

Welcher Schallschutz wird erwartet?

Dr. Reinhard O. Neubauer

8. Dingolfinger Baufachtag 2004

**Freitag, 12. November 2004
Stadthalle Dingolfing**

IBN Ingolstadt
Theresienstr. 28
85049 Ingolstadt

Tel.: (0 841) 34173
Fax: (0 841) 35238
Email info@ib-neubauer.com
Web www.ib-neubauer.com

1 Einleitung

Gebäude müssen einen ihrer Nutzung entsprechenden Schallschutz haben (§18,2 MBO). Diese Forderung der Landesbauordnungen werden durch die als Technische Baubestimmung eingeführte Norm DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" konkretisiert. Sie stellt die baurechtlich eingeführte Anforderungs- und Bewertungsgrundlage für alle an der Bauplanung und -ausführung Beteiligten dar. Bei Beachtung der in DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" aufgeführten Grundsätze und Ausführungsanweisungen ist davon auszugehen, dass der nach dem Bauordnungsrecht geschuldete Mindestschallschutz eingehalten wird. Die Anforderungen der DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" sollen sicherstellen, dass Menschen, die sich in Wohn- und Arbeitsräumen innerhalb von Gebäuden aufhalten, vor "unzumutbaren Belästigungen" durch Schallübertragung geschützt werden. Bei Einhaltung der Anforderungen der DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" sind Belästigungen durch Geräusche aus benachbarten Wohnungen, von haustechnischen Einrichtungen und Installationen nicht auszuschließen. Einen wirksamen Schallschutz kann mit Hilfe der VDI-Richtlinie 4100 "Schallschutz von Wohnungen" geplant werden. Die Wirksamkeit stellt jedoch im Einzelfall eine singuläre Lösung dar, die nicht als allgemein gültig angesehen werden kann. Insbesondere sind die Anforderungen in den vg. Regelwerken nicht wissenschaftlich belegt und schon gar nicht begründet. Inwieweit ein heute üblicher Schallschutz überhaupt mit den Schutzziele der öffentlich-rechtlichen Anforderung nach DIN 4109 erzielt werden kann bleibt offen.

In Wohngebäuden, in denen die Wahrung einer hinlänglichen Vertraulichkeit im Allgemeinen gefordert wird, spielt die Planung und vertragliche Festlegung, sowie der Vergleich zwischen baulichem Aufwand und schalltechnischem Nutzen eine entscheidende Rolle.

Bei pauschaler Festlegung der akustischen Maßnahmen können hierbei die Baukosten erheblich ansteigen. Kostenorientierte Planung wägt den erzielbaren Schallschutz, bei Kennt-

nis des im Allgemeinen erwarteten Schallschutzes, mit einem sinnvollen Aufwand an schalldämmenden Konstruktionen gegeneinander ab.

Es besteht im Allgemeinen ein deutlicher Unterschied des Schallschutzniveaus zwischen geschuldet und erwartet. Nachstehende Tabelle verdeutlicht die unterschiedlichen Bereiche zwischen Nutzer, Rechtsprechung, Baupraxis und Wirtschaftlichkeit.

Schallschutzanforderung			
was wird erwartet ?	was wird geschuldet ?	was wird erreicht ?	welche Kosten sind erforderlich ?
Nutzer	Rechtsprechung	Baupraxis	Wirtschaftlichkeit
↓	↓	↓	↓
Festlegung des Schallschutzniveaus			

Die Problematik zwischen erwartetem und geschuldetem Schallschutz zeigt sich in der Praxis immer dann, wenn durch Schallübertragungen Störungen des Wohlbefindens auftreten. Schallübertragungen werden aber häufig immer dann als störend empfunden, wenn eine subjektive Komponente für die Beurteilung des „gehörten“ Schalls als negativ bewertet wird. Der Konflikt besteht demnach in dem tatsächlichen, also objektiven festgestellten Schallschutz, z.B. durch Messung, und dem vermeintlichen, also subjektiv empfundenen Schallschutz, z.B. durch Inohrhörnahme.

Zur Beurteilung des Schallschutzes bedarf es deshalb beider Größen welche im Zusammenhang einer gesamtheitlichen Beurteilung gegenübergestellt und bewertet werden können.

2 Der Schallschutz in Wohnungen

In Wohnungen wird üblicherweise ein Schallschutz erwartet, der zumindest die Nachtruhe sicherstellt. Wird besondere Wert auf einen ausreichenden Schallschutz gelegt, werden Wohnungen mit erhöhtem Schallschutz angepriesen. Mit erhöhtem Schallschutz wird auch ein erhöhter Wohnkomfort suggeriert. Was aber ist ein „erhöhter Schallschutz“ und wo ist er nötig und wie wird er erreicht? Diese Fragen sind im Grundsatz nicht geklärt.

Zwar spricht die Norm DIN 4109 bei einer Wohnungstrenndecke bereits von einem „erhöhten Schallschutz“ wenn das bew. Schalldämm-Maß von gefordert 54 dB auf 55 dB erhöht wird. Aber, eine Erhöhung des bew. Schalldämm-Maßes um 1 dB ist kein „erhöhter Schallschutz“. Was versteht man unter einem bewerteten Schalldämm-Maß und was bedeutet der Einzahlwert 54 dB? Zum Beispiel gilt für Wohnungstrenndecken nach DIN 4109 ein bewertetes Schalldämm-Maß von 54 dB als geschuldetes Mindestmaß.

Bei üblichen Deckenkonstruktionen, d.h. Stahlbeton-Decken mit einer Dicke von 18 – 20 cm und schwimmendem Estrich, berechnet sich nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 unter der Voraussetzung, dass die mittlere flächenbezogene Masse der flankierenden Bauteile etwa 300 kg/m² beträgt, ein bewertetes Schalldämm-Maß von 57 dB - 58 dB.

Dieses Schalldämm-Maß kann zwar in bestimmten Grenzen einen Schutz der Vertraulichkeit sicherstellen, aber nicht einen Schutz vor Schallübertragungen generell.

Es muss deshalb die Frage gestellt werden, inwieweit ein bestimmter, vom Bauherrn gewünschter Schallschutz unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sichergestellt werden kann.

Und weiter, inwieweit die in DIN 4109 angegebenen Schalldämm-Maße überhaupt geeignet sind, um vor störenden Schallübertragungen zu schützen.

2.1 Das normative Beurteilungs-Maß des Luftschallschutzes

Der Luftschallschutz wird üblicherweise dadurch gekennzeichnet, dass zwischen zwei Räumen eine gewisse Schalldämmung vorhanden ist. Als Maß für den Schallschutz gilt danach die zwischen diesen Räumen (Sende- und Empfangsraum) vorhandene Schallpegeldifferenz. Je größer diese Schallpegeldifferenz ist, desto besser ist die Schalldämmung und desto größer der Schallschutzkomfort in dem Empfangsraum. Das Schalldämm-Maß bzw. die Schallpegeldifferenz wird in Pegelmaßen in Dezibel angegeben.

Pegelmaße (dB) sind neben der Technik auch in der Diagnostik des Gehörs (Audiometrie) und in der Arbeitsmedizin (Lärmschutz usw.) von Bedeutung. Das in Deutschland maßgebliche Anforderungsniveau des Schallschutzes wird ganz allgemein in der DIN 4109 in bestimmten dB-Maßen behandelt und festgelegt.

Es wird allerdings unterschieden zwischen dem Schalldämm-Maß R in dB, dem Norm-Trittschallpegel L_n in dB und einem Schalldruckpegel in dB (wenn der Schalldruckpegel wie üblich mit der A-Bewertung gemessen wurde, erfolgt die Angabe in dB(A)).

Der Laie kann mit dem Pegel-Maß im Allgemeinen keine subjektive Bewertung vornehmen.

Für den Schalldruckpegel kann dies aus der Tatsache begründet werden, dass ein annähernd logarithmischer Zusammenhang zwischen Schalldruck (bzw. Schallintensität) und Lautstärkeempfindung besteht. Damit ist es sinnvoll, ein logarithmisches Pegel-Maß [Bel, Dezibel] für den Schalldruck einzuführen.

Der Schalldruckpegel von 0 dB entspricht etwa der menschlichen Normalhörschwelle bei 1 kHz (ref. 20 μ Pa). Die Schmerzempfindung beginnt etwa bei 200 Pa und erreicht damit einen Wert von 140 dB. Der normativ festgelegte Bezugswert für Schalldruckpegel beträgt 20 μ Pa (= $2 \cdot 10^{-5}$ Pascal).

Bei Luftschalldämm-Maßen bzw. bei Trittschalldämm-Maßen ist dieser Zusammenhang zwischen objektivem und subjektivem Maß nicht gegeben. Für die Bewertung von Schalldämm-Maßen sind keine eindeutigen Zusammenhänge subjektiver Beurteilungen festgelegt.

Tabelle I. Schallschutzanforderungen an die Luftschalldämmung nach den Regelwerken DIN 4109 Schallschutz im Hochbau (11/89), und VDI-Richtlinie 4100 – Schallschutz von Wohnungen (11/94).

	Geschoss-Wohnungsbau		Doppel- und Reihenhäuser
	Wände	Decken	
DIN 4109 und 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

Bei üblichen Bauteilkonstruktionen und –ausführungen können bei mangelfreier Ausführung in der Regel die Schallschutzwerte der VDI-Richtlinie 4100 für die SSt II eingehalten werden. Zur Kennzeichnung dieses Schallschutzniveaus sind in der oben dargestellten Tabelle I die Kennwerte der SSt II fett dargestellt.

Der Beurteilungsmaßstab ist ein Einzahlwert der entweder rechnerisch oder messtechnisch ermittelt wird und mit den Anforderungen, wie z.B. in der Tabelle I dargestellt, verglichen wird. Eine Toleranz gibt es diesbezüglich aus normativer Sicht zwischen Rechen- oder Messwert und den normativen Anforderung nicht. Eine Diskussion über Toleranzgrenzen und Standardabweichungen führen auf der Grundlage bestehender normativer Regelungen zu keiner sinnvollen Handlungsweise.

2.2 Das rechtliche Beurteilungs-Maß des Luftschallschutzes

In der Praxis der Rechtsprechung ist häufig der Schallschutz gefordert, der nach öffentlich-rechtlichen Maßstäben festgelegt wurde, welcher aber im Einzelfall oftmals 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.

Als Beweis dieser Behauptung wird der Anwendungsbereich der DIN 4109 vorgetragen.

Der Schallschutz nach DIN 4109 ist als öffentlich-rechtliche Anforderung zum Schutz von Leben, Leib und Gesundheit im Allgemeinen nicht geeignet den Schallschutz zu gewährleisten, der subjektiv als befriedigend bezeichnet werden kann. Die Norm stellt in diesem Zusammenhang klar: *„Aufgrund der festgelegten Anforderungen kann nicht erwartet werden, dass Geräusche von außen oder aus benachbarten Räumen nicht mehr wahrgenommen werden. Daraus ergibt sich insbesondere die Notwendigkeit gegenseitiger Rücksichtnahme durch Vermeidung unnötigen Lärms. Die Anforderungen setzen voraus, dass in benachbarten Räumen keine ungewöhnlich starken Geräusche verursacht werden.“*

Aufgrund heutiger Wohnverhältnisse mit modernen Bedürfnissen der Menschen an erstklassigen Musikwiedergabegeräten, leistungsfähigen Heimkino-Ausstattungen und Hochleistungs-TV-Geräten etc., kann eine nach DIN 4109 geforderte *„Rücksichtnahme durch Vermeidung unnötigen Lärms“* nicht als Grundlage eines Beurteilungsniveaus im Geschosswohnungsbau oder auch im Reihen- und Doppelhausbau vorausgesetzt werden.

Aus rechtlicher Sicht ist nachstehendes zu beachten (siehe hierzu §633 BGB):

„Das Werk ist frei von Sachmängeln, wenn es die vereinbarte Beschaffenheit hat. Ist keine Beschaffenheit vereinbart, ist das Werk frei von Sachmängeln, wenn es sich für die nach

dem Vertrag vorausgesetzte, für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann.“

Damit ist, wenn nichts anderes vereinbart eine „Mittlere Verkehrserwartung“, bzw. der „Erwartungshorizont des Bestellers“ geschuldet. Der „Erwartungshorizont“ des Bestellers ist aber im Allgemeinen bezüglich des erwarteten Schallschutzes nicht bekannt, oder zumindest ist die Erwartung in der Regel größer als die Anforderungen gem. DIN 4109.

Wird auf die DIN 4109 zurückgegriffen, ist gewöhnlich kein ausreichender Schallschutz zum Zweck der Festlegung einer Qualität sicherzustellen. Die DIN 4109 stellt zwar diesen Anspruch nicht, da sie ausschließlich eine Sicherheits- bzw. Schutznorm ist und keine Qualitätsnorm, trotzdem wird bei Schallschutzfragen immer wieder auf die DIN 4109 abgestellt. Das Anforderungsniveau der DIN 4109 darf aber nicht mit einer Qualitätsbewertung gleichgestellt werden.

Grundsätzlich gilt, dass wenn nichts vereinbart wird, muss der Schallschutz sichergestellt werden, der entsprechend den anerkannten Regeln der Technik zu erwarten ist.

Welcher Schallschutz entspricht aber den anerkannten Regeln der Technik?

Hierzu können die Entscheidungen des BGH weiterhelfen, z.B.:

Urteil vom 17. 12.1996: *„Ein Werk ist unabhängig davon, ob die anerkannten Regeln der Technik eingehalten sind, fehlerhaft, wenn es nicht den Anforderungen des vertraglich vorausgesetzten Gebrauchs entspricht.“*

Urteil vom 14.05.1998: *„Es kommt in erster Linie nicht auf die Einhaltung der DIN-Normen an; wichtig ist: (1) Welches Schalldämm-Maß haben die Parteien vereinbart? (2) Aus der bloßen Beachtung der DIN-Normen folgt noch nicht, dass damit auch die anerkannten Regeln der Technik genügt ist. Gibt es keine Vereinbarung, so kommt es auf die anerkannten Regeln der Technik an.“*

Urteil vom 14.05.1998: *„Die DIN-Normen sind keine Rechtsnormen, sondern private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter. Sie können die anerkannten Regeln der Technik wiedergeben oder hinter diesen zurückbleiben. Nach BGH kommt es auf die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik an. Diese dürfen keineswegs mit den DIN-Normen identisch gesetzt werden. Die Mangelfreiheit kann nicht ohne weiteres eine DIN-Norm entnommen werden. Maßgebend ist nicht, welche DIN-Norm gilt, sondern ob die Bauausführung zur Zeit der Abnahme den anerkannten Regeln der Technik entspricht.“*

Urteil vom 07.03.2002: *„Ein Mangel eines Bauwerkes liegt vor, wenn die Bauausführung von dem geschuldeten Werkerfolg abweicht, und durch diesen Fehler der nach dem Vertrag vorausgesetzte Gebrauch gemindert wird. Für die Frage, ob ein Mangel vorliegt, ist es unerheblich, dass die Bauausführung möglicherweise wirtschaftlich und technisch besser ist als die vereinbarte.“*

Fazit: In der juristischen Rangfolge kommt es zuerst auf die vertraglich vereinbarte Beschaffenheit und dann auf die anerkannten Regeln der Technik an. DIN-Normen spielen für die Beurteilung keine Rolle.

Dies verdeutlicht abschließend auch das Urteil des Bundesverwaltungsgerichts, was als sog. "Meersburg"-Urteil vom 22.05.1987 in die Literatur Eingang gefunden hat:

DIN-Normen sind "Vereinbarungen gewisser Kreise [...], die eine bestimmte Einflussnahme auf das Marktgeschehen bezwecken."

Darüber hinaus darf der kostengünstige Wohnungsbau nicht zu einer Verletzung der anerkannten Regeln der Technik führen. Selbst wenn ein bestimmtes Schalldämm-Maß vertraglich vereinbart ist und dieses unterhalb des nach den Regeln der Technik erreichbaren Schalldämm-Maßes liegt, muss der Bauherr entsprechend beraten werden. Andernfalls hat er einen Schadensersatz-, möglicherweise sogar einen Rückabwicklungsanspruch.

Zusammenfassend kann festgehalten werden:

Der Schallschutz ist vereinbarungsbedürftig und zwar in der Art wie es 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 Entscheidung 1998).

Wird ein Schallschutz vereinbart, der hinter den anerkannten Regeln der Technik zurückbleibt, ist der höhere Schallschutz entsprechend den anerkannten Regeln der Technik, bzw. entsprechend der „Mittleren Verkehrserwartung“ geschuldet.

Kann die Konstruktion bei mangelfreier Ausführung mehr als nach anerkannter Regel der Technik erforderlich, ist für die Konstruktion die höhere Schalldämmung geschuldet.

Damit wird im Grundsatz deutlich, dass, wenn vertraglich ein bestimmtes Schalldämm-Maß vereinbart ist welches hinter den anerkannten Regeln der Technik zurückbleibt, die vertragliche Vereinbarung nicht wirksam ist.

Es besteht kein „Toleranzraum“ zur Sicherstellung eines gewissen Schallschutzes. Das heißt im Detail, es kann z.B. nicht eine höherwertigere Konstruktion geplant und ausgeführt werden mit dem Hintergrund, dass bei geringen Ausführungsmängeln wenigstens das vereinbarte Schalldämm-Maß erzielt werden kann. In jedem Fall ist die ausgeführte Konstruktion bei mangelfreier Ausführung zu bewerten.

Der Schallschutz ist deshalb unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu planen, wobei die Planung bereits in der Entwurfsphase erfolgen muss.

2.3 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 1 zeigt die Hörschwelle für reine Töne bei binauralem Hören im diffusen Schallfeld als Funktion der Frequenz gem. der Internationalen Norm ISO 389-7: 2003 (E).

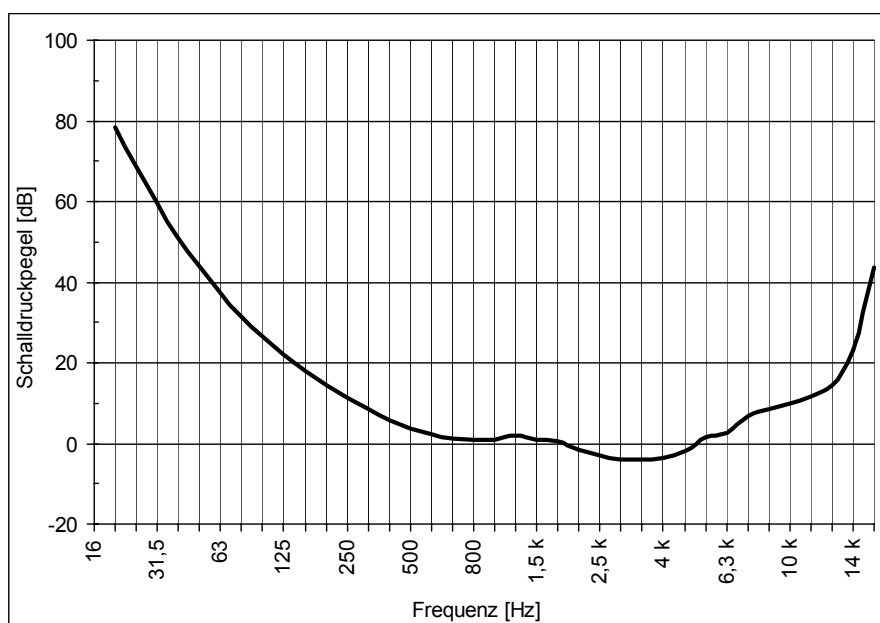


Abbildung 1: Hörschwelle als Funktion der Frequenz

Aus der Abbildung 1 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)).

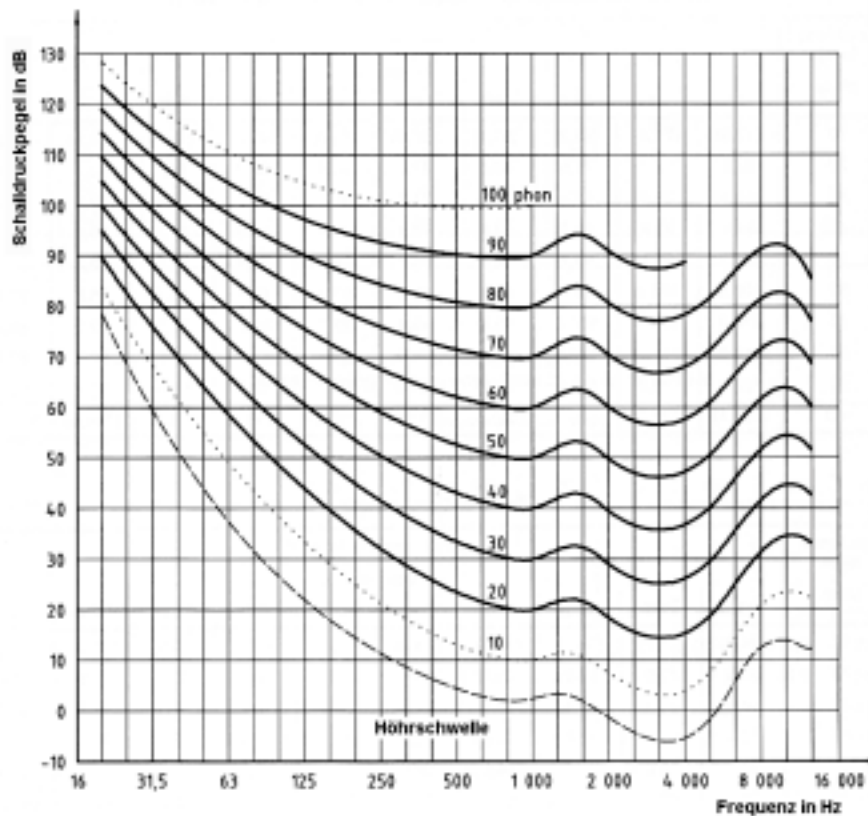


Abbildung 2: Hörschwelle und Kurven gleicher Lautstärkepegel als Funktion der Frequenz

Die Kurven gleicher Lautstärke betrachten aber nur den pegelabhängigen Frequenzgang des Ohres. Aber auch andere Parameter können das Lautstärkeempfinden beeinflussen. Bei der Wahrnehmung von Schallreizen über das menschliche Ohr stehen Empfindungsstärke und Reizstärke in einem nichtlinearen Verhältnis zueinander. Ist beispielsweise die Intensität ei-

nes Schalles dreimal so groß wie die eines anderen Schalles, so empfindet das Ohr diesen Schall nicht als dreimal so stark.

Nach dem Weber-Fechnerschen Gesetz ist die Empfindungsstärke nahezu proportional dem Logarithmus der Reizstärke. Lautstärkeunterschiede werden deshalb in Dezibel angegeben. Dabei ist der Unterschied zweier Lautstärken gleichzusetzen mit dem zehnfachen Logarithmus des Quotienten der beiden Schallintensitäten, bzw. dem zwanzigfachen Logarithmus der beiden Schalldrücke.

Schall lässt sich durch zwei Größen charakterisieren: zum einen durch die Frequenz der Schwingung (dies kennzeichnet die "Tonhöhe"), zum anderen durch die Schwingungsamplitude, welche die "Tonstärke" (Schallintensität) bestimmt. Als "Schallintensität" bezeichnet man die Energiemenge, die pro Zeiteinheit durch eine zur Ausbreitungsrichtung der Schallwelle senkrechte Fläche hindurchtritt; sie hat die physikalische Einheit: Watt pro Sekunde.

Zur Vereinfachung des Umgangs mit der Schallintensität wurde die "Schallstärkeskala" eingeführt. Sie hat die "künstliche" Einheit Bel (1 bel = 10 Dezibel) und wird durch den Logarithmus des Verhältnisses von Schallintensitäten gebildet. Korrekterweise müsste jedoch der Wert: $x = 10 \cdot \log I/I_0$ die Einheit "Phon" tragen, denn dieses Verhältnis von Intensitäten bezieht sich auf die willkürlich festgelegte "Null-Intensität" $I_0 = 10^{-16} \text{ W/cm}^2$. Sie entspricht der normalen Hörschwelle des Menschen für Töne von 1.000 Hz.

Ein "*phon*" kennzeichnet also eine physiologische Größe, nämlich die Lautstärke.

Das Verhältnis zweier Schall-Leistungen (in der Einheit "Watt") kennzeichnet der Ausdruck $x = 10 \cdot \log P_1/P_2$; man ordnet ihm üblicherweise die Einheit "Dezibel" zu. Hierbei handelt es sich um eine rein physikalische Größe.

Die "Schallstärke" hat die Dimension einer Leistung (Watt) und die "Schallintensität" (Reizstärke) sowie die "Empfindungsstärke" (Lautstärke) haben die Dimension Leistung pro Fläche (Watt/cm^2).

Den Zusammenhang zwischen der physikalischen Größe "Schallintensität" und der physiologischen Größe "Lautstärke" verdeutlicht das "Weber-Fechnersche Gesetz": Die empfundene Lautstärke wächst mit dem Logarithmus der Schallintensität.

Lautstärke (Dezibel/Phon) : $L = 10 \cdot \lg (I/I_0)$ dB; I/I_0 : Verhältnis der Intensitäten

Mit dem Alter tritt eine Verminderung der Hörfähigkeit besonders im Bereich der höheren Frequenzen (ab ca. 2.000-8.000 Hz bis zu 60 Dezibel Hörverlust) auf. Im niederfrequenten Bereich beschränkt sich der Hörverlust auf maximal 10 Dezibel. Ältere Menschen hören also vor allem hohe Töne schlechter, während sie die tiefen Töne relativ gut wahrnehmen können.

Das Gebiet der Psychoakustik beschreibt, wie das menschliche Gehör die Lautheit von Tönen empfindet, was durch Hörtests ermittelt werden kann. Das Gehör reagiert auf Frequenzen zwischen 20 Hz und 20.000 Hz, am empfindlichsten ist es zwischen 2.000 und 4.000 Hz. Die Lautstärke eines Tones hängt vom Schalldruck ab. Mit größerem Schalldruck nimmt die Lautstärke zu. Schon wegen der Frequenzabhängigkeit der Hörschwelle ist die Angabe des Schalldruckpegels kein geeignetes Maß für die Lautstärke. Zur Angabe der Lautstärke wurde daher die Phon-Skala eingeführt. Bei der Phon-Skala erfolgt eine Bezugnahme auf den Schalldruckpegel eines 1.000 Hz-Tones.

Damit stimmen für 1.000 Hz der Schalldruckpegel (dB) und die Phon-Skala (Phon) überein. Die Phon-Skala sagt nichts über die subjektive Lautstärkeempfindung (Lautheit) aus, da sie nach rein physikalischen Kriterien aufgestellt wurde. Ein Maß für die Lautstärkeempfindung kann nur experimentell an normalhörenden Probanden ermittelt werden. Durch psychoakustische Messungen wurde ein Maß für die Lautheit ermittelt (Verdopplungen - Halbierungen der Lautheitsempfindung usw.). Auf diesem Wege ist man zur sone-Skala, der Skala der Lautheitsempfindung gelangt.

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. Die Einheit subjektiver Lautstärke, genannt *sone*, ist generell akzeptiert.

Der Lautstärkepegel eignet sich für den Vergleich der Lautstärkeempfindung gleich lauter Schallereignisse. Er eignet sich aber nicht dafür, verschieden laute Schallereignisse miteinander 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 Lautstärkepegelzunahme von 10 phon. Die Lautheit S erfasst die tatsächlichen Lautstärkeverhältnisse verschiedener Lautstärkepegel L_S zueinander; sie wird in *sone* angegeben.

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.

Eine Gerade kann durch diese drei Punkte gezeichnet werden, und für Klänge höherer und niedriger Lautstärke extrapoliert werden. Abbildung 3 zeigt die vereinfachte Darstellung des Zusammenhangs zwischen phon und sone. Ein Punkt auf der Geraden ist die genaue Definition des sone, der Lautstärke, die von einer Person wahrgenommen wird der einen 1 kHz Ton von 40 dB Schalldruckpegel hört, oder 40 phons. Eine Lautstärke von 2 sone ist dann 10 dB höher; eine Lautstärke von 0.5 sone ist 10 dB niedriger.

Obwohl die dargestellte grobe Vereinfachung eines linearen Zusammenhangs nicht genau die Beziehung zwischen Lautheit S und Lautstärkepegel L_S wiedergibt, ist es ein einfacher Weg den subjektiven Faktor der Lautstärke zu ermitteln. Die Vereinfachung macht deutlich, dass der wahre Wert einer subjektiven Einheit der Lautheit (*sone*) mit dem Lautstärkepegel (*phon*) in Beziehung steht, und was darüber hinaus definitionsgemäß mit einem Schallpegelmessgerät gemessen werden kann.

Die Abhängigkeit zwischen sone und phon kann im Abbildung 3 entnommen werden.

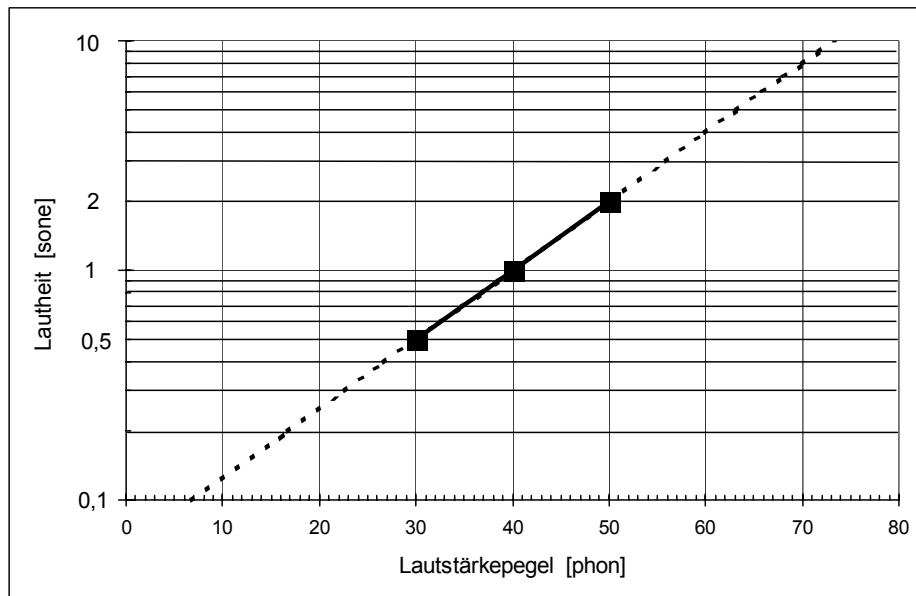


Abbildung 3: Lautheit S in sone als Funktion des Lautstärkepegels L_S in phon

Die psychoakustische Kenngröße Lautheit gibt also an, wie laut ein Geräusch empfunden wird. 1 sone entspricht der wahrgenommenen Lautstärke eines 1 kHz-Tones von 40 dB. Die Lautheit ist verhältnisskaliert, d.h. ein Geräusch, das als doppelt so laut empfunden wird, wie der Definitionsschall, besitzt die Lautheit von 2 sone. Das Verfahren zur Berechnung der Lautheit stationärer Schalle aus den physikalischen Schalleigenschaften ist in DIN 45631 bzw. ISO 532 B festgelegt. Grundlage dieser Lautheitsberechnungen ist das Terzpegelspektrum aus dem unter Verwendung einer gehörgerechten Frequenzskala (sog. Bark-Skala) die Frequenzgruppenpegel bestimmt werden.

Für die subjektive Bewertung eines Schallereignisses wäre also die Angabe der Lautstärke eines Geräusches der Wert in phon richtig. Da dessen Bestimmung jedoch relativ kompliziert ist, wird allgemein die Lautstärke in der sog. A-Bewertung angegeben. Dazu wird zu dem gemessenen Schallpegel eine bestimmte Konstante addiert bzw. davon subtrahiert. Die Angabe des Schallpegels erfolgt dann in der Einheit dB(A).

Insbesondere in der Lärmesstechnik wird dieser sogenannte „bewertete Schalldruckpegel“ verwendet. Hierbei wird der Schalldruckpegel mit Bewertungsfiltern gemessen. Diese Bewer-

tungfilter sollen den Frequenzgang des menschlichen Gehörs berücksichtigen. Die Bezeichnungen der so gemessenen Schallpegel sind "dB(A)", "dB(B)", "dB(C)" sowie "dB(D)" (für die Bewertungsfilter A, B, C sowie D) und sind nachstehend in Abbildung 4 grafisch dargestellt.

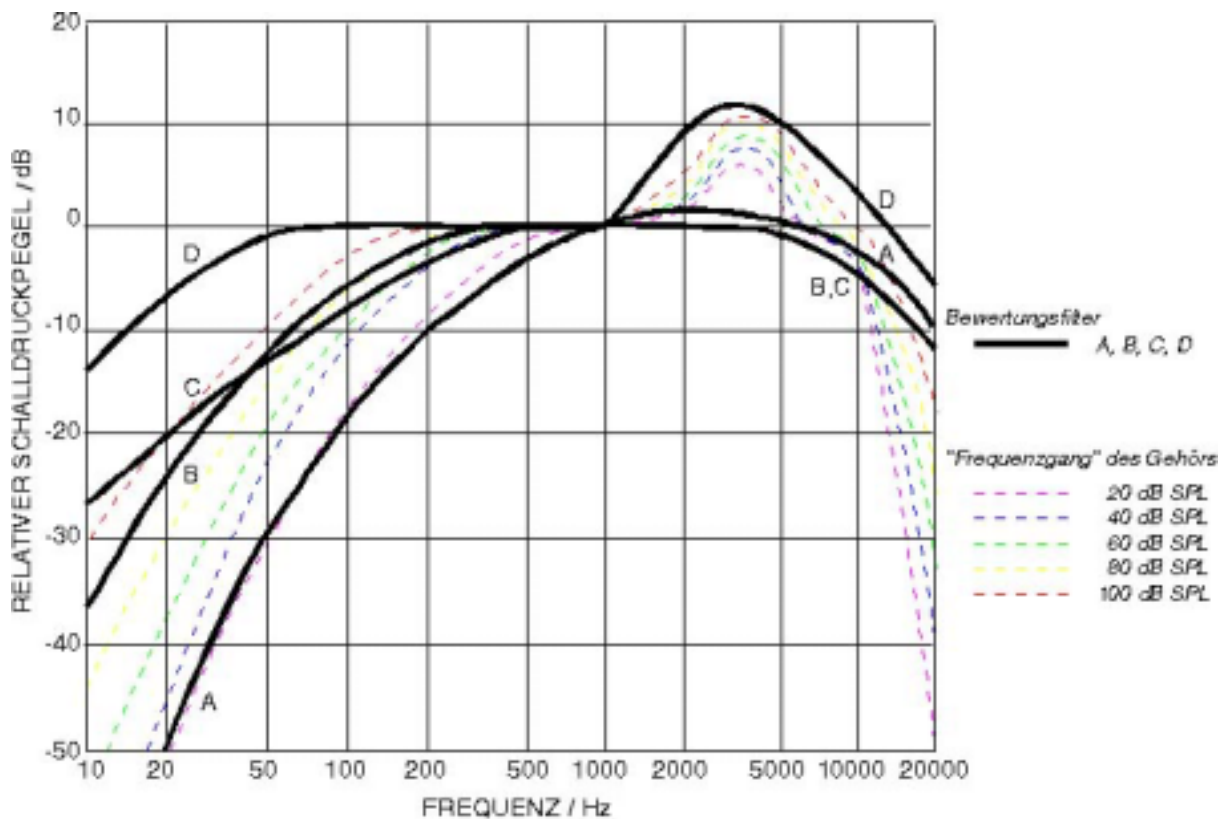


Abbildung 4: Schalldruckpegel Bewertungsfilter A, B, C, D Vergleich Hörempfindlichkeit

Diese Bezeichnungen tragen der Tatsache Rechnung, dass das menschliche Ohr gleich intensive Töne unterschiedlicher Tonhöhen als unterschiedlich laut empfindet. Diese Lautheitswahrnehmung ist von Frequenz und Schalldruckpegel abhängig.

In der Praxis wird überwiegend die dB(A)-Kurve angewendet. Da für eine Reihe von Schallsituationen auch die Messung mit Bewertungsfiltern die wahrgenommene Lautstärke und auch die potentielle Schädigung des Gehörs nur unvollkommen wiedergibt, können bei der Lärmbewertung noch Zuschläge für bestimmte Geräuschsituationen vergeben werden: z.B. Zuschläge für *Tonhaltigkeit* ("Quietschen"), *Impulshaltigkeit* ("Hämmern") usw.

Dieser „bewertete Schalldruckpegel“ (Schalldruckpegel + Bewertungsfilter + Zuschläge) wird für die Überprüfung herangezogen, ob ein bestimmter Lärm aufgrund der gesetzlichen Richtlinien zulässig ist oder nicht.

Eine Alternative zur Messung des bewerteten Schalldruckpegels ist die Messung der Lautheit nach *DIN 45631* bzw. *ISO 532 B*. Hierbei wird die Lautstärkeempfindung des Gehörs und auch die schädigende Wirkung von Lärm wesentlich besser erfasst als beim bewerteten Schalldruckpegel. Da die Messung der Lautheit aber keine so große juristische Relevanz hat, wird sie in der Praxis nur selten angewendet.

3 Bewertung der gehörten Schalle

Bewohner von Mehrfamilien- oder Reihenhäuser kennen die Probleme. Aus der Nachbarwohnung, oder auch dem Nachbarhaus, ist jedes Wort zu verstehen. Auch wenn nicht jedes Wort tatsächlich verstanden wird, ist die erkannte, also gehörte, Information störend. Als gehörte Information kann hier einfach der Schallpegel, in welcher Höhe auch immer, verstanden werden. Subjektiv ist eine Belästigung dann gegeben, wenn ein Schallpegel vom Nachbar in der eigenen Wohnung „gehört“ wird. Über die Höhe dieses Schallpegels kann man streiten oder sich im Vorfeld auf einen bestimmten Wert einigen. Es ist deshalb zur Vermeidung von Streitigkeiten sinnvoll bereits in der Entwurfsplanung den baulichen Schallschutz im Detail zu berücksichtigen.

Es gibt zahlreiche Gründe, warum auf Schallschutz im Wohnungsbau besonderen Wert gelegt werden sollte. Lärm ist in jedem Fall unstrittig einer der Hauptgründe für unzufriedene Hausbewohner.

3.1 Subjektive Bewertung

Der Schall als mechanische Schwingung ist für den Menschen in einer bestimmten Stärke und in bestimmten Frequenzbereichen hörbar und fühlbar. Die Lautstärke eines Schalls ist ein Maß für das subjektive Empfinden einer objektiv messbaren Stärke oder Amplitude des Schall als Schalldruckpegel. Die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres ist durch die Hörschwelle nach unten und die Schmerzgrenze oder Fühlschwelle nach oben begrenzt. Den Bereich zwischen diesen Grenzen bezeichnet man als Hörfläche. Die Hörfläche ist also die Fläche zwischen der *Ruhehörschwelle* und der *Schmerzgrenze*. In Abbildung 5 ist die Hörfläche grafisch wiedergegeben.

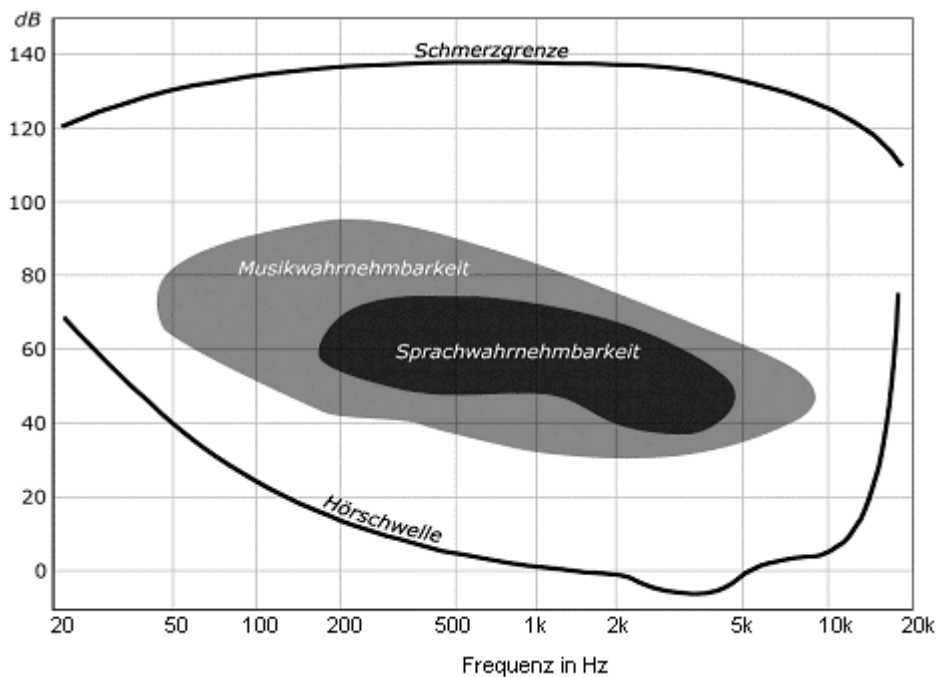


Abbildung 5: Hörfläche des Menschen

Die Hörfläche wird von den Schallfeldgrößen, also Schalldruck oder Schalldruckpegel der unteren gerade noch hörbaren Hörschwelle und der oberen unangenehmen, schwer festzulegenden Schmerzschwelle, sowie der linken gerade noch hörbaren (oder fühlbar wahrzunehmenden) tiefsten Frequenz und der rechten gerade noch hörbaren höchsten Frequenz bestimmt. Die Hörfläche wird also von vier Seiten eingegrenzt.

Die Hörfläche wird auch mit Hörbereich, Hörzone oder Hörfeld bezeichnet, die in den vier Hörgrenzen liegt. Mit zunehmendem Alter schrumpft allmählich die Hörfläche. Dabei werden besonders die hohen Frequenzen und die leisen Pegel eingeschränkt. "Was ist Schall?" lässt sich am besten beantworten mit: Schall ist das, was in die Hörfläche fällt. Wir meinen mit Schall üblicherweise immer nur das, was wir selbst hören können.

Die Ruhehörschwelle ist also die Grenze, ab der man Schallereignisse geringeren Schalldruckpegels nicht mehr wahrnehmen kann und die Schmerzgrenze diejenige, ab der man lautere Schallereignisse nur noch unter Schmerzen wahrnehmen kann. Die untere Grenze der Wahrnehmbarkeit liegt bei 16 Hz (20 Hz) und die obere Grenze der nicht mehr vom menschlichen Ohr wahrnehmbare Schall - der Ultraschall - beginnt bei 16 kHz (20 kHz).

Für die Bauakustik ist der Frequenzbereich von (50 Hz) 100 Hz bis 3,15 kHz (5 kHz) von Bedeutung. Schall im Wohnraum entsteht einerseits durch Luftschallanregung und andererseits durch Körperschallanregung.

3.2 Normative Bewertung

In dem öffentlich-rechtlichen Regelwerk zum baulichen Schallschutz, also der DIN 4109, wird der subjektive Schallschutz und damit die Bewertung des empfundenen Schallschutzes nicht behandelt. In der VDI-Richtlinie 4100 sind jedoch in groben Zusammenhängen subjektive Bewertungsmaßstäbe für die Luftschalldämmung angegeben. Diese Bewertung erfolgt durch eine Zuordnung eines bestimmten Schalldämm-Maßes zu einer subjektiven Empfindung. In der Tabelle II sind die subjektiven Bewertungen in Abhängigkeit von drei Schallschutzstufen dargestellt. In der VDI-Richtlinie 4100 werden drei Schallschutzstufen (SS_t) unterschieden. Die dazugehörigen Kennwerte für den baulichen Schallschutz werden für jede SS_t in der VDI-Richtlinie 4100 angegeben. Die Qualität des subjektiv empfundenen Schallschutzes bei

den einzelnen Stufen sollen dabei die sich im Allgemeinen einstellenden subjektiven Eindrücke beschreiben. Es sind praktische Erfahrungswerte.

Tabelle II. Subjektive Empfindung des Schallschutzes zwischen Räumen in Abhängigkeit der Schallschutzstufen nach der VDI-Richtlinie 4100

Art der Geräusch-emission	Wahrnehmung der Immission aus der Nachbarwohnung, abendlicher Grundgeräuschpegel von 20 dB(A) und üblich große Aufenthaltsräume vorausgesetzt		
	SSt I	SSt II	SSt III
Laute Sprache	verstehbar	im allgemeinen verstehbar	im allgemeinen nicht verstehbar
Sprache mit angehobener Sprechweise	im allgemeinen verstehbar	im allgemeinen nicht verstehbar	nicht verstehbar
Sprache mit normaler Sprechweise	im allgemeinen nicht verstehbar	nicht verstehbar	nicht hörbar
Hausmusik, laut eingestellte Rundfunk- und Fernsehgeräte, Parties	deutlich hörbar		im allgemeinen hörbar

Die Regelwerke: DIN 4109 und VDI-Richtlinie 4100, sind nicht auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse hervorgegangen, sondern wurden im Zuge einer Übereinkunft der an der Entstehung dieser Regelwerke beteiligten Kreisen, auch unter dem Gesichtspunkt wirtschaftlicher Abwägungsprozesse, niedergeschrieben.

Das Maß der Bewertung für den Luftschallschutz ist das bewertete Schalldämm-Maß (R'_w) in dB. In absehbarer Zeit wird im Zuge der europäischen Abstimmung für das bew. Schalldämm-Maß die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz ($D_{nT,w}$) in dB in Deutschland eingeführt werden. Für die Bewertung des Schallschutzes eignet sich diese Größe besser und zeigt in der subjektiven Bewertung eine deutlich bessere Übereinstimmung als die abstrakte Größe des bewerteten Schalldämm-Maßes R'_w . Insbesondere die nach DIN EN ISO 717 eingeführte Größe der Spektrumsanpassungswerte C und C_{tr} sind in der Kombination mit der Norm-

Schallpegeldifferenz, ausgedrückt als spektral korrigierte bew. Schallpegeldifferenz $D_{nT,w} + C$ in dB für die Festlegung des Schallschutzes in Verbindung subjektiver Beurteilungskriterien geeignet. In diesem Zusammenhang ist z.B. das Schweizer Regelwerk SIA 181 anzuführen, welche eine ähnliche subjektive Bewertungsskala bereitstellt wie die VDI-Richtlinie 4100. In der Tabelle III sind die subjektiven Empfindungen des Schallschutzes nach dem Vernehmlassungsentwurf der Schweizer Norm SIA 181 wiedergegeben.

Tabelle III. Subjektive Empfindung des Schallschutzes zwischen Räumen in Abhängigkeit des Grundgeräuschpegels [nach SIA V 181: 2004]

Spektral korrigierte bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w} + C$ in dB		Sprachverständlichkeit von normaler Unterhaltungssprache
Grundgeräusch 20 dB(A)	Grundgeräusch 30 dB(A)	
64	54	kaum hörbar
54	44	hörbar, jedoch nicht zu verstehen
49	39	teilweise zu verstehen
39	29	gut zu verstehen

Bei der Festlegung des Schallschutzes können also auch subjektive Beurteilungskriterien von Bedeutung sein. Die vg. Tabelle zeigt deutlich, dass die Beurteilung der Qualität des Luftschallschutzes in hohem Masse vom vorhandenen Grundgeräuschpegel abhängt. In einer ruhigen Umgebung sollte daher der Schallschutz zwischen Räumen besonders beachtet werden.

4 Fallbeispiel

Um die Schalldämmung zwischen zwei Räumen zu benennen, ist es generell akzeptiert, dass eine Einzahlangabe nicht ausreicht und häufig falsche Vorstellungen über den erzielbaren Schallschutz hervorruft. Auf der Grundlage messtechnisch ermittelter Schalldämm-Maße wird nachstehend der subjektive Aspekt des tatsächlichen Schallschutzes dargestellt.

Untersucht wurde eine Geschossdecke mit einer bew. Standard-Schallpegeldifferenz von $D_{nT,w} = 55$ dB und einem Spektrumsanpassungswert von $C = -1$ dB.

Der bauliche Schallschutz wurde stufenweise durch Anbringung von biegeweichen Vorsatzschalen erhöht. Die Trenndecke selber wurde nicht verändert. Sämtliche Verbesserungsmaßnahmen erfolgten an den flankierenden Bauteilen sowohl im Empfangsraum als auch im Senderaum.

Tabelle IV. Messtechnisch ermittelte Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ und Spektrumsanpassungswert C in dB

Fall	Situation	Stand-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w} + C$	Verbesserung $\Delta D_{nT,w}$
1	Massive Außen- und Innenwände ohne biegeeweiche Vorsatzschalen (VS)	55 – 1 dB	—
2	VS an einer Außen- und einer Innenwand im Empfangsraum	58 – 0 dB	3 dB
3	wie Fall 2, zusätzlich VS an 2 Außenwänden im Senderaum	62 – 1 dB	4 dB
4	wie Fall 3, zusätzlich VS an 2 Innenwänden im Empfangsraum	65 – 2 dB	3 dB

Aus Tabelle IV ist zu erkennen, dass die Anbringung von biegeweichen Vorsatzschalen jeweils eine Verbesserung der bew. Standard-Schallpegeldifferenz um mind. $\Delta D_{nT,w} = 3$ dB bewirkte. Subjektiv wurden die jeweiligen Verbesserungen als gering bewertet.

Wird der durch die Schalldämmung der Konstruktion reduzierte Sprachschallpegel als Lautstärkepegel im Vergleich mit dem Lautstärkepegel des Grundgeräusches gegenüber der Hörschwelle aufgetragen, zeigt sich z.B. für den Fall 1, dass die Differenz zwischen „gehörttem“ Schallpegel und Grundgeräuschpegel 11 phon beträgt. Der hörbare Frequenzbereich beträgt in diesem Fallbeispiel etwa 250 Hz bis 800 Hz, was dem Maximum des Spektrums im Bereich der Sprache entspricht.

Zur Verdeutlichung der vg. Zusammenhänge sind zusammenfassend die Messergebnisse in der Abbildung 6 für den Fall 1 und in Abbildung 7 für den Fall 4 in ein Diagramm eingetragen und die subjektive Bewertung der phon-Skala dargestellt.

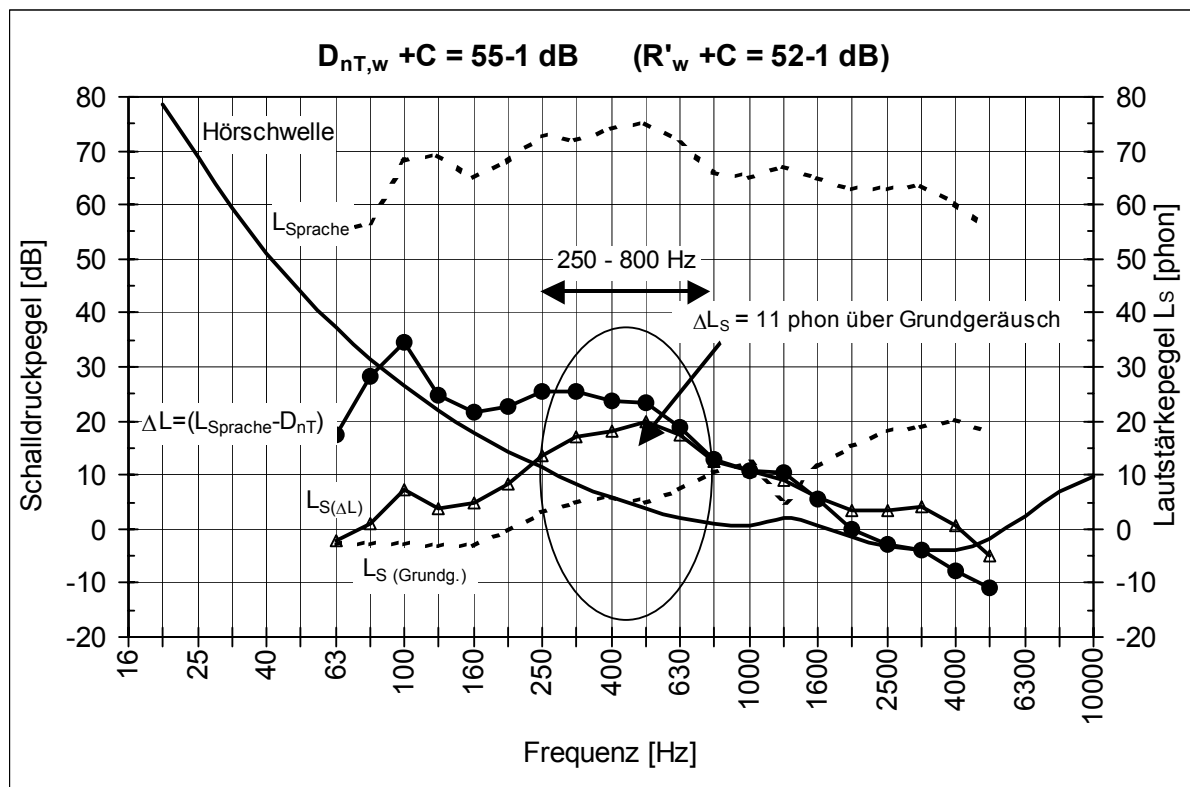


Abbildung 6: Lautstärkepegel und Hörschwelle im Vergleich zum Sprach- und Grundgeräuschpegel in Abhängigkeit der Frequenz für den Fall 1: $D_{nT,w} = 55$ dB

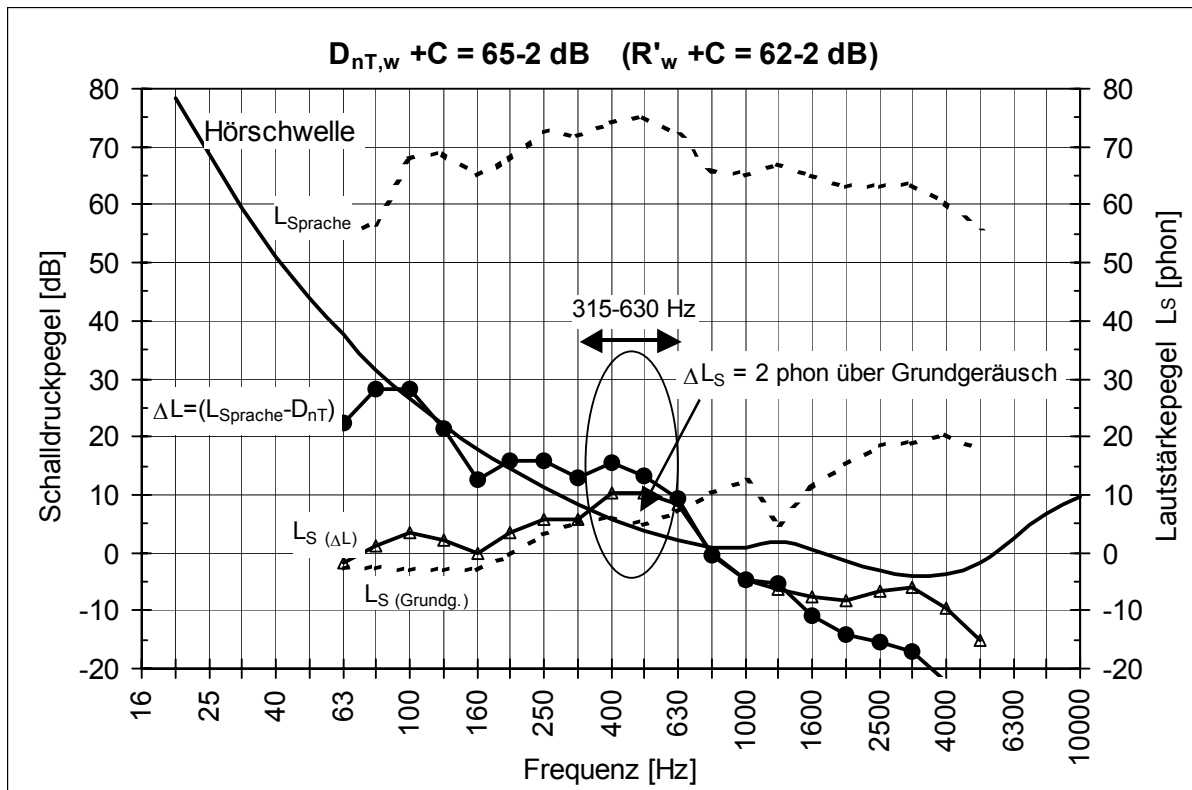


Abbildung 7: Lautstärkepegel und Hörschwelle im Vergleich zum Sprach- und Grundgeräuschpegel in Abhängigkeit der Frequenz für den Fall 4: $D_{nT,w} = 65 \text{ dB}$

Aus dem Vergleich der Abbildungen 6 und 7, d.h. die Situation vor und nach den Nachbessermassnahmen, ist die subjektive Bewertung der Luftschalldämmung über den Lautstärkepegel oberhalb des Grundgeräuschpegels dargestellt.

In der nachstehenden Tabelle V ist die spektral korrigierte bewertete Standard Schallpegeldifferenz und deren subjektiver Bewertung wiedergegeben.

Die Einschätzung der Qualität des Luftschallschutzes hängt demnach deutlich von dem Grundgeräuschpegel und dem Sendepiegel ab.

Table V. Subjektive Wahrnehmung des Luftschallschutzes und dessen subjektive Bewertung in Abhängigkeit des Sprach- und Grundgeräuschpegels.

Spektral korrigierte bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w} + C$		Subjektive Bewertung des Luftschallschutzes
Angehobene Sprache 78 dB(A)	Lautstärkepegeldifferenz ΔL_S	
Grundgeräuschpegel 25 dB(A)		
63 dB	2 phon	kaum hörbar
61 dB	5 phon	hörbar, aber nicht zu verstehen (Vertraulichkeitsschutz)
58 dB	8 phon	hörbar und teilweise zu verstehen
54 dB	11 phon	gut zu verstehen

Die Felduntersuchung zeigte, dass die Bewertung des tatsächlichen Schallschutzes, bzw. des subjektiv empfundenen Schallschutzkomforts, gut mit der spektral korrigierten Standard-Schallpegeldifferenz, wie in Tabelle V dargestellt, übereinstimmt.

Der Vergleich des berechneten Lautstärkepegel und der Hörschwelle mit dem Grundgeräuschpegel, führt zur subjektiven Beurteilung des empfangenen Schallpegels. Der Lautstärkepegel von 2 phon über dem Grundgeräuschpegel führt zu immer noch hörbaren Schallmission.

Aus den vg. Untersuchungen lässt sich ableiten, dass die spektral korrigierte Standard-Schallpegeldifferenz von $D_{nT,w} + C \geq 58$ dB einen Schallschutz gewährleistet, der im Allgemeinen in Wohnungen erwartet werden kann.

Zusammenfassend wird auf der Grundlage der vg. Untersuchungsergebnisse vorgeschlagen, die Bewertung mittels der spektral korrigierten Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w} + C$ vorzunehmen. Insbesondere deswegen, da sich ein enger Zusammenhang zwischen subjektiver Akzeptanz und Schallschutzbewertung gezeigt hat.

5 Kosten des Schallschutzes

Der Schallschutz ist in der Bundesrepublik Deutschland ein hohes Gut, das insbesondere der Erholung und der Regeneration dient. Der Schallschutz wird von Bauherren, nach dem Brandschutz, als das höchste Anforderungsniveau im Wohnungsbau betrachtet. Dies verdeutlicht das nachstehende Umfrageergebnis bei Bauherren, was für sie als Wohnungsbausparmaßnahme nicht in Frage kommt.

Tabelle VI. Umfrageergebnis bei Bauherren über nicht in Frage kommende Sparmaßnahmen

Sparmaßnahme	Nein Antworten
weniger Brandschutz	91 %
weniger Schallschutz	87 %
Installationsleitungen auf Putz	83 %
Wegfall der Kellerräume	79 %
kleinere Wohnfläche	69 %
Verzicht auf Terrasse, Balkon	65 %
Verzicht auf Garten	63 %
kleineres Grundstück	47 %

Quelle: Informations-Zentrum Beton, Köln 1994

Aus der Tabelle VI wird sofort deutlich, dass der Schallschutz als Einsparpotential nicht zielführend ist. Wird im Schallschutz gespart, sind Probleme bzw. Beschwerden vorprogrammiert.

Die isolierte Betrachtung von Schallschutzmaßnahmen bezüglich einzelner Bauteile ist für die Auswahl von Konstruktionen sowie für Vergleiche der Konstruktionen untereinander von Interesse, aber für Aussagen über die am Bau tatsächlich auftretenden Kosten der Schall-

schutzmaßnahmen sind Gesamtbetrachtungen erforderlich, die das Zusammenwirken aller Bauteile berücksichtigen. Diese Kostenanalyse erfolgt an dieser Stelle nicht. Stattdessen wird auf die in einer im Auftrag des Bundesbauministeriums 1987 durchgeführten Untersuchung (Kandel, L, et. al., Forschungsbericht des BMBAU 1987) verwiesen.

Allgemein gilt, dass das Erreichen einer bestimmten Schallschutzqualität erfahrungsgemäß weniger eine Kostenfrage ist, als vielmehr eine Planerische.

Aus der Sicht des Bauherrn und des damit zusammenhängenden gewünschten Schallschutzes, kann in Anlehnung an die VDI-Richtlinie nachstehende Kostenrelation dargestellt werden. Die Kostenrelationen für die Schallschutzstufen der VDI-Richtlinie 4100 ergibt sich ein Mehrkostenaufwand zwischen SSt II und SSt III von ca. 0,3 Prozent der reinen Baukosten.

Wird ein Kostenvergleich zweier Materialkonzepte durchgeführt, wobei die Außenabmessungen des Gebäudes unverändert bleiben, ergeben sich unterschiedliche Wanddicken und damit unterschiedliche Wohnflächen. Dies bewirkt bei erhöhten und hohen Anforderungen an den baulichen Schallschutz eine Verringerung der Wohnfläche um ca. 1,5 bis 2,0 Prozent.

6 Schlussfolgerungen

Der erwartete Schallschutz ist in aller Regel ein subjektives Maß, welches im Zusammenhang mit der Anregung (Sendepiegel) und dem Grundgeräusch (Verdeckung) eine subjektive Bewertung ausdrückt. Die Einzahlangabe einer Anforderung, wie z.B. in DIN 4109 dargestellt, eignet sich nicht zur Beschreibung eines bestimmten Schallschutzkomforts.

Die dB-Skala kann das menschliche Hörempfinden des Ohres nicht genau wiedergeben. Bei niedrigen und hohen Frequenzen ist die Empfindlichkeit des Ohres geringer, während sie bei etwa 1 kHz am höchsten ist. Der Schallpegel muss also bei tiefen und hohen Frequenzen sehr viel höher sein als am Empfindlichkeitsmaximum, wenn in allen Fällen eine gleich starke

Empfindung hervorgerufen werden soll. Der Maßstab für das Lautstärkeempfinden des Gehörs ist die Lautstärke (Einheit phon). Sie ist so gewählt, dass bei einer Schallfrequenz von 1 kHz der Wert der Lautstärke (in phon) gleich dem Schalldruckpegel (in dB) ist.

Es kommt deshalb bei der Festlegung eines bestimmten Schallschutzniveaus ganz maßgebend auf das Sendesignal (Anregepegel) und dem Schalldämm-Maß der Konstruktion, sowie auf das Grundgeräusch im Empfangsraum an.

Ein hoher Einzahlwert einer Schalldämmung besagt wenig über die Qualität des Schallschutzes und insbesondere wenig über den Schallschutzkomfort. So kann z.B. eine Haus-trennwand in Holztafelbauweise einen Einzahlwert des bew. Schalldämm-Maßes von 70 dB und mehr aufweisen, aber unterhalb einer Frequenz von 500 Hz weniger als 30 dB. Damit ist eine subjektiv deutlich hörbare Schallübertragung, ggf. sogar eine deutliche Verständlichkeit von übertragener Sprache möglich. Der erwartete Schallschutz einer Trennwand sollte deshalb so formuliert werden, dass aus den Vereinbarungen hervorgeht, welches Schutzziel erreicht werden soll. Hierzu sind die Randbedingungen maßgebend, d.h. Umgebung des Bauvorhabens, Art und Weise der Bewohnung, Baumaterial etc. Eine mögliche Verbesserung der geltenden Regelungen für die Angabe von Anforderungen ist z.B. die Verwendung einer spektral korrigierten bewerteten Schallpegeldifferenz.

Die spektral korrigierte bewertete Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ ist gut geeignet zur Verbesserung der funktionalen Zusammenhänge zwischen subjektiv empfundenem Schallschutz und dem normativen Bewertungssystem für den baulichen Schallschutz.

Aus den subjektiven Bewertungsergebnissen wird eine spektral korrigierte bewertete Schallpegeldifferenz von $D_{nT,w} + C \geq 58$ dB zur Gewährleistung eines allgemein erwarteten Schallschutzkomforts in Wohnungen empfohlen. Mit diesem Schallschutz sind bei mangelfreier Ausführung der heute üblichen Baukonstruktionen keine Baukostenerhöhungen verbunden. Für einen sehr guten Schallschutz betragen die zusätzliche Bauwerkskosten (netto) im Mittel 2,1 – 3,2 % (aus: Gösele, Kanel, Linhard. Schallschutzkosten im Wohnungsbau, R. Müller, Köln).