



Projekt "Schallschutz im Holzbau"

Die Bedeutung des grossvolumigen, mehrgeschossigen Bauens mit Holz nimmt dank liberalisierten Brandschutzvorschriften und dank steigender Nachfrage nach energieeffizienten, nachhaltigen Bauweisen zu. Das Projekt "Schallschutz im Holzbau" der Lignum und der Berner Fachhochschule in Biel will eine höchstmögliche Planungssicherheit für Planer, Ingenieure, Architekten sowie Ver- und Bearbeiter von Holz schaffen.

Damit der ermittelte Bedarf an Forschung und Entwicklung sowie an Information abgedeckt werden kann, wird das grosse Feld in Zusammenarbeit mit der gesamten Branche als Schwerpunkt bearbeitet. Da entscheidende Fortschritte in der Entwicklung nur aufgrund einer systembezogenen Betrachtung zu erwarten sind, wird das Schwergewicht auf wirtschaftlich konkurrenzfähige und für den Schweizer Markt bedeutende Konstruktionen gelegt.

Schwerpunkte sind die Ermittlung von schallschutztechnisch relevanten Kennwerten, die Entwicklung von schall- und holzbautechnisch optimalen Bauteilen und Gebäuden, exakte Nachweismöglichkeiten des Schalldämmvermögens von Holzkonstruktionen und die Bereitstellung von Anwendungshilfen für die Planung und Ausführung. Das Projekt umfasst vier Aktionsfelder, denen insgesamt 13 Teilprojekte zugeordnet sind. Die Aktionsfelder bzw. Teilprojekte sind miteinander vernetzt und die Aktivitäten untereinander abgestimmt.

Das Projekt dauert nach aktueller Planung 2009–2014. Die verschiedenen Projekte werden aufgrund ihrer Dringlichkeit durchgeführt. Die Teilprojekte mit Schwerpunkt "Grunddaten" werden zuerst initiiert und bearbeitet, damit die notwendigen Grundlagen für die Teilprojekte "Technischer Schallschutz" zur Verfügung stehen. Die Erkenntnisse des Projektes (Projekte im Bereich Wissenstransfer) werden nach den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten veröffentlicht.

Das Projekt wird durch sämtliche wichtigen Verbände der Holzwirtschaft und von wichtigen Industriepartnern und Forschungsinstituten getragen. Massgebliche Unterstützung erfolgt durch den Aktionsplan Holz des Bundesamtes für Umwelt BAFU.

Link [Projektdarstellung "Schallschutz im Holzbau"](#)

Derzeit werden laufend Aufbauten an der EMPA in Dübendorf zur Ermittlung von schalltechnischen Kennwerten gemessen. Einen Schwerpunkt bilden umfangreiche Untersuchungen im 2011 eröffneten Leichtbauprüfstand zu den Schallnebenwegen. Die Ergebnisse fliessen in eine Datenbank ein. Im folgenden ein Überblick über ein laufendes Teilprojekt zur subjektiven Wahrnehmung von Schall.

SUBJEKTIVE WAHRNEHMUNG VON SCHALL

Das Ziel der akustischen Gestaltung ist in erster Linie, geeignete Bedingungen für die Nutzer zu schaffen. Denn bei Lärmbelastung treten körperliche Veränderungen auf, ohne dass dies bewusst wahrgenommen wird.¹ Die häufige Einschätzung, dass Lärm nicht stört, bzw. dass man sich daran gewöhnt, schliesst daher mögliche langfristige gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht aus [i].

¹ So lassen sich bei Untersuchungen von Schlafenden hormonelle Veränderungen im Körper als Folge von Lärmeinwirkungen feststellen. [i]

Im Hochbau geht es dabei um Luftschalldämmung gegenüber Innen- und Aussengeräuschen, um Trittschall- und Körperschalldämmung und um die Schallabsorption (Raumakustik). Die Schallschutz-technischen Anforderungen sind in der Schweiz in der Norm SIA 181 "Schallschutz im Hochbau" geregelt. Die verlangten Einzahlwerte beziehen sich hauptsächlich auf das Frequenzspektrum zwischen 100 und 3150 Hz, der Tieffrequenzbereich wird (damit) faktisch nicht einbezogen.

Neben den normativen Vorgaben bestehen bewohnerbedingte Anforderungen. Diese basieren auf dem subjektiven Empfinden der Menschen. Gemessen an Umfragen [ii] und der Anzahl Reklamationen ist auch bei erfüllten Normwerten der störendste Lärm bei in Leichtbauweise errichteten Gebäuden die Trittschallübertragung aus fremden Wohnbereichen. Dieser dumpfe Lärm, der auch als Dröhnen bezeichnet wird, wird im darüber liegenden Stockwerk hauptsächlich durch Schritte, aber auch durch herumrennende Kinder oder Stühlerücken verursacht [iii]. Diese in Gebäuden üblichen Schallemissionen sind z.T. sehr tieffrequent, d.h. sie haben ihre wesentlichen Schallanteile unterhalb 100 Hz.

Es hat sich damit also schon mehrmals gezeigt, dass die Korrelation der akustischen Qualität zwischen den standardisierten Bewertungsmethoden und der menschlichen Wahrnehmung bei Holzgebäuden ungenügend sein kann.

Mit dem Forschungsprojekt "AcuWood" ist deshalb innerhalb des Forschungsprojektes "Schallschutz im Holzbau" der Lignum/AHB die akustische Qualität von Holzbauten untersucht worden. Die Arbeiten im Rahmen dieses europäischen WoodWisdom-Net Programms hatten zwei Ziele. Einerseits einen auf den Deckenaufbau bez. deren Bauart bezogenen Einblick in die akustische Zufriedenheit der Bewohner von Holzhäusern zu gewinnen. Andererseits sollten akustischen Deskriptoren (Umrechnungsfaktoren) abgeleitet werden, welche besser mit der menschlichen Wahrnehmung korrelieren und mit denen es möglich ist, eine Klassifizierung der akustischen Qualität von Decken in Holzbauten vorzunehmen. Der Schwerpunkt lag bei der Trittschallübertragung.

Um die beiden Ziele zu erreichen, wurde eine fragebogenbasierte Feldstudie in der Schweiz und Deutschland durchgeführt und diese mit im Labor durchgeführten Hörtests abgeglichen und analysiert. Dazu wurden verschiedene Gebäude und Bauarten einbezogen. Um die akustischen Bewertungen der Antwortenden in einen Kontext setzen zu können, wurden neben Fragen zum Trittschall und anderen akustischen Qualitäten auch Eigenschaften zum Gebäude und zum Umfeld abgefragt.

Die Labor-Hörtests basierten teilweise auf Aufnahmen, welche in den befragten Gebäuden gemacht wurden. Durch diese Kombination war es möglich, die akustische Langzeit-Zufriedenheit der Einwohner mit dem kurzfristigen subjektiven Eindruck während des Laborhörtests zu vergleichen.

1 METHODE

Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass bisher durchgeführte Befragungen zur Bewohner-Meinung bezüglich der Lärmsituation in ihren Häusern oft schwer zu vergleichen sind bzw. faktisch nicht in einen anderen Kontext, wie z.B. die mehrgeschossigen Holzbauten in der Schweiz, gesetzt werden können, da unterschiedliche Fragen- und Antwortoptionen verwendet wurden.

Der Fragebogen der Umfrage entsprach deshalb weitgehend demjenigen des innerhalb des Forschungsnetzwerk COST TU 0901 entwickelten Fragebogens [iv]. Das trägt zu einer Erleichterung bei länderübergreifenden Auswertungen bei. Der COST-Fragebogen wurde bei diesem Projekt einzig mit einigen zusätzlichen Elementen ergänzt, um neben akustischen Eigenschaften auch andere Gebäudeeigenschaften zu erfassen. Diese zusätzlichen Fragen hatten das Ziel, die vom Befragten abgegebene akustische Bewertungen nicht durch andere, positive oder negative Einflüsse in seiner Umgebung, zu überlagern und damit zu verfälschen. Die im Fragebogen aufgeführten Punkte hatten alle das Ziel, die grundsätzliche und die akustische Zufriedenheit zu eruieren.

Die Hörtests wurden ebenfalls so aufgesetzt und durchgeführt, dass sie Vergleichbarkeit gewährleisten. D.h., es wurden standardisierte Rating-Skalen verwendet, nämlich die subjektive Belästigung-Ratingskala nach ISO/TS 15666 [v] und die subjektive Lautheit-Ratingskala nach ISO

16832 [vi]. Zusätzlich wurde eine Frage zur individuellen Lärmempfindlichkeit und eine Ja/Nein-Frage zur Lärmbelästigung eingebaut.

1.1 Umfrage

Die Einladung zur Teilnahme an der webbasierten Umfrage wurde entweder per E-Mail verschickt oder den Einwohnern in den ausgewählten Gebäuden in den Briefkasten gelegt. Nur moderne Holzgebäude, zu denen explizite Informationen über die Bauart zur Verfügung standen, wurden eingeschlossen.

Der Fragebogen umfasste insgesamt 41 Fragen. Es wurden jedoch einige Fragen nur in Abhängigkeit zu den vorher gegebenen Antworten gestellt, so dass die Anzahl der gestellten bzw. beantworteten Fragen von Teilnehmer zu Teilnehmer leicht unterschiedlich sein konnte.

Der Fragebogen führte einleitend eine Erklärung über den Zweck und die Ziele der Umfrage auf. Dann wurden allgemeine Fragen über die Eigentumsverhältnisse, den Gebäudetyp, die persönliche Haltung gegenüber Holzkonstruktionen, das Wohnumfeld, die Lage des Objekts und die Wohnsituation gestellt. Diesen Fragen folgte eine Frage zur gesamtheitlichen Zufriedenheit mit der Wohnsituation und einem Ranking der persönlichen Prioritäten verschiedener Aspekte des Wohnumfeldes. Anschliessend mussten diese verschiedenen Aspekte auch bezüglich Zufriedenheit bewertet werden. Der Fragebogen enthielt auch Fragen im Hinblick auf die Nachbarschaft, Ärger und Ideen für eine Verbesserung der Situation. Dem folgte eine Frage über den Lärm im allgemeinen, und anschliessend kamen Fragen zur Belästigung durch unterschiedliche Lärmquellen. Im Anschluss wurde eine Frage über die Lärmempfindlichkeit gestellt. Am Ende des Fragebogens wurden die persönlichen Daten erfasst. Diese enthielten Informationen über Geschlecht, Alter, Anzahl der im gleichen Haushalt lebenden Personen, Arbeitssituation und Anstellung sowie das Alter des Gebäudes.

Die Befragung in Deutschland startete im Mai 2012 und wurde im Februar 2013 abgeschlossen. In der Schweiz wurden die Einladungen zur Befragung im Dezember 2012 in die Briefkästen verteilt. Im Februar wurde nochmals auf die gleiche Weise nachgehakt, und im April 2013 wurde die Umfrage abgeschlossen.

1.2 Labor

Das Mess- und Aufnahmeverfahren ist ausgiebig in [vii] beschrieben und wird deshalb hier nur in einer verkürzten Form abgebildet.

Innerhalb des Projektes wurden Mikrofon-Aufnahmen und binaurale Aufnahmen mit einem Kunstkopf in verschiedenen Gebäuden und im Labor des IBP durchgeführt. Die Labore des IBP entsprechen den Anforderungen nach ISO 10140-5. Die Mikrofon-Aufnahmen wurden zur Ableitung technischer Deskriptoren durchgeführt, die Kunstkopf-Aufnahmen für die Durchführung der Hörtests. Der Trittschall von verschiedenen Quellen wurde in beiden Situationen im Empfangsraum gemessen und aufgezeichnet, und die Labor- wie auch die Baumessungen wurden gemäss ISO 10140 bzw. ISO 140-7 durchgeführt. Die Position des Kunstkopfes im Raum war bei allen Aufnahmen ähnlich und auf eine Höhe von 1,2 m gesetzt, was eine sitzende Person abbildet. Die technischen Lärmquellen, die bei allen beschriebenen Messungen verwendet wurden, umfassten das standardisierte Normhammerwerk, das modifizierte Normhammerwerk und den japanischen Gummiball nach ISO 10140-5.

Diese technischen Quellen wurden durch "reelle" Quellen ergänzt; gehende weibliche Person mit harten Absätzen und gehende männliche Person mit Schuhwerk bzw. in Socken. Bei allen Baumessungen wurde der gleiche männliche Geher engagiert. Bei den Labormessungen kamen unterschiedliche Geher zum Zug, weshalb Unterschiede bei den Gang- und Anregungsarten existieren. Durch eine genaue Vorgabe des Begehens der Decke (Kreis) und der Trittfrequenz (2 Hz) wurde bestmöglich versucht, die Unterschiede zwischen den eigentlich identischen Quellen gering zu halten. Bei der zweiten Art von Messungen mit "reellen" Quellen wurde ein Stuhl über den Boden gezogen.

Die Messungen am IBP wurden auf einer Holzbalkendecke, auf einer Holzbalkendecke mit abgehängter Decke und auf einer Normbetondecke durchgeführt. Die Messungen wurden jeweils auf der Rohdecke und auf der Rohdecke mit schwimmend verlegtem Laminat, schwimmend verlegtem Parkett, mit Fliesen und Teppich durchgeführt. Zusätzlich wurden Baumessungen bei 10 verschiedenen Gebäuden, vier davon in der Schweiz, durchgeführt. Die gewählten Gebäude für die Baumessungen sind moderne mehrgeschossige Holzbauten (Schweiz) und moderne zweigeschossige Einfamilienhäuser (Deutschland). Die Gesamtzahl der Messungen und Aufzeichnungen, die so für die Hörtest zur Verfügung stand, addierte sich auf 218 verschiedene Geräusche.

Zwei Hörtests (n = 18, n = 22) mit identischem Setup wurden im Labor durchgeführt. Es wurden verschiedene Testpersonen für die beiden Experimente eingeladen. Um die Vergleichbarkeit der Urteile dieser beiden Hörtests zu gewährleisten, wurde die identische Aufnahme einer Baumessung bei beiden Gruppen abgespielt und die Probanden darüber abgefragt. Die Aufnahmen der Hörtests wurden auf eine Länge zwischen 5 und 20 Sekunden geschnitten und den Probanden über Kopfhörer (Sennheiser HD 280 Pro) eingespielt. Der Schallpegel wurde unter Verwendung eines künstlichen Ohrs kalibriert (G.R.A.S. 43AA). Die Rating-Skalen zur wahrgenommenen Belästigung und wahrgenommenen Lautstärke entsprachen der Norm ISO/TS 15666 (11 Punkte-Rating-Skala) und der ISO 16832 (51 Punkte-Rating-Skala). Zusätzlich wurde die individuelle Lärmempfindlichkeit mittels einer 11-Punkte-Skala von "überhaupt nicht" bis "extrem" und einer polaren Frage (einer sog. Ja/Nein-Frage) zur Lärmbelästigung eruiert. Letztere bat die Probanden zu beurteilen, ob sie der vorgespielte Klang ärgern würde, wenn sie sich vorstellten, diesem während der Lektüre eines Buches oder einer Zeitung zu Hause über eine längere Zeit ausgesetzt zu sein.

2 RESULTATE

2.1 Umfrage

Es wurden gut 1500 Fragebogen verteilt. Insgesamt 415 nutzbare Datensätze wurden durch die Befragung der Bewohner ermittelt. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit des Fragebogens durch diese lag bei 16 Minuten. Nicht alle Fragen mussten zwingend beantwortet werden, womit die Zahl der Antworten bei gewissen Fragen z.T. unter 415 liegt. Die 415 eingegangenen auswertbaren Datensätze wurden zu 33% von weiblichen und zu 67% von männlichen Personen ausgefüllt. Das Durchschnittsalter lag bei 46 Jahren, mit einem Bereich von 27 bis 84 Jahren. Die durchschnittliche Anzahl der im gleichen Haushalt lebenden Personen lag bei 3, darunter eine Person unter dem Alter von 18 Jahren. Die Mehrheit der Befragten, nämlich 54%, waren Mieter der Objekte, während 41% der Befragten Eigentümer waren. Die restlichen 5% wählten die Kategorie "Sonstige", was z.B. Genossenschaften etc. sein können. Unter anderem wurden die Befragten gebeten, verschiedene Aspekte des Wohnumfeldes individuell nach der von ihnen wahrgenommenen Bedeutung zu rangieren. Abbildung 1 zeigt das Ergebnis dieses Rankings. Der Schallschutz wurde im Mittelfeld rangiert.

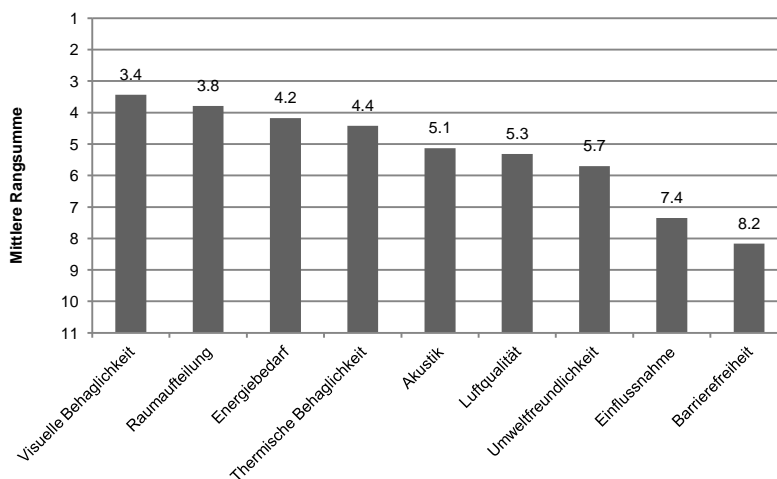


Abb. 1 Rangliste (arithmetischer Mittelwert) der individuellen Bedeutung der unterschiedlichen Eigenschaften des Wohnumfeldes. Die verschiedenen Eigenschaften wurden von jedem Befragten (n = 414) individuell rangiert.

Die Befragten wurden auch gebeten zu beurteilen, wie zufrieden sie mit der Umwelt im allgemeinen und mit verschiedenen Eigenschaften ihres Wohnumfeldes sind. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis der Beurteilung. Insgesamt lässt sich sagen, dass die Befragten sehr zufrieden mit ihrem Wohnumfeld sind. Nur das Urteil bezüglich der Möglichkeit, das Wohnumfeld selbst zu steuern, war etwas niedriger (kontrollierte Lüftungen etc.).

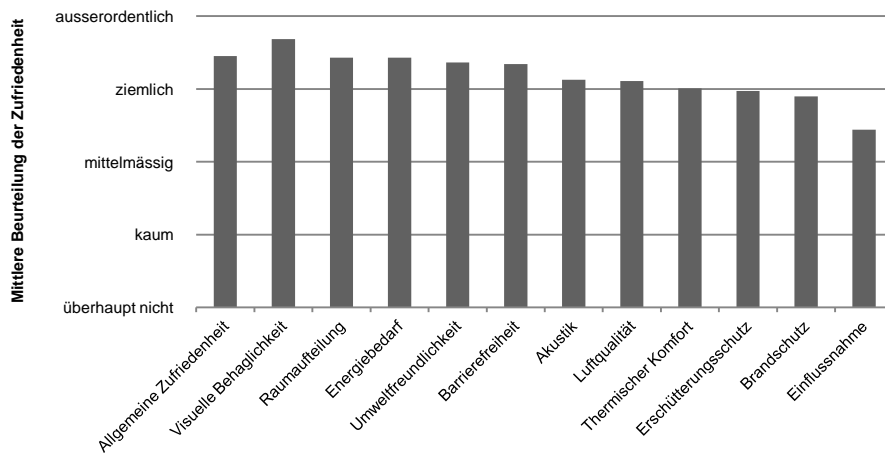


Abb. 2 Urteil (arithmetischer Mittelwert) der wahrgenommenen individuellen Zufriedenheit in Bezug auf verschiedene Eigenschaften des Wohnumfeldes (n = 415). Die Urteile wurden auf einer Fünf-Punkte-Skala angegeben.

Der Fokus bei der Umfrage lag auf dem Schallschutz. Der Fragebogen enthielt eine allgemeine Frage zur Lärmbelastigung sowie Fragen zur Belastigung durch verschiedene Lärmquellen. Die Formulierungen der Fragen und die Rating-Skalen entsprachen dem COST TU 0901 Forschungsnetzwerk, welches wiederum auf der Norm ISO/TS 15666 [v] basiert. Abbildungen 3.1 und 3.2 zeigen die Ergebnisse der Lärmbelastigungs-Fragen. Es fällt auf, dass die Lärmbelastigung durch individuelle Lärmquellen insgesamt eher gering und die allgemeine Lärmbelastigung höher beurteilt wird. Es scheint also, dass die allgemeine Lärmbelastigung durch die Anhäufung der Belastigungen der einzelnen Quellen verursacht wird. Es ist auch offensichtlich, dass die Situation sich signifikant zwischen Mehrfamilienhäusern und Einfamilienhäusern unterscheidet.

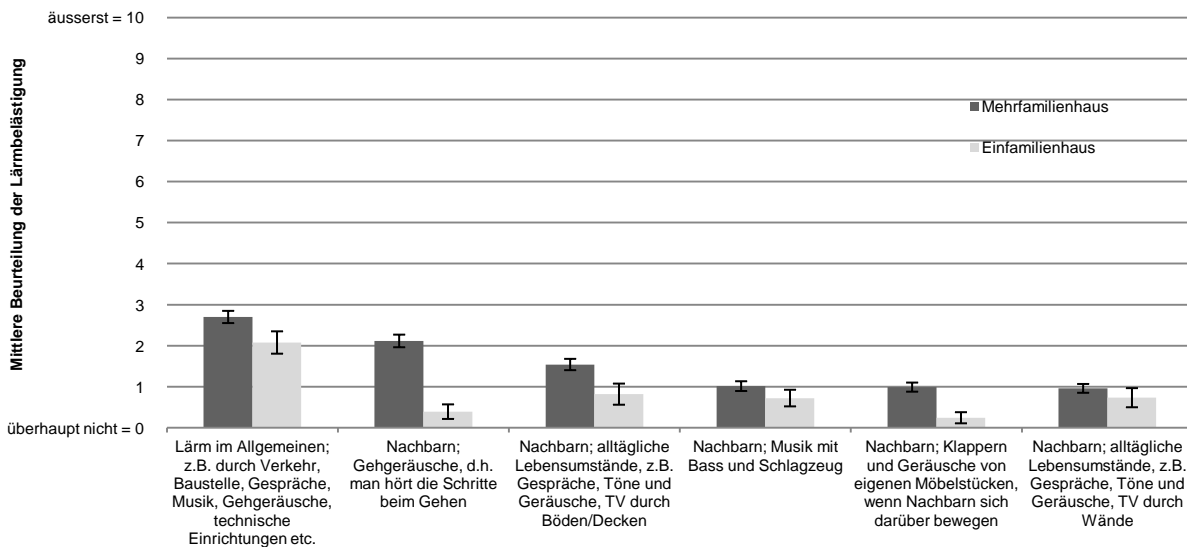


Abb. 3.1 Urteil (arithmetischer Mittelwert) und Standardfehler der wahrgenommenen Belästigung im Hinblick auf verschiedene Lärmquellen im Wohnumfeld (n = 415). Die Urteile wurden auf einer 11-Punkte-Skala angegeben.

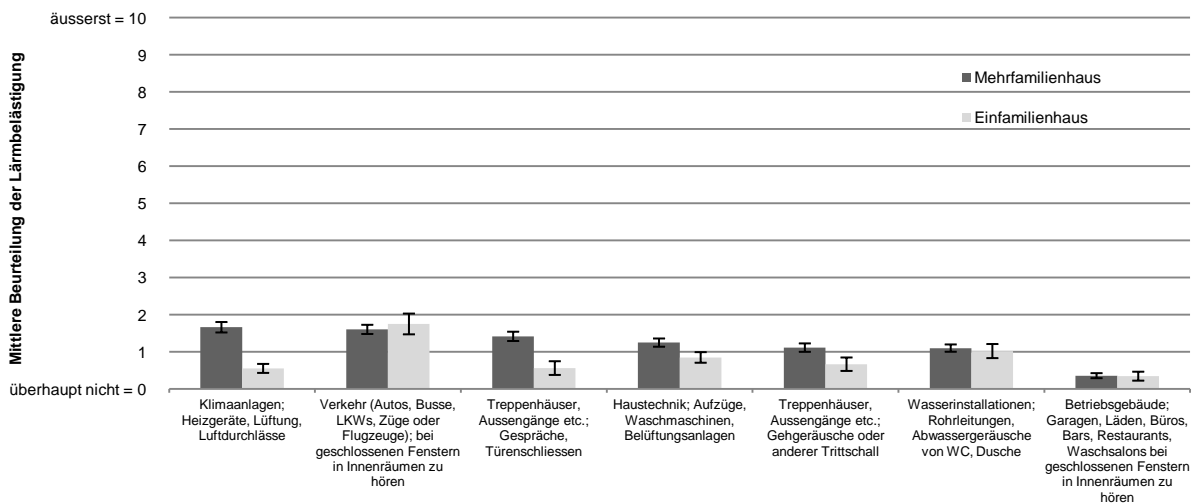


Abb. 3.2 Urteil (arithmetischer Mittelwert) und Standardfehler der wahrgenommenen Belästigung im Hinblick auf verschiedene Lärmquellen im Wohnumfeld (n = 415). Die Urteile wurden auf einer 11-Punkte-Skala angegeben.

Diese offensichtlichen Unterschiede sind auch statistisch signifikant. Die Varianzanalyse (ANOVA) zeigt einen signifikanten Effekt der beiden Gruppen Mehrfamilienhaus und Einfamilienhaus ($F(1, 340) = 4.20, p < .05, \eta^2 = .012$) und der Geräuschquellen ($F(10.75, 3654.77) = 11.43, p < .01, \eta^2 = .033$) (ermittelt durch verschiedene Fragen in Bezug auf verschiedene Lärmquellen). Die Interaktion zwischen den Gruppen und dem Fragenfaktor ist ebenfalls signifikant ($F(10.75, 3654.77) = 4.34, p < .01, \eta^2 = .013$). Bei allen Paarvergleichen, mit Ausnahme der allgemeinen Lärmbelästigung, zeigt sich deutlich, dass der von Nachbarn verursachte Trittschall für Mehrfamilienhaus-Bewohner ein signifikant bedeutenderes Problem darstellt als andere Lärmquellen ($p < .01$).

2.2 Labor

Die Korrelationen zwischen subjektiver und objektiver Trittschall-Parameter ist ausführlich in [vii] beschrieben. Dort wird gezeigt, dass die am besten geeignete technische Quelle, um den "realen" Gehrschall in Bezug auf dessen menschliche Wahrnehmung darzustellen, der japanische Gummiball ist. Die geeignetste Variante, um den bewerteten Norm-Trittschallpegel mit dem Gummiball abzubilden, ist nach [vii] $L'_{F,max,nT,A,20-2500}$, mit einem Bestimmtheitsmass $R^2 = 0,75$. Zum Vergleich: Das Bestimmtheitsmass für den bewerteten Norm-Trittschallpegel in Bezug auf das Norm-Hammerwerk liegt in allen Fällen tiefer ($R^2 = 0,63$).

Neben der Analyse bezüglich der Korrelation wurden weitere Untersuchungen mit den Hörtest-Daten aus dem Labor durchgeführt. So wurde einerseits analysiert, ob und wie die unterschiedlichen Lärmquellen, Deckenkonstruktionen und Bodenbeläge wahrgenommen werden. Auf der anderen Seite stand auch die Frage nach der Beziehung zwischen dem kurzfristigen subjektiven Eindruck während der Labor-Hörtests und der akustischen Langzeit-Zufriedenheit von Einwohnern (Umfrage). Die Abbildungen 4 bis 6 zeigen die Ergebnisse aus der Befragung bezüglich der Bewertungen der Lärmbelästigung.

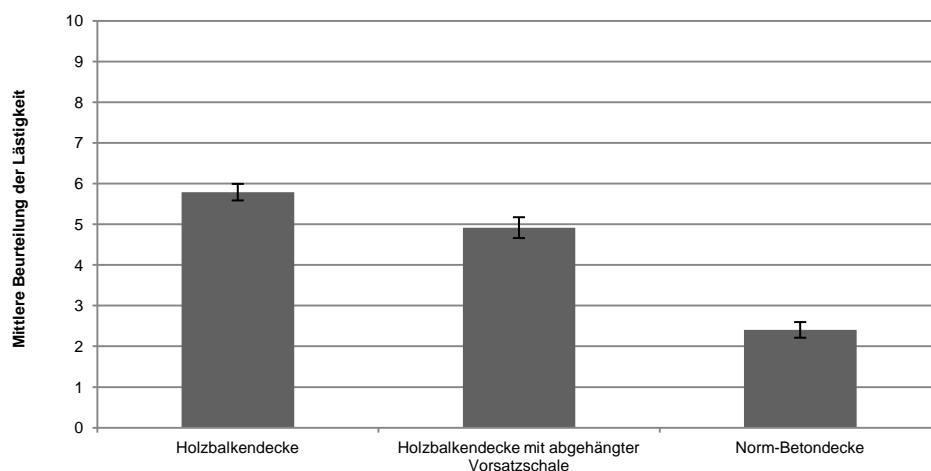


Abb. 4 Bewertung der Belästigung (arithmetischer Mittelwert) und Standardfehler in Abhängigkeit von der Art der Deckenkonstruktion.

Die ANOVA zeigt einen signifikanten Effekt ($F(2, 32) = 506.56$, $p < .01$, $\eta^2 = .969$) der Deckenkonstruktionsart (Holz balkendecke vs. Holz balkendecke mit abgehängter biegeweiche Vorsatzschale vs. Betondecke). Paarvergleiche zeigen, dass die Wahrnehmung bei allen Deckenkonstruktionen signifikante Unterschiede aufweist ($p < .05$).

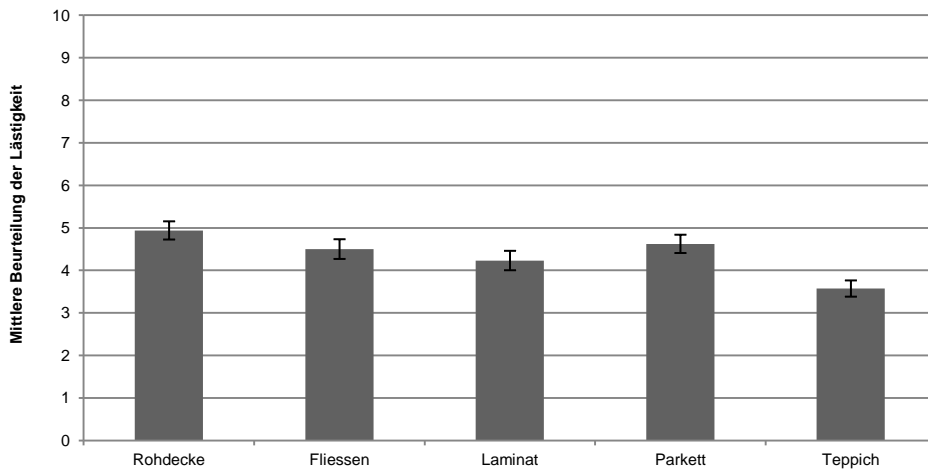


Abb. 5 Bewertung der Belästigung (arithmetischer Mittelwert) und Standardfehler in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit des Bodens.

Die ANOVA zeigt auch beim Einfluss der Bodenbeläge auf die subjektive Schallwahrnehmung einen signifikanten Effekt (Rohdecke vs. Boden mit schwimmendem Estrich vs. Fliesen vs. Boden mit schwimmendem Estrich mit Laminat vs. Boden mit schwimmendem Estrich und Parkett vs. Boden mit schwimmendem Estrich und Teppich) ($F(4, 64) = 73.55, p < .01, \eta^2 = .821$). Paarvergleiche zeigen, dass die signifikanten Unterschiede zwischen allen Bodenbelägen ($p < .05$), ausser zwischen Fliesen und Parkett, wahrgenommen werden.

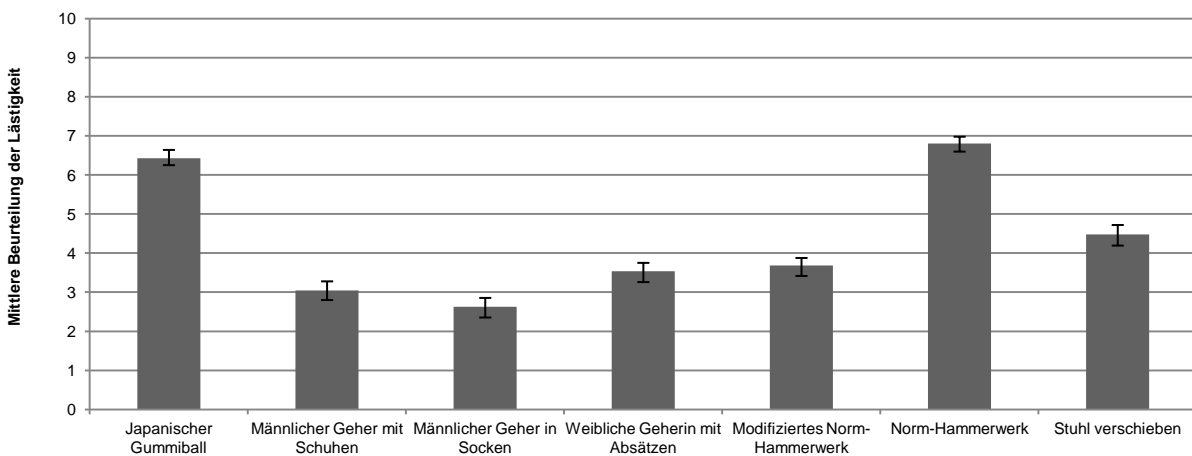


Abb. 6 Bewertung der Belästigung (arithmetischer Mittelwert) und Standardfehler in Abhängigkeit von der Schallquelle.

Der Effekt des Faktors Schallquelle ist ebenfalls signifikant ($F(3.10, 49.65) = 125.93, p < .01, \eta^2 = .887$). Paarvergleiche zeigen, dass die signifikanten Unterschiede zwischen allen Lärmquellen ($p < .05$), mit Ausnahme des modifizierten Normhammerwerks und der weiblichen Geherin, wahrgenommen werden.

Alle Wechselwirkungen zwischen den drei Faktoren sind ebenfalls signifikant. Aus Gründen der Komplexität dieser Wechselwirkungen werden diese hier jedoch nicht behandelt.

Schliesslich stellt sich noch die Frage, ob und wie sich die akustische Langzeit-Zufriedenheit der Bewohner in Bezug auf den kurzfristigen subjektiven Eindruck, welcher mittels der Labor-Hörtests ermittelt worden ist, unterscheidet. Um das herauszufinden, wurden die Ergebnisse der Hörtests aus dem Labor den Ergebnissen aus der Befragung gegenübergestellt. Das konnte im Rahmen dieses Projektes anhand von zwei Gebäuden gemacht werden, welche in Winterthur bzw. Zürich stehen. In diesen beiden Holzbauten wurden einerseits Baumessungen durchgeführt und damit Aufnahmen mit dem Kunstkopf gemacht. Andererseits wurden die Bewohner mittels Fragebogen befragt. Damit bestanden die jeweils nötigen Datensatzpaare zur Verfügung, um diese Frage beantworten zu können.

Da die gleiche 11-stufige Ratingskala im Hörtest im Labor und bei der Umfrage verwendet wurde, können die Ergebnisse direkt miteinander verglichen werden. Abbildung 7 zeigt den Vergleich zwischen dem Belästigung-Rating der Bewohner der beiden Gebäude und dem Belästigungs-Rating, welches die Probanden anhand der Aufnahmen aus diesen Gebäuden während des Labor-Hörtests abgegeben haben.

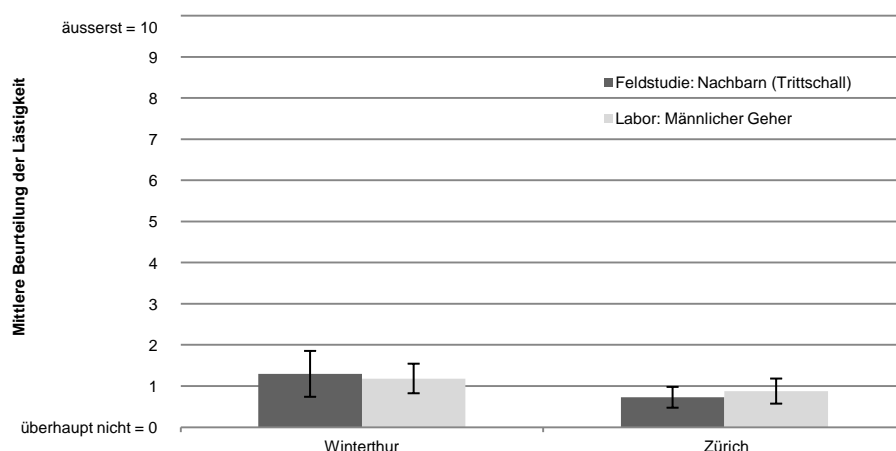


Abb. 7 Vergleich der Bewertung der Belästigung (arithmetischer Mittelwert) und Standardfehler im Hinblick auf den effektiv wahrgenommenen Trittschall von Nachbarn im bewohnten Zustand und jener durch das aufgenommene Geräusch des männlichen Gehers, welches im Labor den Probanden vorgespielt wurde.

Die ANOVA zeigt keinen signifikanten Effekt zwischen den beiden Orten Winterthur und Zürich ($F(1, 86) = 1.56, p > .05, \eta^2 = .018$) und ebenfalls keinen signifikanten Effekt zwischen den Faktoren Umfrage und Labor-Hörtests ($F(1, 86) < 1$). Die Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren ist nicht signifikant ($F(1, 86) < 1$).

3 SCHLUSSFOLGERUNG

Aus den Untersuchungen kann zurzeit geschlossen, dass die allgemeine Zufriedenheit mit dem Wohnumfeld durchwegs positiv ist und die Leute die Belästigung durch Lärm im Gesamtkontext zwar negativ werten, aber nicht übermässig unzufrieden sind mit der aktuellen Situation in modernen Holzgebäuden. Die Arbeiten zeigen offensichtlich, dass bei Mehrfamilienhäusern die am meisten beanstandete Lärmquelle der Trittschall aus fremden Wohnungen ist. Das ist ein klarer Hinweis, dass es diesbezüglich noch weiteres Verbesserungspotential bei Holzgebäuden gibt.

Die Hörtests ergaben, dass neben wenigen Ausnahmen die Probanden deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Deckenkonstruktionen, Bodenbelägen und Geräuschquellen wahrnehmen. Jedoch traten verschiedene Wechselwirkungen auf, welche nun im Detail weiter analysiert werden müssen.

Die Untersuchung zeigt zudem, dass die akustischen Langzeit-Zufriedenheit der Bewohner jener der kurzfristigen entspricht, also jener, welche im Labor eruiert wurde. Das heisst, dass Bewertungen aus dem IBP-Labor zum subjektiven Eindruck auf die IST-Situation von Bauten übertragen werden können.

-
- i Abbühl, F.; Balmer, M.; Bögli, H.; Brulhart, C.; Burkhardt, M.; Fischer, F.; Kuentz, T.; Liengme, J.D.; Looser, M.; Jörg, U.; Meloni, T.; Schaffner, M.H.; Seiler, A.; Siegenthaler, M.; Zurkinden, A. (2002): *Lärmbekämpfung in der Schweiz – Stand und Perspektiven*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 329. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern
 - ii Burkhardt, C. (2002): *Tieffrequenter Trittschall – Messergebnisse, mögliche Ursachen*. In: Tagungsband DAGA 2002
 - iii Hagberg, K.; Persson, T.; Höök, M. (2009): *Design of light weight constructions – risks and opportunities*. In: InterNoise 2009. Ottawa
 - iv C. Simmons, K. Hagberg, E. Backman (2011): *Acoustical Performance of Apartment Buildings – Resident’s Survey and Field Measurements*. SP rapport. SP Trätec, Stockholm
 - v ISO ISO/TS 15666 (2003): *Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys*.
 - vi ISO 16832 (2006): *Acoustics - Loudness scaling by means of categories*.
 - vii M. Späh, A. Liebl, L. Weber, P. Leistner (2013): *Correlation between subjective and objective parameters of impact noise sources in wooden buildings*. In: InterNoise 2013. Innsbruck