänzung ggf. den gewünschten erfolgt bringen. Hierzu eignen sich in erster Linie zusätzliche Konstruktionen die zusammen mit der Bestandskonstruktion den gewünschten Schallschutz sicherstellen kann. Häufig stellen diese zusätzlichen Konstruktionen biegeweiche Vorsatzschalen, schwimmend verlegte Estriche oder geschlossene Unterdecken dar.

5.4 Gewährleistung des Schallschutzniveaus

Die Qualitätssicherung nach Fertigstellung der Baumassnahme erfolgt durch Schallmessungen (Güteprüfungen) zur Qualitätskontrolle des erreichten Schallschutzes.

6 Beispiele

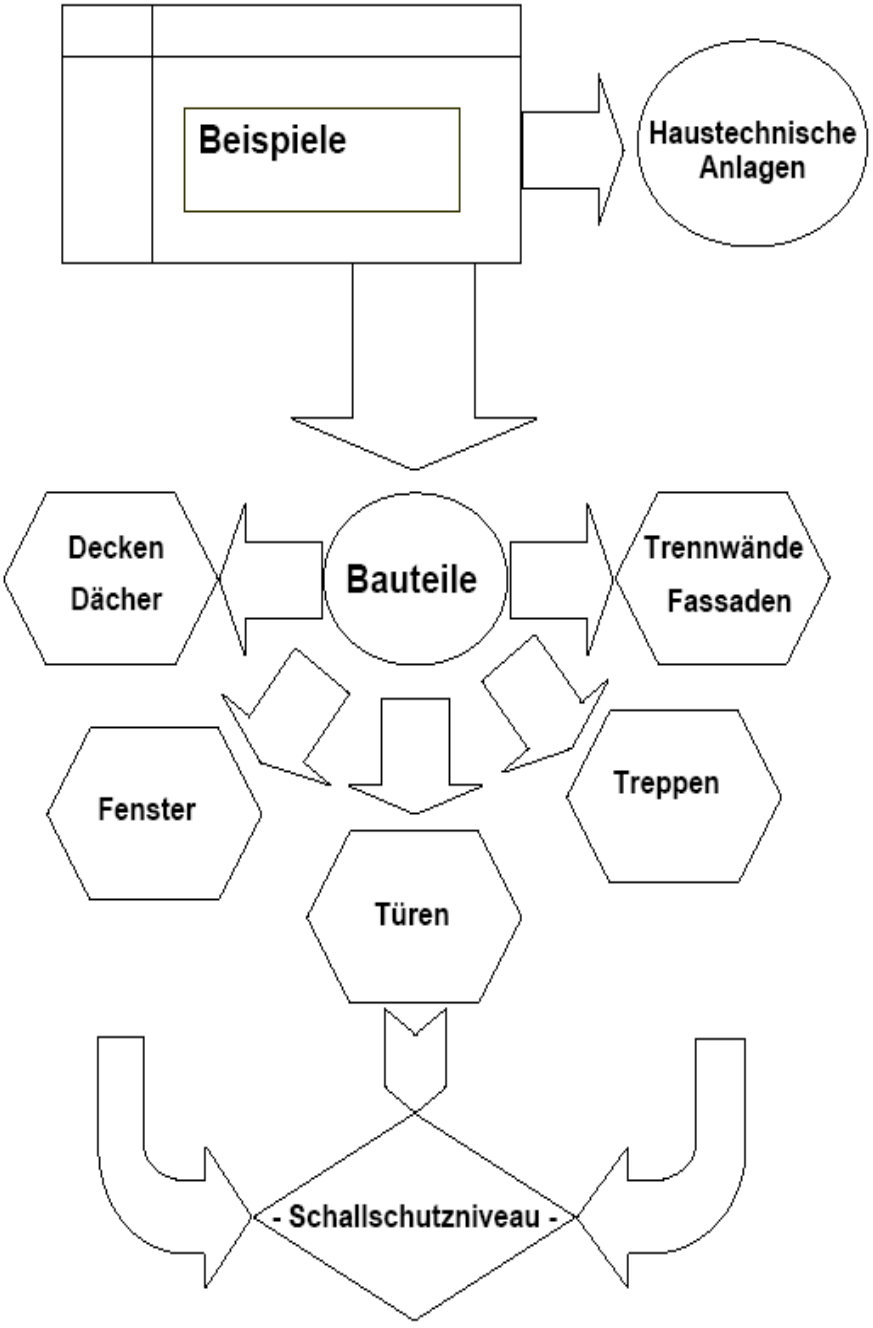


Abb. 7: Blockdiagramm mit Darstellung der Beispiele, Felder des Schallschutzes im Bestand

Warum Schallschutz ?

Die Übertragung von Schall aus fremden Wohn- und Arbeitsbereichen oder von Außenlärm ist aus mehreren Gründen unerwünscht:

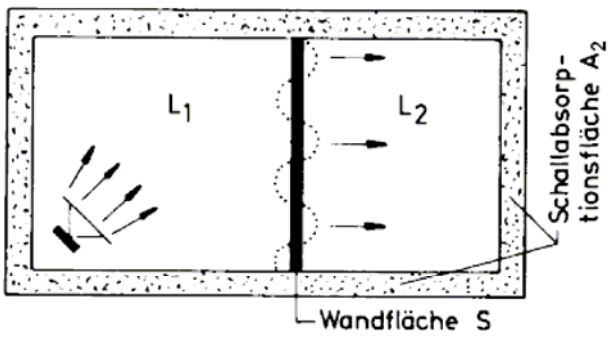
- Private Gespräche sollen privat bleiben und nicht außerhalb zu verstehen sein
- Schall kann die Konzentrationsfähigkeit bei der Arbeit mindern
- Fremdgeräusche werden beim Lesen, Fernsehen und bei der Unterhaltung als lästig
- oder störend empfunden
- Hohe Dauerschallpegel können gesundheitsschädlich sein

Wichtig:

In welchem Maße sich der Schall auf Personen (Schallempfänger) auswirkt, hängt im wesentlichen von drei Faktoren ab:

- Der subjektiven Wahrnehmung von Schall durch die betroffenen Personen.
- Der Schallübertragung durch Bauteile zwischen Sende- und Empfangsseite.
- Der Schallanregung auf der Sendeseite.

Schallanregung und Schallwahrnehmung können nicht durch bauliche Maßnahmen beeinflusst werden. Deswegen besteht baulicher Schallschutz ausschließlich daraus, den Schall auf dem Weg vom Schallsender zum Schallempfänger wirkungsvoll zu reduzieren. Für einen hohen Luftschallschutz sollten die Bauteile entweder sehr schwer, sehr dick oder mehrschalig aufgebaut sein. Im Grundsatz folgt der Luftschallschutz dem Gesetz der Masse. „Gehört“ wird aber der Schallpegel der über die Bauteile übertragen wird. Deshalb wird die Schallpegeldifferenz als Schalldämmung empfunden.



$$L_1 - L_2 = R - 10 \lg \frac{S}{A_2}$$

L_1 Schallpegel im Senderaum [dB]
L_2 Schallpegel im Empfangsraum [dB]
S Fläche der Trennwand [m²]
A_2 Absorptionsfläche des Empfangsraums [m²]
R Luftschalldämm-Maß [dB]

Abb. 8: Schematische Darstellung der Messung des Schallschutzes mit Bezeichnungen

6.1 Wände

6.1.1 Leichte Wandkonstruktionen (Ständerkonstruktionen)

Bei leichten Wandkonstruktionen (Ständerkonstruktionen) entscheidet signifikant der Fugenanschluss über den erzielbaren Schallschutz. Gleiche Wandkonstruktionen mit unterschiedlichen Fugenverschlüssen zeigen auch unterschiedliche Schalldämmungen, wie nachstehend exemplarisch dargestellt wird.

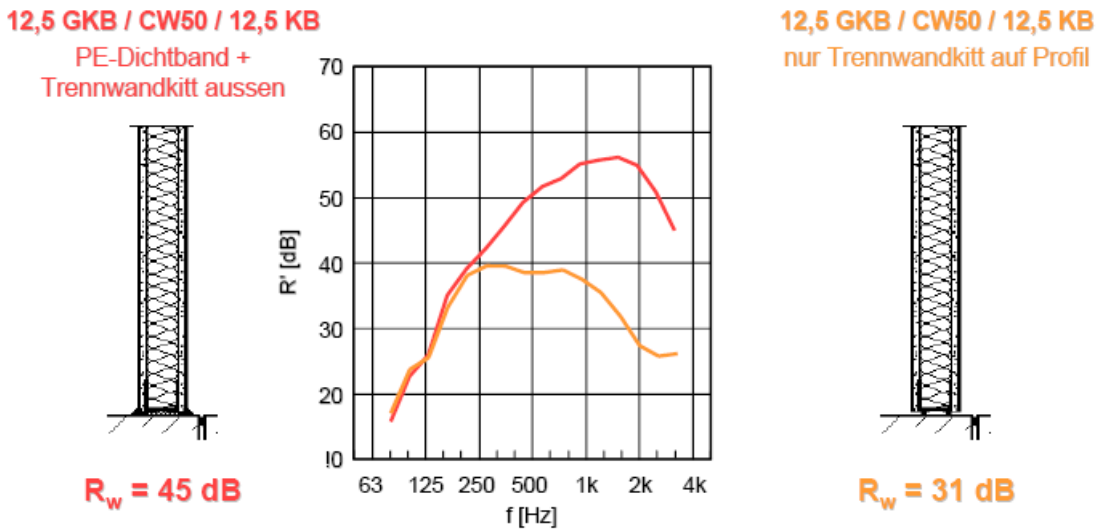


Abb. 9: Schalldämmung gleicher Wandkonstruktionen mit unterschiedlichem Fugenverschluß

6.1.2 Massive Wandkonstruktionen mit Wärmedämmung

Bei massiven Wänden mit Wärmedämmung muss zwischen Außen- und Innendämmung unterschieden werden. Bei Wänden mit außenliegender Wärmedämmung in Form eines Wärmedämm-Verbundsystems (WDVS) beeinflusst das Material der Wand und das Wärmedämmmaterial den erzielbaren Schallschutz. Wärmedämm-Verbundsysteme dienen im Grunde dazu, den Wärmeschutz von Außenwänden zu verbessern. Sie bestehen aus Dämmplatten (z. B. aus Polystyrol-Hartschaumplatten oder Mineralfaserdämm-Platten), die von außen an der Trägerwand befestigt und anschließend verputzt werden. Hierdurch ent-

steht ein schwingungsfähiges Masse-Feder-System, das die akustischen Eigenschaften der Trägerwand entscheidend verändern kann. Abhängig von der Lage der Resonanzfrequenz kann sowohl eine Verbesserung als auch eine Verschlechterung der Schalldämmung eintreten. Die Änderung des bewerteten Schalldämm-Maßes in Durchgangsrichtung kann etwa -10 dB bis +20 dB betragen. Gleiche Wandkonstruktionen mit unterschiedlicher Wärmedämmung zeigen deshalb auch unterschiedliche Schalldämmungen, wie nachstehend exemplarisch dargestellt wird.

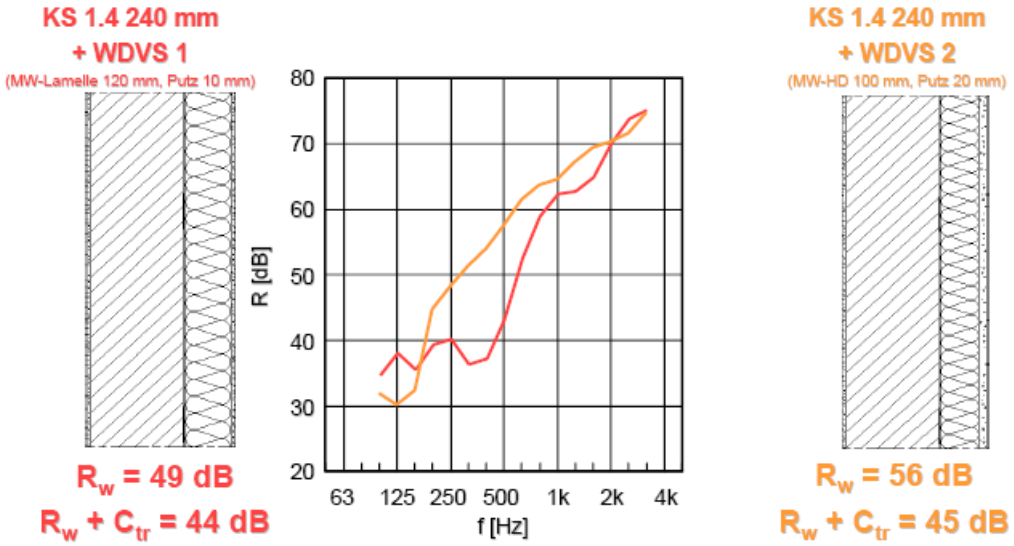


Abb. 10: Schalldämmung gleicher Wandkonstruktionen mit unterschiedlicher Wärmedämmung

Bei Innendämmungen ist die Ausbildung der Innenbekleidung maßgeblich. Hier unterscheidet man zwischen direkter Montage in Form von „geklebten“ und von vorgesetzter Montage in Form von Ständerkonstruktkonen. Auch hier sind besondere Eigenheiten zu beachten, da sonst der Schallschutz erheblich verschlechtert werden kann.

6.1.4 Historische Fachwerkwände

Nach der Erhebung zum 3. Bauschadensbericht der Bundesregierung existieren in Deutschland mehr als 2 Millionen historischer Fachwerkgebäude und der überwiegende Teil wird als Wohnhäuser genutzt. Die mehrheitliche Anzahl der Gebäude wurde vor 1870 errichtet und 80 % der Fachwerkgebäude in den neuen Bundesländern bestehen im Originalzustand.

Im Allgemeinen können aufgrund der kontinuierlich gestiegenen Anforderungen und Ansprüche an den Schall- und Wärmeschutz historische Fachwerkgebäude bzw. Wohngebäude, ohne eine weitergehende Ertüchtigung, die Anforderungen nach den derzeitig geltenden Richtlinien und Verordnungen nicht erfüllen. Die Schalldämmung von historischen Fachwerkwänden ist vergleichsweise zur Massivbauweise wenig bekannt und soll deshalb an dieser Stelle etwas detaillierter behandelt werden. Die nachgenannten Darstellungen erheben jedoch nicht den Anspruch auf Vollständigkeit und dienen ausschließlich zur Verdeutlichung der Problematik von Fachwerkkonstruktionen die im Wesentlichen eine Mischbauweise darstellen mit Bezug zum Schallschutz. Andere bauphysikalische Belange werden an dieser Stelle nicht behandelt.

Fachwerk besteht aus der tragenden Holzkonstruktion und den Ausfachungen.

Gefach ist ein Teil der Fachwerkwand und bezeichnet den Raum zwischen den Hölzern. Im verschlossenen Zustand wird es als Ausfachung bezeichnet.

Holzkonstruktion

Die Holzkonstruktion übernimmt die tragende Funktion und besteht aus waagerechten, senkrechten und diagonalen Holzbalken aus Eichen bzw. Nadelholz, die miteinander verblattet bzw. verzapft sind. Die Holzbalken können sehr dicht oder weniger dicht angeordnet sein. Man unterscheidet zwischen:

Waagerechte Balken: Schwellen, Riegel und Rähm

Senkrechte Balken: Ständer

Diagonale Balken: Streben bzw. Bänder

Ausfachung

Für die Ausfachung der Wände wurden im Wesentlichen Baustoffe verwendet wie: Lehmziegel, Stakung mit Holzgeflecht und Lehmbewurf, ungebrannter Lehmstein (Grünlinge), Ziegelwerk, Backsteinmauerwerk, Bruchsteinmauerwerk.

Die Abbildung 11 zeigt eine Prinzipskizze eines Fachwerks ohne gefülltem Gefachbereich.

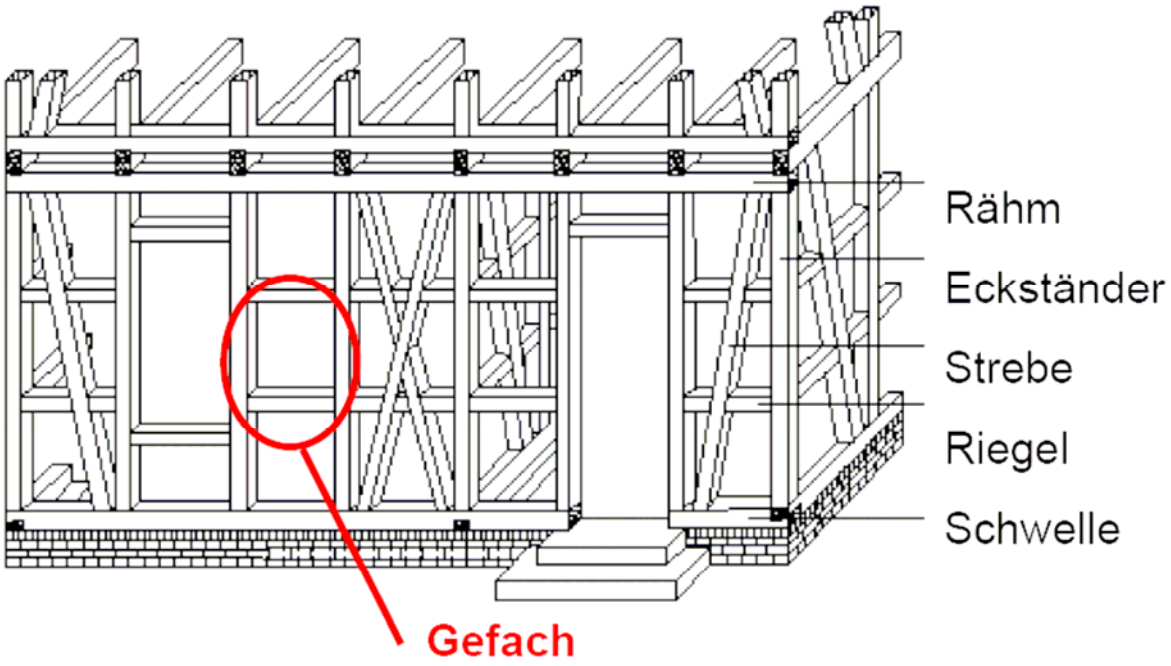


Abb. 11: Prinzipskizze mit Darstellung eines historischen Fachwerks mit Bezeichnungen

Ausfachungen

Die Füllung des Gefachs kann typischerweise wie nachfolgend dargestellt in drei Typen charakterisiert werden.

Typ I: Lehmziegeln

Typ II: Lehmausfachung mit Stakung

Typ III: Ziegelausfachung

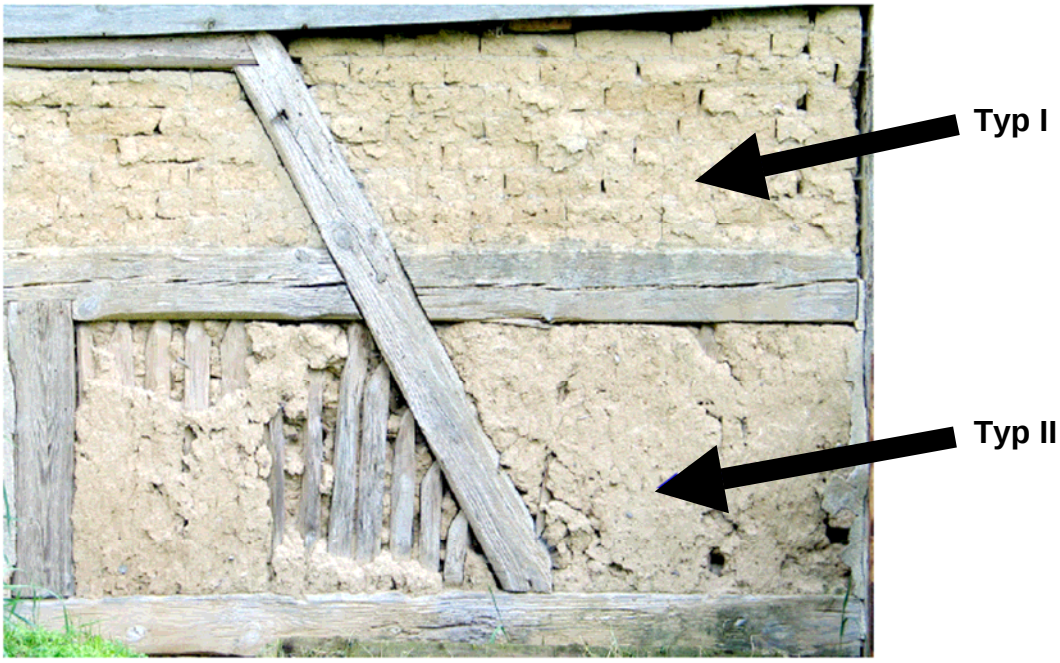


Abb. 12: Darstellung eines historischen Fachwerks mit Ausfachungen des Typs I +II

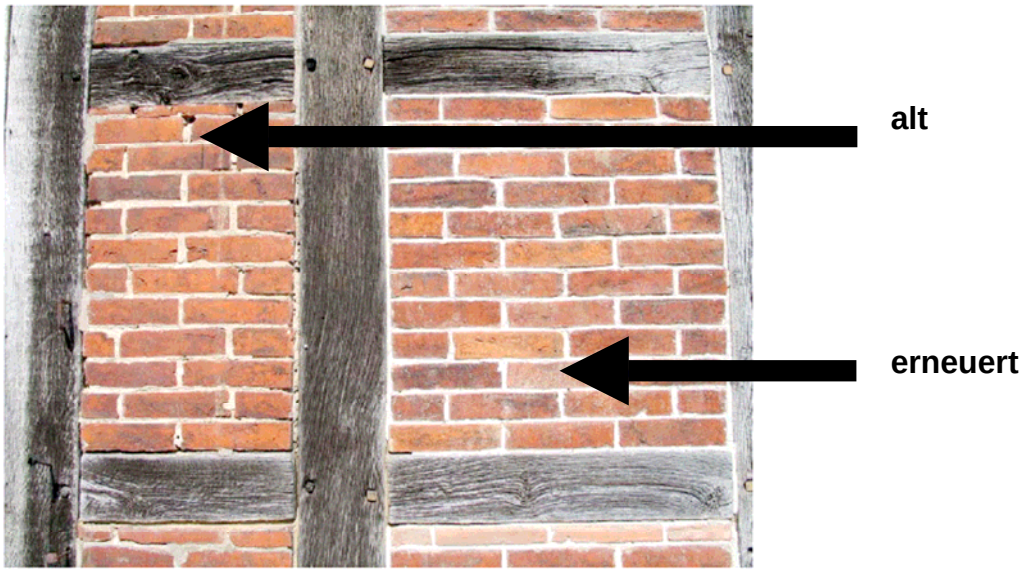


Abb. 13: Darstellung eines historischen Fachwerks mit Ziegelausfachung des Typs III

Die Schalldämmung von historischen Fachwerkwänden ist im Wesentlichen abhängig von:

- der flächenbezogenen Masse der Materialien

- der Biegesteifigkeit der Materialien

- der Frequenz des anregenden Schalls
- der Schall-Längsleitung über flankierende Bauteile
- der Undichtheiten, wie z.B. Risse im Gefach, Abrissfugen an der Anbindung Gefach-Fachwerkholz, etc.

Eine schematische Darstellung der Schallübertragungswege ist nachstehend in Abbildung 14 wiedergegeben.

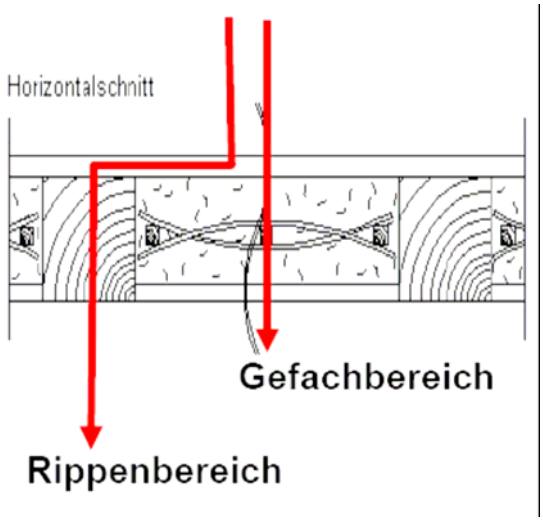
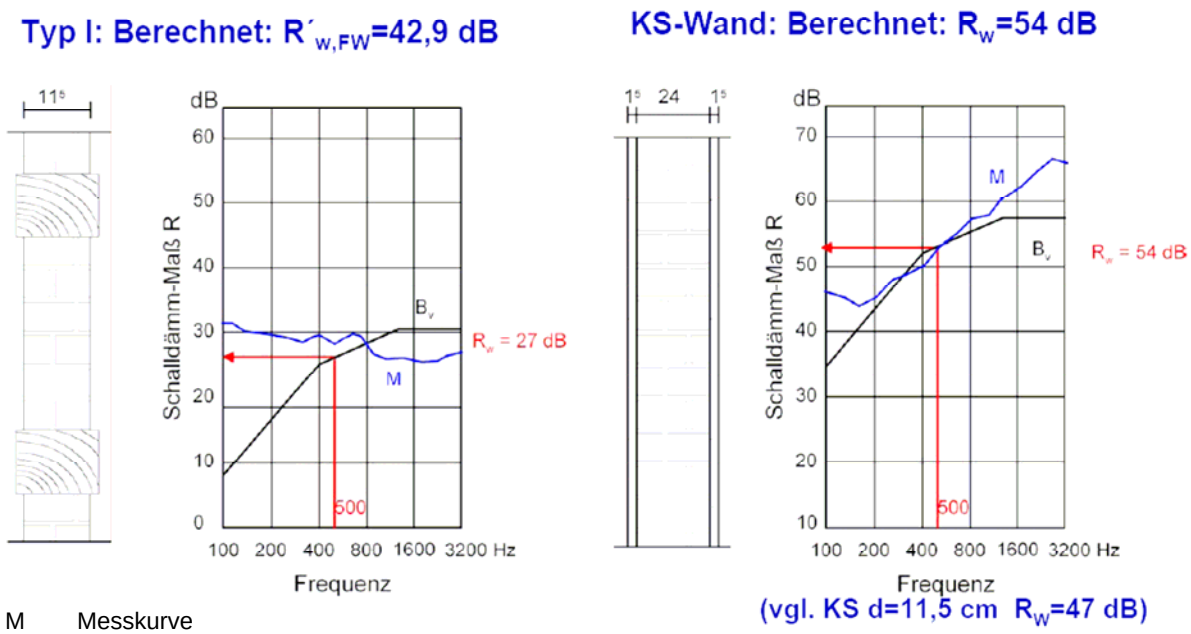


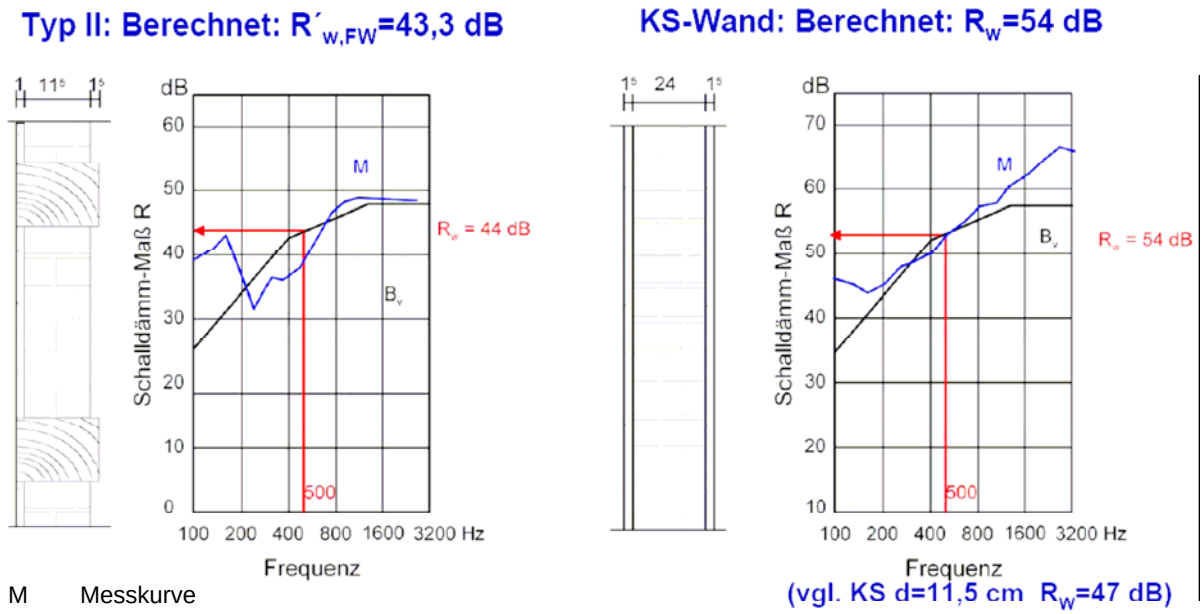
Abb. 14: Schematische Darstellung der Schallübertragungswege bei Fachwerkwänden



M Messkurve

B_V Verschobene Bezugskurve

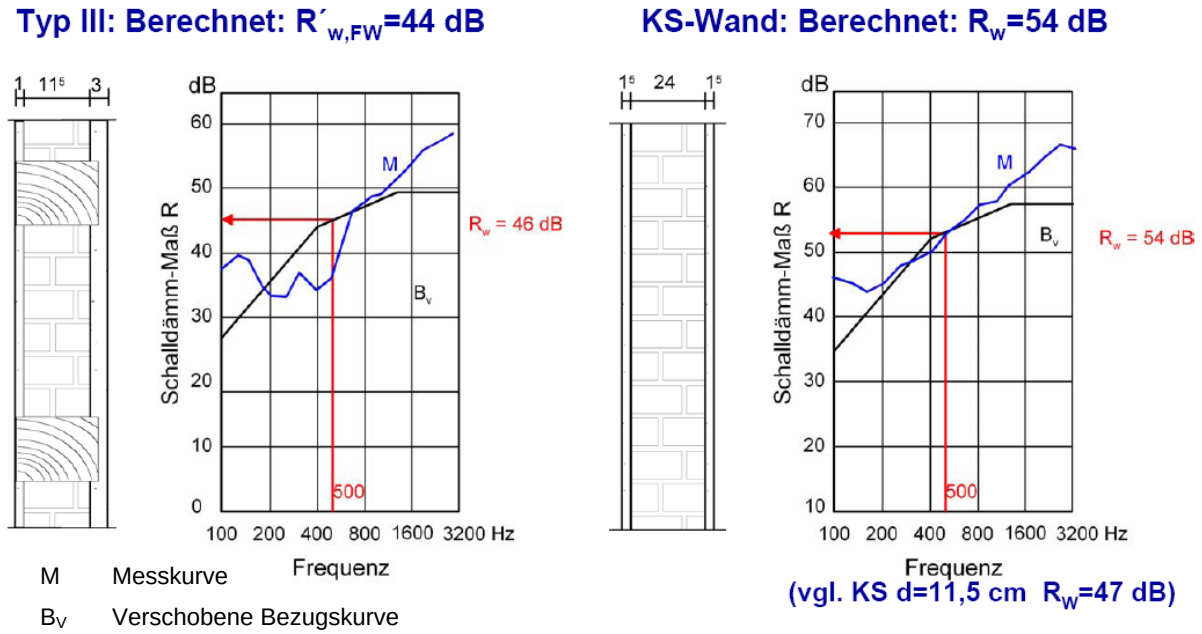
Abb. 15: Vergleich gemessener und berechneter Luftschalldämm-Maße, Fachwerk Typ I



M Messkurve

B_V Verschobene Bezugskurve

Abb. 16: Vergleich gemessener und berechneter Luftschalldämm-Maße, Fachwerk Typ II



M Messkurve

B_V Verschobene Bezugskurve

Abb. 17: Vergleich gemessener und berechneter Luftschalldämm-Maße, Fachwerk Typ III

Historische Fachwerkgebäude besitzen nur einen geringen Schallschutz. Im Rahmen von wärmeschutztechnischen Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen lässt sich auch eine Verbesserung des Schallschutzes erzielen. Die Spannweite der möglichen Veränderungen des bewerteten Schalldämm-Maßes R'_w ist erheblich.

Der Berechnungsvorschlag nach WTA Fachwerkinstandsetzung kann vielfach nicht den tatsächlichen Schallschutz ausreichend genau prognostizieren. Es sollten deshalb messtechnische Bestimmungen des Schallschutzes im Bestand erfolgen und zwar bevor Überlegungen zu bestimmten Maßnahmen getroffen werden.

6.2 Dächer

Dachräume werden in zunehmendem Maße, besonders in Ballungsgebieten, zu Wohnzwecken ausgebaut. Gerade dort ist wegen der hohen Verkehrsbelastung mit einem hohen Außenlärmpegel zu rechnen. Damit gewinnt der Schallschutz auch für das Bauteil Dach an Bedeutung, so dass geeignete Konstruktionen zur Einhaltung der Anforderungen an den Schallschutz erforderlich werden. Bei geneigten Dächern können je nach Ausführung der Dachkonstruktion bewertete Schalldämm-Maße zwischen 35 dB und 50 dB erreicht werden. Werden, z.B. bei Beanspruchung durch Fluglärm höhere Werte gefordert, empfehlen sich massive Dachkonstruktionen, mit Schalldämm-Maßen von 60 dB und mehr.

Geneigte Dächer sind üblicherweise mehrschalige Bauteile und bestehen aus mindestens zwei durch eine Luft- oder Dämmschicht getrennten Schalen. Die Schalldämmung des Bauteils ist umso besser, je höher die Fugendichtheit der Konstruktion, je größer das Flächengewicht, je kleiner die Biegesteifigkeit der Schalen und je besser das Schallabsorptionsvermögen der Wärmedämmschicht ist. Die Dicke der Wärmedämmschicht, bzw. der Schalenabstand, spielt dabei auch eine wichtige Rolle.

Maßnahmen für das geneigte Dach hinsichtlich der Verbesserung des Schallschutzes:

- Für die Beplankung von Sparren gilt, dass eine mehrlagige Anordnung eines Plattenwerkstoffes wie Gips-Platten, Spanplatten etc. ein besseres Schalldämm-Maß erzielt, als es mit dem Anbringen einer einlagigen dickeren Einfachschale möglich ist.

- Bei Aufdach-Konstruktionen lassen sich durch das Auflegen von Plattenwerkstoffen - z.B. zwei 12 mm starken Faserzementtafeln - auf die sichtbare Bekleidung Verbesserungen des Luftschallschutzes von bis zu 10 dB erzielen.

- Bei der Zwischen-Sparren-Dämmung wirken die Sparren als Schallbrücke. Die raumseitige Bekleidung sollte daher möglichst auf Querlatten angebracht werden.
- Im Gegensatz zu festen Unterdächern aus Plattenwerkstoffen (z.B. Holzfaserplatten) tragen Unterspannbahnen nicht zu einer Erhöhung der Schalldämmung bei. Diese festen Unterdächer besitzen eine geringere Fugendurchlässigkeit und erhöhen die Flächenmasse der äußeren Schale.
- Als Dämmstoffe sind Faserdämmstoffe, die einen hohen Absorptionsgrad besitzen, gegenüber Hartschaum- und Korkplatten zu bevorzugen.

Geneigte Dächer mit Aufsparrendämmung, Zwischensparrendämmung, mit und ohne Unter- und Überdämmung, weisen im Gegensatz zur Massivkonstruktion immer einen typischen Frequenzverlauf des bewerteten Schalldämm-Maßes auf. Charakteristisch für leichte Dächer ist der steile Anstieg der Schalldämmung hin zu höheren Frequenzen. Nachstehend ist beispielhaft ein typischer Schalldämmverlauf einer Leichtdachkonstruktion grafisch dargestellt.

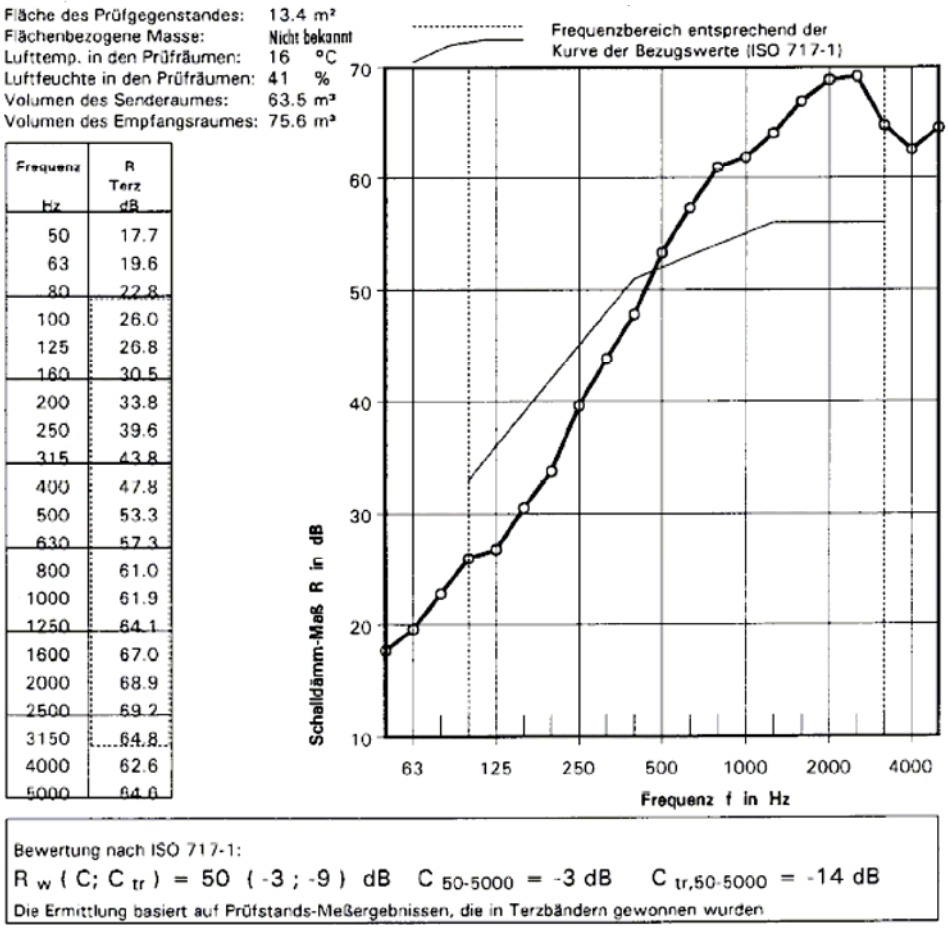
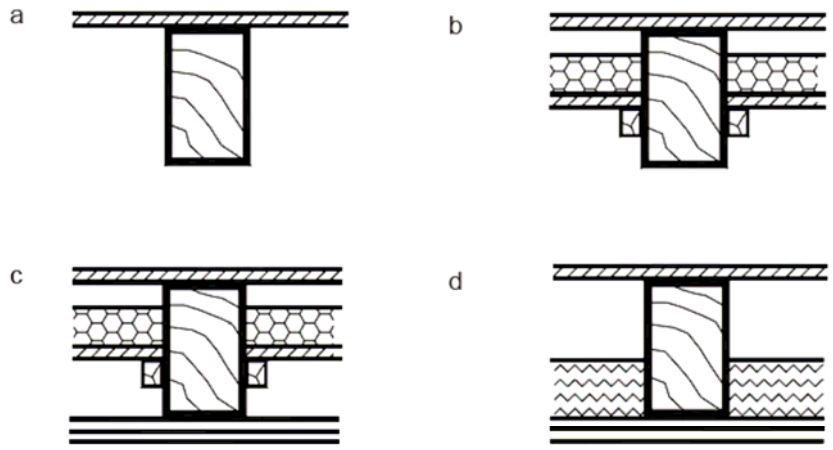


Abb. 18: Typischer Schalldämmverlauf einer Leichtdachkonstruktion

Aus dem Diagramm in Abb. 18 ist ersichtlich, dass das messtechnisch ermittelte bewertete Schalldämm-Maß 50 dB beträgt. Zusätzlich werden im vg. Diagramm die Spektrumsanpassungswerte (C, C_{tr}) angegeben, die besagen, dass, wenn das Anregesignal ein Verkehrsgeräusch (d.h. C_{tr}) ist, das bewertete Schalldämm-Maß 41 dB beträgt. Wird darüber hinaus der Frequenzbereich um eine Oktave zu tieferen Frequenzen und zwei Terzen zu höheren Frequenzen erweitert, dann beträgt das bewertete Schalldämm-Maß 36 dB. Für die Planung des Schallschutzes ist es deshalb sehr wichtig, dass man sich im Klaren ist, welcher Schallschutz erzielt werden soll.

6.3 Decken

Im Bestand findet man häufig leichte Decken, d.h. Holzbalkendecken. Für diese Decken ergeben sich aufgrund der geringen Masse häufig zu geringe Schalldämmwerte. Grundsätzlich kann für Holzbalkendecken aufgrund der gegenseitigen Beeinflussung der einzelnen Elemente der Konstruktion das zu erwartende Schalldämmniveau bzw. die bauakustische Eigenschaft, nur sehr schwer abgeschätzt werden. Für Holzbalkendecken ist es deshalb wichtig eine im Bestand durch Schallmessung festgestellte Qualität des Schallschutzes zu ermitteln. Im Prinzip lassen sich Holzbalkendecken in vier Typen bzw. Gruppen einteilen:



a) mit sichtbaren Balken
b) mit teilweise sichtbaren Balken und mit Blindboden
c) mit Blindboden und unterseitiger Bekleidung
d) mit unterseitiger Bekleidung und Hohlraumbedämpfung

Abb. 19: Typisierte Holzbalkendecken

Wichtig:
Ein guter Trittschallschutz bewirkt bei Holzbalkendecken auch einen guten Luftschallschutz

Zur Verbesserung der schalltechnischen Eigenschaften von Holzbalkendecken eignen sich beispielhaft nachstehend prinzipiell dargestellte Verbesserungsmaßnahmen:

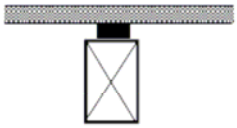
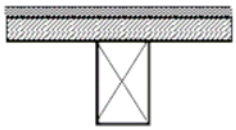
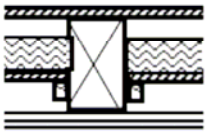
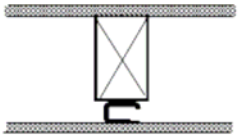
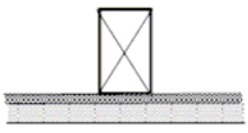
Maßnahmen zur Verbesserung des baulichen Schallschutzes bei Holzbalkendecken	Prinzipaufbau
Entkopplung der oberen Deckenschale (Dielung) von den Balken, z. B. durch Zwischenlagen aus Dämmstoffstreifen geringer dynamischer Steifigkeit	
Verwendung einer schweren oberen Deckenschale mit geringer Biegesteifigkeit (z. B. Estrichplatten)	
Bedämpfung und gegebenenfalls auch Beschwerung des Deckenhohlraumes (Einschub)	
Entkopplung der unteren Deckenschale von den Balken (z. B. durch Federschienen)	
Einsatz einer möglichst schweren unteren Deckenschale (z. B. durch Doppelbeplankung, zusätzlichen Putz)	

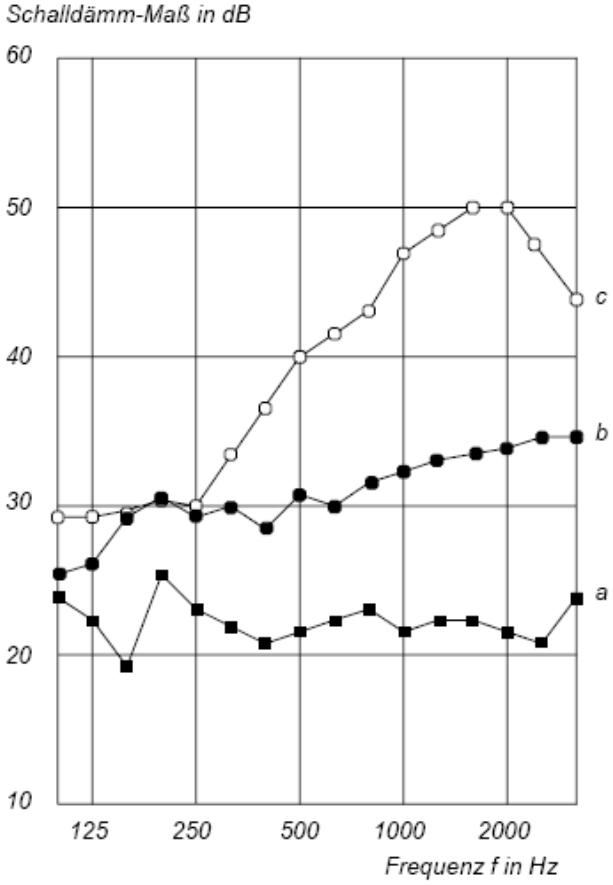
Abb. 20: Prinzipielle Verbesserungsmaßnahmen zur Erhöhung des Schallschutzes

Der zur Verbesserung der Trittschalldämmung häufig im Massivbau erfolgreich eingesetzte schwimmende Estrich oder der gehweiche Bodenbelag, ergeben in Kombination mit Holzbalkendecken, ein deutlich geringeres Trittschallverbesserungsmaß.

6.4 Türen

Das Schalldämm-Maß von Türen hängt wesentlich von der Ausbildung der Dichtungen ab. Schalldämmtüren benötigen eine dichte Fuge, und zwar vierseitig umlaufend.

Die Auswirkung schlechter Dichtungen ist nachstehend in Abb. 20 grafisch dargestellt.



a) Tür mit ungeeigneter Zargen- und Bodendichtung gemessen am Bau R'_w = 22 dB
b) die gleiche Tür mit geeigneter Zargen- und Bodendichtung R'_w = 32 dB
c) Türblatt gemessen im Labor R'_w = 42 dB

Abb. 21: Schalldämm-Maße einer Tür mit hochschalldämmendem Türblatt

Wichtig:

Optisch dichte Fugen genügen nicht. Im Detail sind bei Türdichtungen zu beachten:

- elastische Einfederung und eine gute Andruckwirkung über die gesamte Fugenlänge
- möglichst breite Dichtungsauflagen
- zwei Dichtungsebenen sind für höhere Schalldämm-Maße ab R_w = 35 dB erforderlich

6.5 Fenster

Bei der Altbauerneuerung ist zuweilen aus Gründen des Denkmalschutzes und vor allem wegen der Wirtschaftlichkeit zu prüfen, ob nicht bereits durch Erneuerung von Teilen der vorhandenen Fenster die notwendige Schalldämmung erreicht werden kann. Auch alte Fenster lassen sich zu Schallschutzfenstern umbauen. Der Erfolg ist dabei natürlich immer vom Zustand der Fenster abhängig. Fast jedes Fenster erlaubt geringfügige Verbesserungen. Will man aber großen Lärm auf Dauer erfolgreich aussperren, so müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. Ganz entscheidend für die Lebensdauer der gesamten Konstruktion ist die Lebensdauer der alten Holzfenster. Folgende Punkte sollten daher geprüft werden:

- Ist das Holz rissig?
- Sind die Eckverbindungen locker?
- Sind die Beschläge fest mit dem Rahmen verbunden?
- Ist das Rahmenholz feucht, gibt es Pilzbefall?
- Ist das Flügelholz stark genug für zusätzliche Scheibenlasten?

Welche Maßnahmen im Einzelnen notwendig sind, hängt vom Zustand des alten Fensters sowie von der gewünschten Funktionsverbesserung ab. Die Entscheidung über den Sinn einer Verbesserungsmaßnahme kann also nur von Fall zu Fall getroffen werden. Wirtschaftlich sinnvoll ist eine solche Verbesserung nur dann, wenn die Reparaturkosten plus Schallschutzmaßnahmen deutlich unter dem Preis eines neuen Schallschutzfensters inklusive Einbau liegen. Einfache technische Maßnahmen zur Verbesserung der Schalldämmung bestehen im Abdichten des Fensters gegen das Mauerwerk, im Abdichten der Fensterflügel im Falzbereich und im Ersetzen von dünnen Einfachverglasungen durch dickere Verglasungen oder durch Isolierverglasung, sofern der vorhandene Rahmen dies zulässt.

Haben die Fensterfalze keine Dichtungen, kann Dichtungsmaterial z.B. auf Silikonkautschuk-Basis zwischen Blendrahmen und Flügelrahmen eingebracht werden. Verbesserungen bis zu etwa 10 dB sind möglich.

Ist der Anschluss des Blendrahmens an das Mauerwerk nicht einwandfrei ausgeführt, so kann die Abdichtung zwischen Blendrahmen und Umfassungsbauteilen zu einer deutlichen Erhöhung der Schalldämmung führen.

Die im Handel angebotenen **Vorsatzscheiben** zum Aufschrauben auf einen vorhandenen Fensterflügel bringen meist keine große Verbesserung der Schalldämmung, weil durch die zusätzliche Scheibe der bei einem Altbaufenster dominierende Schallübertragungsweg über die Fugenundichtheit nicht beeinflusst wird. Eine solche Lösung ist schalltechnisch nahezu wertlos, wenn nicht zusätzliche Dichtungen am Fensterrahmen angebracht werden.

Eine weitere Möglichkeit für den nachträglichen Schallschutz ist das **Vorsatzfenster**. Bei ausreichender Wanddicke lassen sich im Abstand von mehr als 10 cm Vorsatzfenster außerhalb oder innerhalb des vorhandenen Fensters einbauen. Das Innenfenster hat den Vorteil, dass die Struktur der Fassade erhalten bleibt. Das Außenfenster bietet einen besseren Wetterschutz.

Ein Einfachfenster von beispielsweise R_w = 25 dB kann durch ein Vorsatzfenster mit einer Isolierglasscheibe von 20 mm Dicke im Abstand von etwa 15 cm um 20 dB auf R_w = 45 dB verbessert werden. Diese Konstruktion kommt einem Kastenfenster gleich. Gegenüber dem Entfernen des bisherigen Fensters und dem Einbau eines neuen Schallschutzfensters ist diese Lösung billiger und kann zu einem besonders guten Schallschutz führen.

7 Zusammenfassung

Für das Bauen im Bestand besteht kein Zweifel, dass dieser Bereich einen Zukunftsmarkt darstellt. Jährlich werden über 80 Milliarden Euro für die Renovierung von Altbauten ausgegeben, mit steigender Tendenz. Auch in der Politik ist dies zu spüren. Die Bundesregierung hat mit dem Forschungsprogramm: „Bauen und Wohnen im 21. Jahrhundert“ die Empfehlungen der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ vom Juni 1998 aufgegriffen und den programmatischen Rahmen für entsprechende Forschungsaktivitäten fixiert. Nachhaltiges Bauen im Bestand gewinnt deshalb zunehmend an Bedeutung. Häufig wird für die Nachhaltigkeit der energetische Aspekt verstanden, d.h. Sanierung der Gebäudehülle und der Anlagentechnik. Nicht gering schätzen sollte man aber den baulichen Schallschutz. Im Gebäudebestand stellt dieser gegenüber Neubauprojekten differenziertere Anforderungen. Vielfach besteht die Schwierigkeit, die bestehende Bausubstanz ganz oder teilweise mit in die Baumaßnahme einzubeziehen. Speziell bei den häufig nicht bekannten akustischen Eigenschaften der Bauteile im Bestand zeigt sich dieser Sachverhalt. Die Sanierung von Altbauten gehört unwidersprochen zu einer wichtigen Aufgabenstellung für Architekten. Während konstruktive Vorschläge zur Verbesserung des Wärmeschutzes planerisch als auch in der Bauwirtschaft sehr gut eingeführt sind, werden die Aspekte des Schallschutzes meist kaum beachtet. Der Schallschutz ist aber, wie Eingangs erwähnt, kein Selbstzweck, sondern ist ausschließlich im Kontext des Zusammenlebens mit Menschen zu sehen. Es ist deshalb eine Prämisse den Schallschutz beim Gestalten von Wohnraum den Menschen und seine Erwartungen und Bedürfnisse zu berücksichtigen. Bei frühzeitiger Beachtung des Schallschutzes kann unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ein hohes Maß an Verbesserung erreicht werden. In diesem Zusammenhang ist nachhaltiges Bauen im Bestand, neben dem Grundsatz an Planungen beteiligte Fachdisziplinen sehr früh gebündelt auf die Nachhaltigkeitsziele auszurichten und im Rahmen der Qualitätssicherung von der ersten Raumbedarfsüberlegung bis zum Rückbau zu verfolgen, zum Wohle der Menschen ausgerichtet.

8 Literatur

Bauphysik-Kalender: Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und techn. Wissenschaften GmbH, Berlin, 2001 bis 2006

DIN 4109: 1989-11: Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise. Beuth Verlag GmbH, Berlin

Fasold, W., Sonntag, E., Winkler, H.: Bauphysikalische Entwurfslehre: Bau- und Raumakustik; VEB Verlag für Bauwesen Berlin, 1987.

Gösele, K., Schüle, W.: Schall Wärme Feuchte. Bauverlag GmbH, Wiesbaden 1985

Holtz, F., Hessinger, J., Buschbacher, H.-P., Rabold, A.: INFORMATIONSDIENST HOLZ - holzbau handbuch Reihe 3, Teil 3, Folge 3 - Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken. Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V., München 1999.

ifz info 3/03: Informationszentrum Fenster Türen Fassaden e.V. , Rosenheim 2003

Institut für Fenstertechnik e. V.: Konstruktionsmerkmale für schalldämmende Wohnungseingangstüren und Bürotüren aus Holz und Holzwerkstoffen. Forschungsauftrag AIF/DGfH. 1996

Kloos, T., Kutzer, D.: Schalldämmende Türen mit $R'_w \geq 27$ dB und $R'_w \geq 32$ dB. Forschungsbericht MPA Dortmund im Auftrag BMBau (Az.: BI5 - 80 01 80 - 29)

Neubauer, R. O.: Der Fenstereinbau - Anforderungen und Montage aus der Sicht der Sachverständigen. *Der Sachverständige*, Wißner Verlag, Augsburg, Oktober 2002, S. 270 - 276

Pohlenz, R.: Schall- und Wärmeschutz bei künftiger Instandsetzung von Gebäuden – Teil I. ARCONIS 4/02

Sanierungsgrundlagen Plattenbau, Teil Schallschutz, IRB-Verlag 1995.

VDI-Richtlinie 4100:1994-11: Schallschutz von Wohnungen. Beuth Verlag GmbH, Berlin