

Schallschutz im Hochbau: Entwicklung der letzten 30 Jahre

Autor(en): **Trefzer, Karl / Tisler, Ljiljana**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **116 (1998)**

Heft 39

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79571>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Karl Trefzer, Ljiljana Tisler, MuttENZ

Schallschutz im Hochbau

Entwicklung der letzten 30 Jahre

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, den Stand der Technik des Schallschutzes in der Baukunde zu erfassen, und zwar durch statistischen Vergleich einer grösseren Menge von Messwerten aus neueren Gebäuden mit den Grenzwerten der Norm SIA 181, Ausgabe 1988. Weist der Trittschallschutz gegenüber 1968 noch eine Verbesserung auf, so liegt die Situation beim Luftschallschutz deutlich im Argen.

Die vorliegende Arbeit entstand nicht zuletzt durch die kürzlich erfolgte Aufnahme von Arbeiten für die Revision der Norm SIA 181 zur Anpassung an die entsprechenden CEN-Normen und das damit begründete Interesse von Mitgliedern der gegenwärtigen ordentlichen SIA-Kommission. Sie bildet einen Auszug aus der Diplomarbeit der Mitautorin [1]. Hintergrund hatte sie ursprünglich das Ziel aufzuzeigen, ob sich der Stand der Technik und damit gleichzeitig der Wohnkomfort bezüglich des Schallschutzes im Wohnungsbau - aufgrund der «neuen» Norm SIA 181, Ausgabe 1988, - verbessert hat oder allenfalls gleich geblieben ist. Eine Verschlechterung wurde bei Beginn der Datenbeschaffung zu dieser Arbeit noch völlig ausgeschlossen.

Offensichtlich im Vorfeld zur Einführung der SIA-Empfehlung 181 [5] hatte R. Hottinger vom Gesundheitsinspektorat der Stadt Zürich in der damaligen «Schweizerischen Bauzeitung» drei entsprechende Publikationen über den Stand der Technik des Schallschutzes im Wohnungsbau veröffentlicht: 1968 über den Trittschallschutz

im Vergleich zur damaligen DIN 4109 (1962) [2], 1970 über den Luftschallschutz [3] und 1971 nochmals über den Trittschallschutz [4], wobei die beiden letztgenannten Arbeiten im Vergleich zur damaligen SIA-Empfehlung 181, Ausgabe 1970, entstanden.

Die jetzige Arbeit, wiederum im Vorfeld einer Normenrevision, soll vor allem aufgrund der negativen Resultate den normativ Tätigen eine gewisse «Bodenschwere» verleihen, mit andern Worten sie gegebenenfalls auch auf eine Rückbesinnung auf verlorengegangene pragmatische Forderungen hinweisen. Hinweisen nur, da für bestimmte Veränderungen über die Zeit keine genauen Gründe, allenfalls nur Arbeitshypothesen oder sogar nur Spekulationen angegeben werden können. Das Eruiieren von Gründen hätte den Rahmen dieser Arbeit bei weitem gesprengt. Zielpublikum sind, und das ist wesentlich, nicht nur die «normativ Tätigen», sondern letztlich alle, die eine gewisse Ruhe in Wohnbauten als Wohnkomfort voraussetzen.

Beim Vergleich der Arbeiten von Hottinger mit dieser Arbeit wird auffallen, dass den statistischen Balkendiagrammen verschiedene Qualitätsmasse je Normenwerk, mit denen die Messwerte verglichen wurden, zugrundeliegen. 1968 wurde z.B. die Trittschalldämmung mit dem Trittschallschutzmass (TSM) der DIN 4109 (1962) angegeben. In den statistischen Häufigkeitsdiagrammen erscheinen daher Werte von -10 bis über 20 dB. Ab 1970 erscheinen auf derselben Ordinate die Trittschallindices (I_i) der Norm SIA 181, d.h. Werte von 77 bis 51 dB. Im vorliegenden Fall wurde der Einfachheit halber auf ein

Differenzmass (ähnlich dem TSM) zurückgegriffen, diesmal auf die Differenz zwischen Mess- und Grenzwert bzw. Grenz- und Messwert ($D_{nT,w}$ bzw. $L_{nT,w}$ bzw. $L_{r,H}$). Als Grenzwert fungiert in jedem Fall immer der Wert für die Mindestanforderungen. Die Balkendiagrammdarstellung in einzelnen dB-Schritten von Hottinger wurde beibehalten.

Nicht alle Häufigkeiten in der heutigen Untersuchung sind normalverteilt, insbesondere nicht diejenigen der Trittschalldämmung und der Geräusche von haustechnischen Anlagen. Für die letztere, mehr als zweigipflige Verteilung lässt sich - als Arbeitshypothese - anführen, dass in einer einzigen Statistik mehrere, wesentlich voneinander verschiedene Funktionen verglichen werden, was zu keiner Normalverteilung führen kann. Über das Zustandekommen einer mehr als zweigipfligen Verteilung der Trittschalldämmung kann ausser der Feststellung, dass die Prüfung einer Decke mit und ohne Teppich die Verteilung nicht ändert, noch nichts ausgesagt werden.

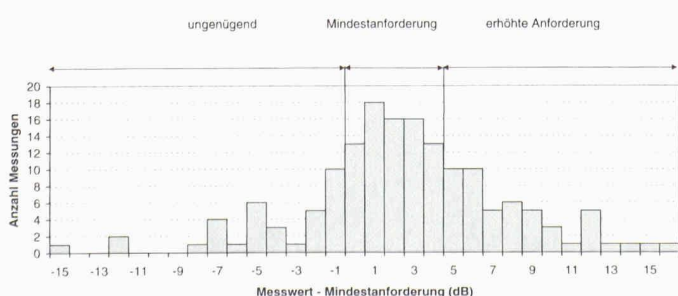
Datenbeschaffung

Einen wesentlichen Teil der Arbeit bildete die Beschaffung von Daten. Sie wurde durch eine gewisse Zurückhaltung von messenden Ingenieurbüros - u.a. wegen Befürchtungen über den weiteren Lauf von büroeigenen Informationen - nicht eben erleichtert.

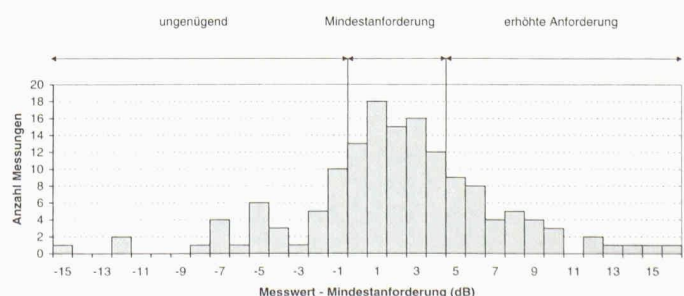
Insgesamt ergaben sich dennoch aus sechs privaten Ingenieurbüros und aus zwei kantonalen Amtsstellen 1635 Daten; 441 Daten zur Luftschalldämmung, 463 Daten zur Trittschalldämmung und 731 Daten zu Geräuschen von haustechnischen Anlagen.

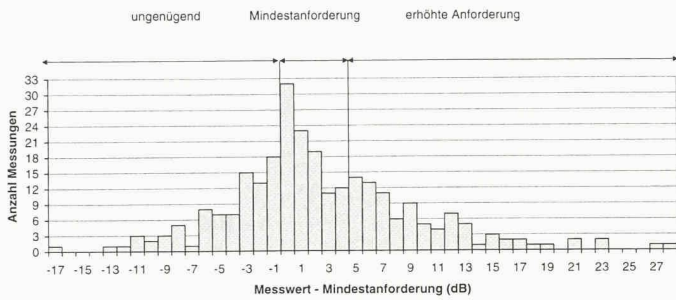
Die Daten stammen ausschliesslich aus der deutschsprachigen Schweiz. Sie finden sich alle - zu einem eventuellen Nachvollzug - in der oben zitierten Diplomarbeit [1].

1
Luftschalldämmung von Decken, sämtliche Messwerte

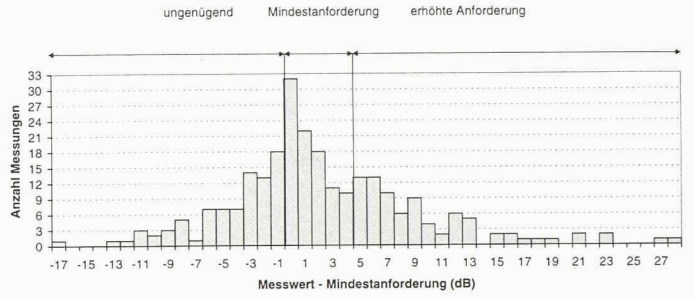


2
Luftschalldämmung von Decken, ohne Messwerte mit vereinbarten erhöhten Anforderungen





3 Luftschalldämmung von Wänden, sämtliche Messwerte



4 Luftschalldämmung von Wänden, ohne Messwerte mit vereinbarten erhöhten Anforderungen

Luftschalldämmung

Vor 1970 wurde als Mass für die Bewertung der Luftschalldämmung (Schutz gegen Aussen- und Innenlärm) gemäss [8] das Luftschallschutzmass (LSM) in dB verwendet. Das LSM war der Differenzwert einer Sollkurve gegenüber einer parallel verschobenen, in ganzen dB-Schritten gemessenen Kurve der Frequenzoktav- bzw. Frequenztterzband-Abhängigkeit vom Schalldämm-Mass R bzw. vom Bau-Schalldämm-Mass R'. Der Unterschied zwischen den Mindestanforderungen und dem Vorschlag für einen erhöhten Schallschutz betrug +5 dB. Norm SIA 181, Ausgabe 1976, verwendete zur Quantifizierung des Luftschallschutzes den Luftschall-Isolations-Index I_a in dB. Er bildete den Zahlenwert des Schalldämm-Masses R bzw. R' bei 500 Hz auf der parallel zur Normkurve verschobenen, in ganzen dB-Schritten gemessenen Kurve der frequenzabhängigen Schalldämm-Masse bzw. derjenigen im Bau. Der Unterschied zwischen den Mindestanforderungen und den erhöhten Anforderungen betrug +5 dB.

Norm SIA 181, Ausgabe 1988, verwendet zur Ermittlung der Frequenzabhängigkeit der Luftschalldämmung an Stelle des Schalldämm-Masses R die Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT} in dB. Als Einzahlangabe wird heute die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ in dB

verwendet. Sie bildet den Zahlenwert der Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT} bei 500 Hz auf der parallel zur Bezugskurve verschobenen, in ganzen dB-Schritten gemessenen Kurve der frequenzabhängigen Standard-Schallpegeldifferenzen. Der Unterschied zwischen den Mindestanforderungen und den erhöhten Anforderungen beträgt ebenfalls +5 dB.

Luftschalldämmung von Decken

Erfasst wurden 159 Messresultate. Ungefähr 80% der Messungen beziehen sich ausdrücklich auf eine zu erreichende Mindestanforderung einer mittleren Lärmempfindlichkeit bei einem Grad der Störung durch normale Nutzung ($D_{nT,w}$: 52 dB).

Das erste Häufigkeitsdiagramm (Bild 1) stellt diese Resultate in Balkenform dar. 21% der Messwerte weisen einen ungenügenden Luftschallschutz von Decken aus, 48% erfüllen die Mindestanforderungen, und 31% genügen den erhöhten Anforderungen oder überschreiten sie gar. Die grösste Häufigkeit liegt bei +1 dB und der Mittelwert bei +2,5 dB.

Die Betrachtung des Diagramms könnte eine leichte Asymmetrie (Zweigipfligkeit) in Richtung erhöhter Anforderungen gegenüber einer idealen Normalverteilung vermuten lassen. Eliminiert man die 12 Messwerte mit nachgewiesenen vereinbarten erhöhten Anforderungen

(8%), ergibt sich ohne grosse Veränderungen Bild 2: 23% der gemessenen Decken weisen jetzt ungenügenden Luftschallschutz aus, 50% genügen den Mindestanforderungen und 27% den erhöhten Anforderungen. Die grösste Häufigkeit bleibt bei +1 dB, der Mittelwert sinkt erwartungsgemäss leicht auf 2,1 dB. Die Werte bleiben aber nahezu normalverteilt, ähnlich dem entsprechenden Diagramm von Hottinger [3] im Jahre 1970.

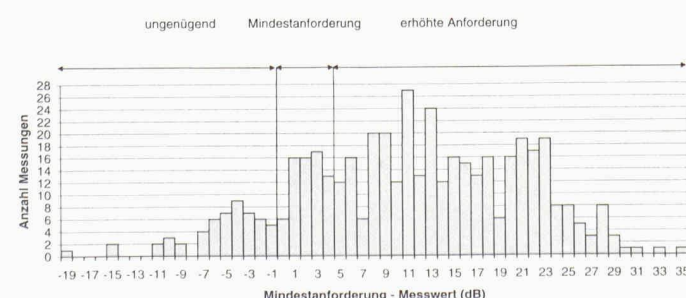
Luftschalldämmung von Wänden

Erfasst wurden 272 Messresultate. Davon stammen 37 von Aussen- und 235 von Innenwänden. Ebenfalls rund 80% der Messungen beziehen sich ausdrücklich auf eine zu erreichende Mindestanforderung einer mittleren Lärmempfindlichkeit bei einem Grad der Störung durch normale Nutzung ($D_{nT,w}$: 35 bzw. 52 dB).

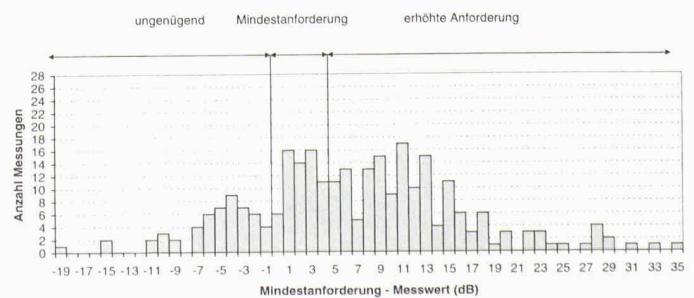
Das nächste Häufigkeitsdiagramm (Bild 3) stellt diese Resultate in Balkenform dar. 31% der Messwerte weisen einen ungenügenden Luftschallschutz von Wänden aus, 36% erfüllen oder überschreiten die Mindestanforderungen, und 33% genügen den erhöhten Anforderungen oder überschreiten sie gar. Die grösste Häufigkeit liegt bei 0 dB und der Mittelwert bei +2,5 dB.

Die Betrachtung lässt ebenfalls, aber hier deutlicher, eine Asymmetrie in Richtung erhöhter Anforderungen gegenüber

5 Trittschalldämmung von Decken, sämtliche Messwerte



6 Trittschalldämmung von Decken, ohne Messwerte mit vereinbarten erhöhten Anforderungen



einer idealen Normalverteilung erkennen. Die Werte sind zweigipflig und damit nicht normalverteilt. Interessanterweise ebenfalls ähnlich dem entsprechenden Diagramm von Hottinger [3] im Jahre 1970, aber nicht mehr mit derselben Intensität des Gipfels bei den höheren Werten.

Eliminiert man die 15 Messwerte (5%) mit ausgewiesenen vereinbarten erhöhten Anforderungen, ergibt sich ohne Änderungen Bild 4: die Zweigipfligkeit bleibt bestehen. 32% der gemessenen Wände weisen damit einen ungenügenden Luftschallschutz aus, 36% genügen den Mindestanforderungen und 32% den erhöhten Anforderungen. Die höchste Häufigkeit bleibt bei +1 dB, der Mittelwert sinkt erwartungsgemäss leicht auf 2,1 dB (Bild 4).

Es erstaunt etwas, dass gerade nur 5% der ausgewerteten Messungen vereinbarte erhöhte Anforderungen ausweisen. Es könnte damit zusammenhängen, dass im Geltungsbereich der heutigen Norm SIA 181 keine Empfehlungen mehr für die Anwendung von Werten der erhöhten Ansprüche an den Luftschallschutz enthalten sind. Im gleichen Zusammenhang kann die Reduktion des oben erwähnten zweiten Gipfels im Häufigkeitsdiagramm gegenüber demjenigen von Hottinger [3] vom Jahre 1970 gesehen werden.

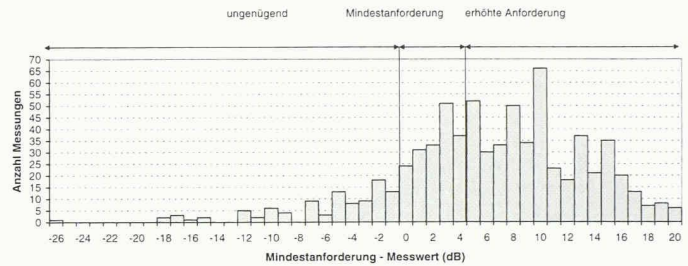
Die Tatsache, dass bei einer Eliminierung der Werte der ausgewiesenen vereinbarten erhöhten Anforderungen keine Veränderung der heutigen Verteilung eintritt, lässt zwei Vermutungen zu:

- Die vertraglich zu vereinbarende Einhaltung erhöhter Anforderungen erscheint nicht in den Messberichten.
- Bei den Planenden ist in den letzten Jahren eine Tendenz entstanden, einen Luftschallschutz entsprechend den erhöhten Anforderungen zu planen, die Ausführenden sind aber befriedigt, wenn die Werte der Mindestanforderungen eingehalten oder gegebenenfalls etwas überschritten sind.

Trittschalldämmung

Vor 1970 wurde als Mass für die Bewertung der Trittschalldämmung gemäss DIN 4109 (1962) das Trittschallschutzmass (TSM) in dB verwendet. Das TSM war der Differenzwert einer Sollkurve gegenüber einer parallel verschobenen, in ganzen dB-Schritten gemessenen Kurve. Die gemessene Kurve bildete die Frequenzoktav- bzw. Frequenzterzband-Abhängigkeit vom Norm-Trittschallpegel L_n bzw. vom Norm-Trittschallpegel unter üblichen Baubedingungen L_{nT} . Der Unterschied zwischen den Mindestanforderungen und dem Vorschlag für einen erhöhten Schallschutz betrug -10 dB.

7
Geräusche von haustechnischen Anlagen



Norm SIA 181, Ausgabe 1976, verwendete zur Quantifizierung des Trittschallschutzes den Trittschall-Isolations-Index I_i in dB. Er bildete den Zahlenwert des Norm-Trittschallpegels L_n bzw. des Norm-Trittschallpegels bei Messungen im Bau L_{nT} , und zwar bei 500 Hz auf der parallel zur Normkurve verschobenen, in ganzen dB-Schritten gemessenen Kurve der frequenzabhängigen Norm-Trittschallpegel bzw. entsprechenden Messungen im Bau. Der Unterschied zwischen den Mindestanforderungen und den erhöhten Anforderungen betrug -10 dB.

Norm SIA 181, Ausgabe 1988, verwendet an Stelle des Norm-Trittschallpegels L_n den Standardtrittschallpegel L_{nT} in dB zur Ermittlung der Frequenzabhängigkeit der Trittschalldämmung. Als Einzahlangabe wird heute der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ in dB verwendet. Er bildet den Zahlenwert des Standard-Trittschallpegels bei 500 Hz auf der parallel zur Bezugskurve verschobenen, in ganzen dB-Schritten gemessenen Kurve der frequenzabhängigen Standardtrittschallpegel. Der Unterschied zwischen den Mindestanforderungen und den er-

höhten Anforderungen beträgt heute - und das ist wesentlich - nur noch -5 dB.

Erfasst wurden 460 Messresultate. 90% der Messungen beziehen sich in dieser Messresultatengruppe auf die Mindestanforderungen von 55 dB.

Das Häufigkeitsdiagramm (Bild 5) stellt diese Resultate in Balkenform dar. 12% der Messwerte weisen einen ungenügenden Trittschallschutz von Decken aus, 15% erfüllen die Mindestanforderungen und 73% genügen den erhöhten Anforderungen oder überschreiten sie gar. Die grösste Häufigkeit liegt bei +11 dB, und der Mittelwert bei +11,4 dB.

Die Betrachtung des Diagramms zeigt eine deutliche Asymmetrie gegenüber einer idealen Normalverteilung, d.h. mit Sicherheit keine Normalverteilung. Eliminiert man die 186 Messwerte mit nachgewiesenen vereinbarten erhöhten Anforderungen (40%), ergibt sich ohne grossen Unterschied Bild 6; die Mehrgipfligkeit bleibt erhalten. 20% der gemessenen Decken weisen jetzt ungenügenden Trittschallschutz aus, 22% genügen den Mindestanforderungen und 58% den erhöhten Anforderungen. Die grösste Häufigkeit

Jahr	Geltende Norm	Anzahl	Normmässig	Decken mit	Decken mit
		geprüfter Decken	ungenügende Decken	normmässigen Mindestanforderungen	normmässig erhöhten Anforderungen
		n	%	%	%
1968	DIN 4109 [8]	216	41	52	7
1970	SIA-Empfehlung [5]	373	33	63	4
1998	Norm SIA 181 [7]	460	12	15	73

8
Stand der Technik des Trittschallschutzes im Wohnungsbau in der Zeit von 1968 bis 1998. Decken mit genügendem und ungenügendem Trittschallschutz

Jahr	Geltende Norm	Anzahl	Normmässig	Decken mit	Decken mit
		geprüfter Decken	ungenügende Decken	normmässigen Mindestanforderungen	normmässig erhöhten Anforderungen
		n	%	%	%
1970	SIA-Empfehlung [5]	70	7	54	39
1998	Norm SIA 181 [7]	159	21	48	31

9
Stand der Technik des Luftschallschutzes von Wohnungstrenndecken in der Zeit von 1970 bis 1998

Jahr	Geltende Norm	Anzahl	Normmässig	Wände mit	Wände mit
		geprüfter	ungenügende	normmässigen	normmässig
		Wände	Wände	Mindest-	erhöhten
		n	%	anforderungen	Anforderungen
				%	%
1970	SIA-Empfehlung [5]	97	21	48	31
1998	Norm SIA 181 [7]	272	31	36	33

10

Stand der Technik des Luftschallschutzes von Wohnungstrennwänden in der Zeit von 1970 bis 1998

Jahr	Geltende Norm	Anzahl	Normmässig	Werte, den	Werte, den
		Messungen	ungenügende	Mindest-	erhöhten
		n	Werte	anforderungen	Anforderungen
		n	%	entsprechend	entsprechend
				%	%
1998	Norm SIA 181 [7]	728	14	24	62

11

Heutiger Stand der Technik der Geräusche von haustechnischen Anlagen

bleibt bei +11 dB, der Mittelwert sinkt erwartungsgemäss auf 6,6 dB.

Das heutige Häufigkeitsdiagramm (Bild 5) zeigt grundsätzliche Unterschiede zum entsprechenden Diagramm von Hottinger [4] aus dem Jahr 1971. Gründe können in diesem Rahmen noch keine angegeben werden. Man könnte sich u.a. fragen, welche Rolle eine ausgedehntere Anwendung neuerer Trittschalldämmstoffe dabei spielt.

Geräusche von haustechnischen Anlagen

Norm SIA 181, Ausgabe 1976, enthält Grenzwerte für die Geräusche von haustechnischen Installationen und gewerblichen Anlagen. Es sind die Maximalwerte von Luftschallpegeln L in dB(A). Der Unterschied zwischen den Mindestanforderungen und den erhöhten Anforderungen beträgt noch -5 dB.

Norm SIA 181, Ausgabe 1988, enthält Werte von Beurteilungspegeln $L_{r,H}$ in dB(A) für Mindest- und für erhöhte Anforderungen. Der Unterschied beträgt -5 dB. Die Beurteilungspegel werden - entsprechend der Schweizerischen Lärmschutzverordnung (LSV) - aus einem Messwert L_A (Maximaler Wert des «A»-bewerteten Schallpegels) und aus Pegelkorrekturen (K1, K2, K3) gebildet; im vorliegenden Fall je eine für die Schallabsorption im Raum, für die Tonhaltigkeit und für die Impulshaltigkeit eines Geräusches.

Von den 728 erfassten Messwerten entsprechen 14% nicht den Mindestanforderungen, 24% erfüllen oder überschreiten den Wert der Mindestanforderungen und 62% erreichen oder überschreiten den Wert der erhöhten Anforderungen. Die

grösste Häufigkeit findet der Wert +10 dB, der Mittelwert liegt bei +6,3 dB.

Bild 7 zeigt, bezogen auf die Anzahl sämtlicher erfasster Messwerte und sehr verallgemeinernd, den heutigen Stand der Technik. Die Häufigkeitsverteilung ist mehrgipflig. Als Begründung wird vorerst ein Vergleich verschiedener Grundgesamtheiten vermutet.

Stand der Technik, heute und früher

Als Grundlage gelten die SIA-Empfehlung 181 (1970) [5], die Norm SIA 181 (1976) [6] bzw. (1988) [7] und die DIN 4109 (1962) [8].

Trittschalldämmung

Verglichen mit den früheren Arbeiten von Hottinger, zeigt sich bei der Trittschalldämmung eine starke Abnahme von normmässig ungenügenden Decken in der Zeit von 1968 bis heute (Bild 8).

Demgegenüber zeigt sich in der gleichen Zeitspanne bei den Decken, die den jeweils normmässigen, erhöhten Anforderungen genügen, eine sehr starke Zunahme, besonders «auf Kosten» des Anteils an Decken, die den jeweils normmässigen Mindestanforderungen genügen. Ein Grund liegt offensichtlich in der reduzierten Differenz zwischen den Mindestanforderungen und den erhöhten Anforderungen von 10 auf 5 dB in der Norm SIA 181, Ausgabe 1988, gegenüber derjenigen von 1976.

Luftschalldämmung

Bei der Luftschalldämmung von Decken und Wänden muss - im Gegensatz zur Trittschalldämmung von Decken - ebenfalls unter der Voraussetzung des

Vergleichs mit den jeweils gültigen Normen offenbar eine Verminderung des Wohnkomforts eingetreten sein. Sie manifestiert sich - gegenüber den früheren Untersuchungen - einerseits in einer Zunahme des Anteils an ungenügendem Luftschallschutz sowohl bei Decken (Bild 9) als auch bei Wänden (Bild 10), und zwar auf Kosten von Decken und Wänden, die den jeweiligen normmässigen Mindestanforderungen genügen sollten. Der Anteil von Decken, die den jeweils normmässigen erhöhten Anforderungen genügen, hat sich seit 1970 ebenfalls vermindert. Der Anteil von Wänden, die den jeweils normmässigen erhöhten Anforderungen genügen, hat sich hingegen seit 1970 praktisch nicht verändert.

Geräusche von haustechnischen Anlagen

Entsprechend umfangreiche, frühere Messdaten fehlen. Der Stand der Technik präsentiert sich demzufolge heute unvergleichlich wie in Bild 11 angegeben.

Adresse der Verfasser:

Karl Trefzer, Dr. phil. II SIA USIC, Trefzer + Rosa, Akustik und Schwingungstechnik, 4020 Basel, und Prof. am Institut für Umwelttechnik, Fachhochschule beider Basel, 4132 Muttenz, Ljiljana Tisler, dipl. Bauing. FH, Institut für Umwelttechnik, Fachhochschule beider Basel, 4132 Muttenz

Literatur

- [1] Tisler L.: Norm SIA 181, Schallschutz im Hochbau, 30 Jahre danach. Diplomarbeit am Institut für Umwelttechnik an der FHBB, 1998
- [2] Hottinger R.: Bericht über Messergebnisse des Trittschallschutzes in Wohnbauten. Schweiz. Bauzeitung 16, S. 273, 1968
- [3] Hottinger R.: Schallschutz im Wohnungsbau. Schweiz. Bauzeitung 36, S. 3, 1970
- [4] Hottinger R.: Messergebnisse des Trittschallschutzes im Wohnungsbau; Schweiz. Bauzeitung 37, S. 3, 1971
- [5] SIA-Empfehlung 181, 1970
- [6] Norm SIA 181, Ausgabe 1976
- [7] Norm SIA 181, Ausgabe 1988
- [8] DIN 4109, 1962

Dank

Die Autoren danken an dieser Stelle den privaten Ingenieurbüros und den kantonalen Amtsstellen für das Interesse an der vorliegenden Arbeit und speziell für die Unterstützung in der Datenbeschaffung für die Diplomarbeit [1].