Forum Holz | Bau | Spezial Akustik & Brand

4. HolzBauSpezial

Akustik & Brandschutz im Holz- und Innenausbau

Kurhaus, DE-Bad Wörishofen

13./14. März 2013

Stoßstellendämmung, elastische Zwischenschichten – Flankenübertragung bei Gebäuden in Massivholzbauweise

Hendrik Reichelt
Getzner Werkstoffe GmbH
Bürs, Österreich

Stoßstellendämmung, elastische Zwischenschichten – Flankenübertragung bei Gebäuden in Massivholzbauweise

1. Einleitung

Die Schallübertragung zwischen zwei Räumen wurde in den letzten Jahren für die unterschiedlichsten Bauweisen untersucht und beschrieben. Für die Massivbauweise liegen Normen für Prognosemodelle vor, z. B. die DIN EN 12354. Für die Holzbauweise fehlt eine solche Norm, es sind jedoch umfangreiche grundlegende Untersuchungen zur Beurteilung der schalltechnischen Qualität von Holzgebäuden vorhanden. Neben der Beurteilung des Schalldurchgangs durch das Trennbauteil wird auch die Schall-übertragung über die Flanken berücksichtigt.

Speziell für die Massivholzbauweise hat die Holzforschung Austria (HFA) im Mai 2009 den Detailkatalog „Deckenkonstruktionen für den mehrgeschossigen Holzbau“ [1] veröffentlicht. Neben dieser Arbeit zeigen auch Untersuchungen am ift Rosenheim [2] und der HS Rosenheim [3], dass sich das Stoßstellendämmmaß durch die Anordnung von elastischen Zwischenschichten deutlich verbessern lässt.

Im Bereich der Modulbauweise, bei welcher der Schalldurchgang durch die Trennbauteile aufgrund der Konstruktion sehr gut verhindert wird, ist die schalltechnische Entkopplung durch elastische Zwischenschichten der einzelnen Module eine gängige und sinnvolle Maßnahme. Untersuchungen von Ökvist et al. [4] belegen dies.

Die Idee bei diesen Anwendungen ist, die Schallübertragung über die Übertragungswege Fd, Df und Ff, wie in Abbildung 1 dargestellt, durch eine Schwingungsentkopplung der Bauteile mittels elastischer Materialien bestmöglich zu unterbinden.

Die Herausforderung bei der Auswahl geeigneter elastischer Lager besteht darin, dass die Lager einerseits den einwirkenden Kräften aus Eigengewicht der Bauteile und der Verkehrslasten dauerhaft standhalten müssen, andererseits elastisch genug sein müssen, um eine möglichst geringe Abstimmfrequenz des Schwingungssystems zu erzielen. Dabei soll ein Frequenz-verhältnis f/f_0 von mindestens $\sqrt{2}$ eingehalten werden, wobei f die niedrigste zu dämmende Frequenz und f_0 die Abstimmfrequenz des Masse-Feder-Systems ist. Eine Beispielrechnung ist im Detailkatalog der HFA [1] angeführt.

Die auf Polyurethan-Werkstoffen basierenden Typenreihen Sylomer® und Sylodyn® sind hierfür hervorragend geeignet. Die mit Unternehmen aus der Holzbaubranche entwickelte Lösung konnte bereits mehrfach erfolgreich umgesetzt werden.

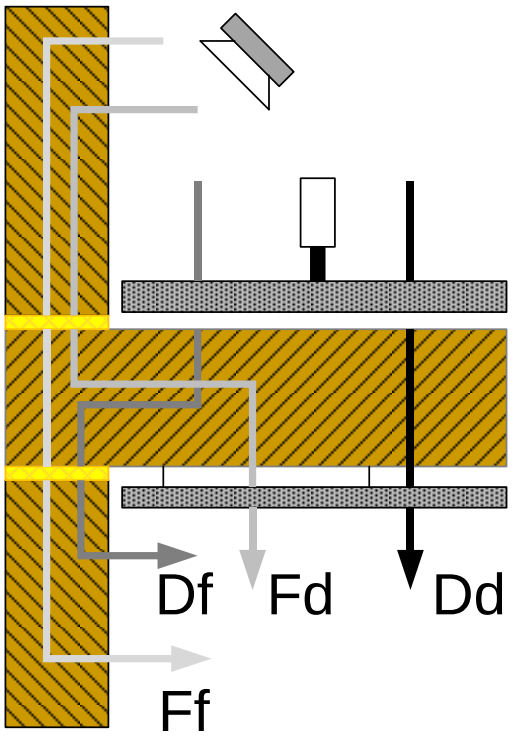


Abbildung 1:
Schematische Darstellung der Schallübertragungswege

2. Verwendung der elastischen Zwischenschichten

In einem Gebäude treten aufgrund geometrischer und nutzungsbedingter Gegebenheiten unterschiedliche vertikale Lasten auf. Um den oben angesprochenen Kriterien gerecht zu werden, stellt Getzner die Sylodyn® Typenreihe mit unterschiedlichen Steifigkeiten und Breiten zur Verfügung.

Linienlast * (100 mm Streifen)			Pressung		Einsenkung		Farbe
Material	[kN/m]		[N/mm²]		[mm]		
	von	bis	von	bis	von	bis	
Sylodyn® NB	1	7,5	0,01	0,08	0,1	1	rot
Sylodyn® NC	7,5	15	0,08	0,15	0,5	1,1	gelb
Sylodyn® ND	15	35	0,15	0,35	0,5	1,3	grün
Sylodyn® NE	35	75	0,35	0,75	0,6	1,3	blau
Sylodyn® NF	75	150	0,75	1,5	0,7	1,3	violett

Linienlast * (150 mm Streifen)			Pressung		Einsenkung		Farbe
Material	[kN/m]		[N/mm²]		[mm]		
	von	bis	von	bis	von	bis	
Sylodyn® NB	1,5	11	0,01	0,08	0,1	1	rot
Sylodyn® NC	11	23	0,08	0,15	0,5	1,1	gelb
Sylodyn® ND	23	54	0,15	0,35	0,5	1,3	grün
Sylodyn® NE	54	118	0,35	0,75	0,6	1,3	blau
Sylodyn® NF	118	230	0,75	1,5	0,7	1,3	violett

Abbildung 2: Sylodyn® Typenprogram für die Holzbauweise (* Lasten sind im GZG zu ermitteln)

Durch die Verwendung der Sylodyn® Typenreihe sind Abstimmfrequenzen $f_0 \leq 23$ Hz möglich. Die maximal zulässige Pressung kann dabei 1,5 N/mm² betragen. Treten höhere Belastungen - z. B. unter Stützen - auf, kann auf die ergänzenden Produkte Sylodyn® HRB-HS 3000 und HRB-HS 6000 zurückgegriffen werden, die mit bis zu 6 N/mm² belastet werden können.

Um eine statische Verbindung der Bauteile, in diesem Fall zwischen Wand und Decke, zu ermöglichen und dabei gleichzeitig Schallbrücken zu vermeiden, wurde gemeinsam mit Simpson Strong-Tie® der ABAI 105 entwickelt.

Abbildung 3: ABAI 105, Simpson Strong-Tie®

2.1. Bemessung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

Für die Ermittlung der schalltechnisch optimalen Steifigkeiten der elastischen Zwischenschichten wird der Nachweis mit den Lasten im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit geführt. Die charakteristischen ständigen Eigenlasten werden mit den charakteristischen veränderlichen Verkehrslasten addiert. Je nach Verwendung der Räume werden die charakteristischen veränderlichen Verkehrslasten in Anlehnung an die DIN 1055-100 mit dem Kombinationswert ψ_2 abgemindert.

2.2. Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

Der Nachweis der Standsicherheit des Gebäudes wird wie gewohnt im Grenzzustand der Tragfähigkeit geführt. Für den Bemessungswert des Tragwiderstandes R_d der Sylodyn® Typenreihe wird der Wert für die maximal zulässigen Lastspitzen – seltene, kurzzeitige Lasten – angesetzt.

2.3. Brandschutz

Die Werkstoffe Sylodyn® und Sylomer® sind nach DIN EN 13501-1 der Klasse E eingestuft. Untersuchungen der HFA [1] zeigen, dass die Anschlussfuge in der Massivholzbauweise mit elastischen Lagern aus Sylodyn® einer Branddauer von mindestens 60 Minuten standhält.

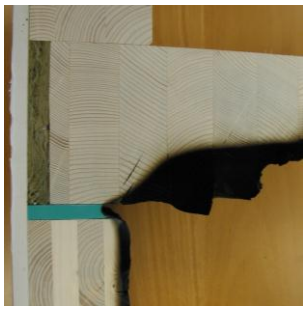


Abbildung 4: Detail nach Brandversuch, HFA

3. Projekt BV Meickl St. Johann in Tirol

2011 errichtet das Holzbau-Unternehmen Raimund Meickl aus St. Johann in Tirol, Österreich ein Wohnhaus für 3 Wohneinheiten nach Passivhaus-Standard. Für den Bauherren Martin Meickl war dabei wesentlich, dass neben einem energetisch und klimatisch ausgezeichnet funktionierenden Gebäude auch höchste Anforderungen an schalltechnische Randbedingungen erfüllt werden. Aus diesem Grund fiel die Wahl des Baumaterials auf Brettsperrholz-Elemente die durch elastische Zwischenschichten entkoppelt wurden. Im Erdgeschoss sind 2 Wohnungen nebeneinander angeordnet, die unter einer weiteren Wohnung liegen, die sich über das 1. und 2. Obergeschoss erstreckt.

An diesem Objekt bestand die Möglichkeit Schallmessungen zweier unterschiedlicher Situationen vorzunehmen. Nach Fertigstellung des Fußbodenaufbaus und Befestigung von verputzten Holzweichfaserplatten (HWF), in denen die elektrische Leitungsführung realisiert ist, wurde eine erste Luft- und Trittschallmessung durchgeführt (Situation 1). Eine zweite Messung erfolgte nach der Montage der entkoppelten abgehängten Decke (Situation 2).

Abbildung 5: Rendering BV Meickl

3.1. Einbau der elastischen Zwischenschichten und Verbindungsmittel

Für den Einbau der elastischen Lager wurde im Vorfeld nach Vorgaben der Statik ein Verlegeplan erstellt. Nach dem Aufstellen des Erdgeschosses wurden entsprechend diesem Verlegeplan die Sylodyn® Streifen auf der Oberseite der Erdgeschosswände angebracht.

Abbildung 6: Aufstellen der Erdgeschosswände

Abbildung 7: Verlegen der Sylodyn® Lager

Die Deckenelemente liegen auf den elastischen Lagern auf, wobei letztere über eine entkoppelte Verschraubung mit den Wandelementen verbunden sind. Um Körperschall-brücken zwischen Schraube und Deckenelement zu vermeiden, wurden die Schrauben-löcher vorgebohrt und unter dem Schraubenkopf eine Beilagscheibe mit einer elastischen Unterlage angeordnet.

Abbildung 8: Vorbohren der Schraubenlöcher

Abbildung 9: Verschrauben mit elastischer Unterlage

Auf der Decke wurden anschließend die elastischen Lager nach Verlegeplan aufgelegt und die Wandelemente des ersten Obergeschosses auf diesen aufgestellt.

Abbildung 10: Verlegte Sylodyn® Lager

Abbildung 11:Aufstellen der OG Wandelemente

Zur statischen Verbindung der Wandelemente mit den Deckenelementen wurde der ABAI 105 mit Hilfe einer Setzhilfe, die eine optimale Vorspannung der elastischen Zwischenschichten im Winkel garantiert, auf der Decke verschraubt und an den Wandelementen vernagelt.

Abbildung 12: Verschrauben des Winkels

Abbildung 13: Vernageln des Winkels

Durch diese Maßnahmen ist die Entkopplung zwischen Erdgeschoss und 1. Obergeschoss konsequent durchgeführt.

3.2. Ergebnisse der Schallmessungen, Situation 1

Die Luft- und Trittschallmessungen erfolgten an zwei Orten zwischen 1. Obergeschoss und Erdgeschoss, siehe Abbildung 14.

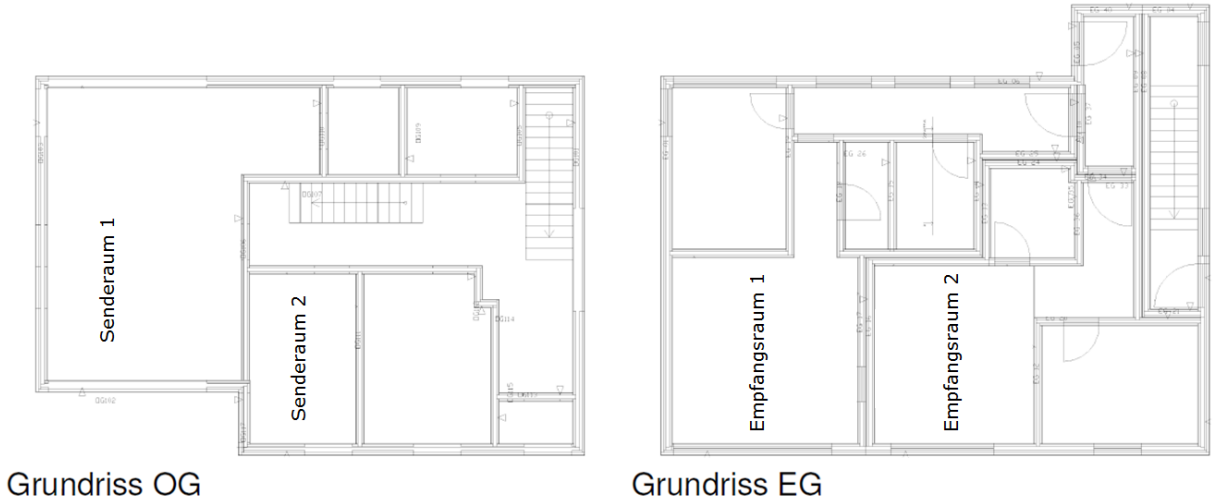
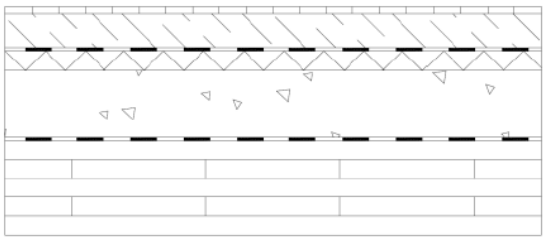


Abbildung 14: Grundrisse der Etagen mit den Positionen für die Schallmessungen

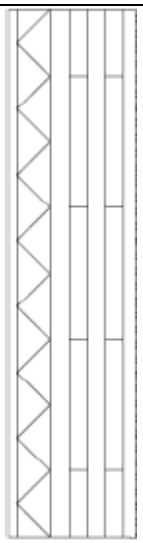
Die Decke und die überwiegende Anzahl der Wände sind entsprechend Tabelle 1 aufgebaut.

Tabelle 1: Aufbau der Decke und der Wand Situation 1



Deckenaufbau:

80 mm	Zementestrich
35 mm	Trittschalldämmung, SD: 9MN/m³
80 mm	Kiesschüttung
182 mm	Brettsperrholz (BSP), fünflagig



Wandaufbau:

60 mm	HWF verputzt
94 mm	BSP, dreilagig

Die in Tabelle 2 angeführten Messergebnisse sind für den bewerteten Normtrittschall-pegel am Bau $L'_{n,w}$, den bewerteten Standard-Trittschallpegel am Bau $L'_{nT,w}$ sowie für das bewertete Bau-Schalldämmmaß R'_w und die Standard-Schallpegeldifferenz am Bau $D_{nT,w}$ ausgewertet worden.

Tabelle 2: Ergebnisse der Schallmessungen Situation 1

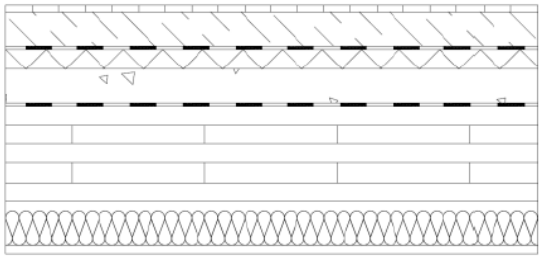
	$L'_{n,w}$	R'_w	$L'_{nT,w}$	$D_{nT,w}$
Messung 1.1	47 dB	59 dB	43 dB	60 dB
Messung 1.2	46 dB	59 dB	44 dB	61 dB

Zusätzlich wurden die einzelnen Flanken auf ihre Schallabstrahlung untersucht. Die Schallabstrahlung des Trennbauteils (Decke) lag über 10 dB höher als die Schallabstrahlung der Wände. Dies weist darauf hin, dass die Schallübertragung in maßgeblichem Umfang über das Trennbauteil erfolgt und die Flanken aufgrund der elastischen Entkopplung nur einen geringen Beitrag zur Schallübertragung zwischen 1. Obergeschoss und Erdgeschoss leisten.

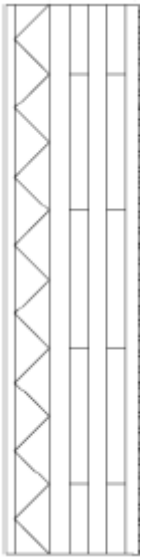
3.3. Ergebnisse der Schallmessungen, Situation 2

Die Ergebnisse aus Situation 1 bestätigen, dass die geplante Maßnahme, die Decke mit einer elastisch entkoppelten abgehängten Decke zu versehen, sehr sinnvoll ist. Denn die abgehängte Decke wird die Schallübertragung durch das Trennbauteil weiter reduzieren. Nach Fertigstellung der abgehängten Decke wurden an denselben Orten wie bei Situation 1, vgl. hierzu Abbildung 14, erneut Schallmessungen durchgeführt. Der Aufbau der Decke und Wand ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Aufbau der Decke und der Wand Situation 2



Deckenaufbau:
9 mm Laminat, inkl. ca. 1,5 mm Kork
80 mm Zementestrich
35 mm Trittschalldämmung, SD: 9MN/m³
80 mm Kiesschüttung
182 mm Brettsperrholz, fünflagig
75 mm Hohlraumdämmung zwischen Lattung an Direktabhängern durch Sylodyn® entkoppelt
12,5 mm Gipskartonplatte



Wandaufbau:
60 mm HWF verputzt
94 mm Brettsperrholz

Die Ergebnisse der Schallmessungen der Situation 2 können der Tabelle 4 entnommen werden. Die Verbesserung der Schallkennwerte liegt sowohl beim Trittschall wie beim Luftschall zwischen 11 dB und 14 dB. Damit bestätigt sich, dass alle Schallschutz-massnahmen ausgezeichnet zusammenspielen und dass ein hervorragender Schallschutz im Massivholzbau mit den geeigneten Maßnahmen möglich ist

Tabelle 4: Ergebnisse der Schallmessungen Situation 2

	$L'_{n,w}$	R'_{w}	$L'_{nT,w}$	$D_{nT,w}$
Messung 2.1	34 dB	70 dB	31 dB	71 dB
Verbesserung	13 dB	11 dB	12 dB	11 dB
Messung 2.2	32 dB	73 dB	30 dB	75 dB
Verbesserung	14 dB	14 dB	14 dB	14 dB

4. Projekt Seniorenwohnhaus Hallein (SWH)

In Hallein / Salzburg, entsteht 2012 und 2013 der erste 5-stöckige Holzmodulbau in Österreich. Das erste Geschoss, in Stahlbetonbauweise mit allgemeiner Nutzung für Verwaltung, Therapie, Personalräume und Produktionsküche trägt vier Wohngeschosse in Modulbauweise. Insgesamt bieten die 136 Wohnmodule, hergestellt mit Brettsperrholzelementen, Platz für 128 Einzelzimmer und 8 Doppelzimmer. Auf die von Kaufmann C. [5] dargestellten Vorteile dieser Bauweise wird hier nicht näher eingegangen.

Abbildung 15: Rendering Seniorenwohnhaus Hallein (Quelle: SPS Architekten ZT GmbH [6])

Die einzelnen Wohnmodule, bestehend aus BSP Wand-, Boden- und Deckenelementen, werden im Werk inklusive Fußbodenaufbau und der kompletten Inneneinrichtung vorgefertigt. Anschließend werden sie auf Transportern auf die Baustelle geliefert, wo sie aufeinander gestellt werden. Auf Grund dieser Konstruktion, dargestellt in Abbildung 16, ist die direkte Schallübertragung über das Trennbauteil (Decke) zwischen den übereinanderliegenden Modulen sehr gut verhindert. Durch die Entkopplung der Module mit elastischen Zwischenschichten wird die Schallübertragung über die Flanken erfolgreich reduziert.

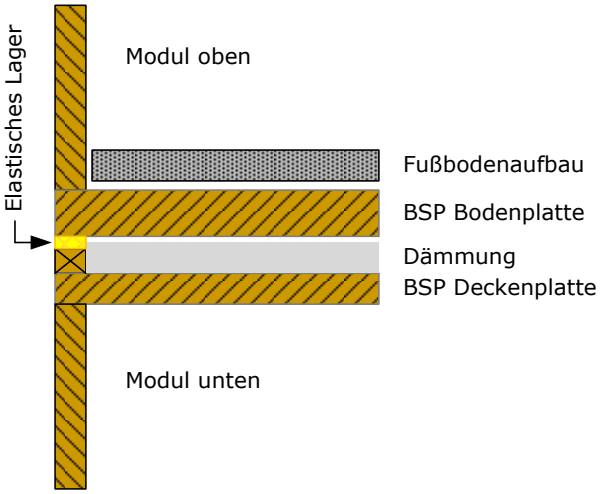


Abbildung 16: Schematische Darstellung (Eckdetail) der entkoppelten Module

4.1. Schallmessung der Wohnmodule

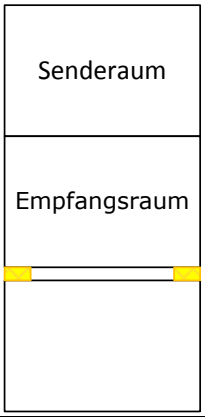
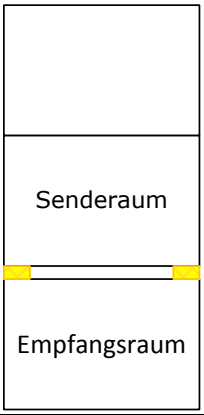
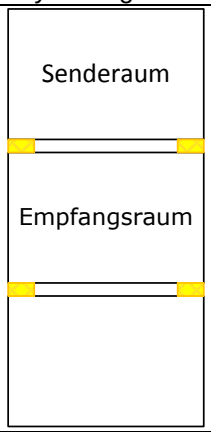
Vor Auslieferung der fertig produzierten Module bestand die Möglichkeit Schallmessungen durchzuführen. Es wurden zwei Einheiten nebeneinander angeordnet. Die eine Einheit bestand aus drei, die andere Einheit aus zwei übereinander gestapelten Modulen. Dies ermöglichte umfangreiche schalltechnische Untersuchungen in horizontaler, vertikaler und diagonaler Richtung zwischen den Modulen vorzunehmen (Abbildung 17 und Abbildung 18). In diesem Bericht wird ausschließlich auf die Messungen eingegangen, welche die elastische Lagerung betreffenden.

Abbildung 17: Aufeinander gestapelte Module

Abbildung 18: Stapeln der Module (Quelle: Künz)

Um Vergleiche anstellen zu können, wurden die ca. 11 Tonnen schweren Module einmal ohne elastische Lager (Situation 1), einmal getrennt mit Sylomer® Streifen (Situation 2) und einmal getrennt durch Sylodyn® Streifen (Situation 3) aufeinander gestellt (dargestellt in Tabelle 5). Die Auswahl des Sylomer® bzw. Sylodyn® Typs wurde nach Vor-gaben der Statik bemessen.

Tabelle 5: Zusammenstellung des Messaufbaus und der Ergebnisse

	Situation 1	Situation 2	Situation 3
	Schallmessung ohne elastische Lager	Schallmessung mit Sylomer® Lager	Schallmessung mit Sylodyn® Lager
			
$D_{nT,w}$ (C; C_{tr})	54 (-2;-6) dB	62 (-2;-7) dB	67 (-2;-8) dB
Verbesserung	---	8 dB	13 dB
$L'_{nT,w}$ (C_i)	50 (0) dB	43 (0) dB	36 (1) dB
Verbesserung	---	7 dB	14 dB

Die Ergebnisse zeigen, dass ohne Einsatz der elastischen Lager die Mindestanforderung der Norm sowohl für den Luftschall ($D_{nT,w} \geq 55$ dB) sowie für den Trittschall ($L'_{nT,w} \leq 48$ dB) nicht erfüllt sind. Für beide Situationen, bei denen elastische Lager verwendet wurden, konnten die Vorgaben für einen erhöhten Schallschutz sowohl für den Luftschall ($D_{nT,w} \geq 58$ dB) sowie für den Trittschall ($L'_{nT,w} \leq 43$ dB) erreicht werden.

5. Danksagung

Der Autor bedankt sich bei den Firmen Raimund Meickl GmbH, Kaufmann Bausysteme GmbH und Kaufmann Zimmerei und Tischlerei GmbH für die Möglichkeit die umfang-reichen Untersuchungen an ihren Bauvorhaben durchführen zu können. Sowie bei den Bauphysikern Herrn Hans Peter Buschbacher und Herrn Lothar Künz mit seinem Team für die Durchführung der jeweiligen Schallmessungen.

6. Literatur

[1] Holzforschung Austria, Detailkatalog „Deckenkonstruktionen für den Mehrgeschossigen Holzbau, 1. Auflage Mai 2009, ISBN 978-3-9502526-3-7

[2] Rabold, A., Schalltechnische Lösungen für Massivholzelemente in der Geschossbauweise, 4. Europäischer Kongress für energieeffizientes Bauen mit Holz 2011

[3] Schramm, M., Vertikale Flankenübertragung bei Massivdecken, Diplomarbeit Fachbereich Holztechnik, HS Rosenheim 2008

[4] Ökvist R., Ljunggren F., Agren A., Variation in sound insulation in multi-storey lightweight timber constructions, Intern Noise 2009, Ottawa, Canada, 2009

[5] Kaufmann C., Bauen in 3D – modulares Bauen in neuen Ansätzen und Massstäben, Tagungsband 18. Internationales Holzbauforum, Garmisch-Patenkirchen 2012

[6] Sps Architekten, Neubau Seniorenwohnhaus Hallein Projektbeschreibung, http://www.proholz.at/fileadmin/proholz/media/Projektbeschreibung_Hallein.pdf Download 12.01.2013

Vertrieb forum-holzbau Postfach 474 CH-2501 Biel
T +41 32 327 20 00 F +41 32 327 20 09
info@forum-holzbau.com www.forum-holzbau.com