Bauakustische Optimierung von Deckenaufbauten in Holzmassivbauweise für den Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 200 Hz

Christian Lux[1], Bernd Nusser[2]

[1] *Holzforschung Austria, Akustik Center Austria, 1030 Wien, E-Mail: c.lux@holzforschung.at*
[2] *Holzforschung Austria, Akustik Center Austria, 1030 Wien, E-Mail: b.nusser@holzforschung.at*

Exkurs / Einleitung

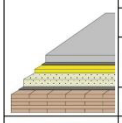
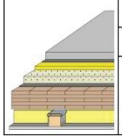
Bei der bauakustischen Planung von Gebäuden in Holzbauweise stellt die tieffrequente Schalldämmung ein häufiger Diskussionspunkt dar. Die Holzforschung Austria (HFA) hat Untersuchungen zur bauakustischen Verbesserung von Brettsperrholzdecken (BSP-Decken) speziell im tieffrequenten Bereich durchgeführt und zwei mögliche Optimierungsansätze (elastische Abhängung und elastische Lagerung der Schüttung) verfolgt.

Voruntersuchungen

Die HFA führte im Rahmen des Akustik Center Austria Projektes Untersuchungen zur Optimierung von Holzmassivdecken durch. Hierfür wurden BSP-Deckenkonstruktionen, welche im Auftrag der TU-München im Zuge des Projekts „dataholz.de“ geprüft wurden, für eine bauakustische Verbesserung modifiziert.

In Tabelle 1 ist der Aufbau der Decken aus der oben genannten Voruntersuchung zu sehen. Anhand der gemessen Frequenzverläufe der Norm-Trittschallpegel in Abbildung 1 ist ersichtlich, dass sich bei Decke DE2 ab 160 Hz aufwärts die Verbesserung durch die Unterdecke einstellt. In diesem Bereich kann die Abhängung die volle Wirkung entfalten und die Trittschalldämmung der Grunddecke DE1 wesentlich verbessern. Ab 160 Hz abwärts wird die Schalldämmung der Grunddecke unterschritten. Dies liegt an dem zusätzlichen Masse-Feder-Masse-Systems aus BSP und Unterdecke mit einer Resonanzfrequenz bei 63 Hz.

Tabelle 1: Aufbau der Decken aus der Voruntersuchung (* laut Produktdatenblatt)

Aufbau	d in mm	Material	m‘ in kg/m²	s‘ in MN/m³
DE1 	60,0	Zementestrich-Platten (Fertigelemente)	150,0	-
	30,0	Trittschall-Dämmplatten	3,4	≤ 11 *
	60,0	Schüttung elast. gebunden, Splitt 4 – 8 mm	93,7	-
	140,0	BPS-Decke	65,0	-
DE2 	70,0	U-Direktabhänger mit Lattung und	3,3	-
	60,0	Mineralwolle	0,8	-
	12,5	GKF	9,4	-

Dasselbe Bild zeigt sich auch, wenn man die bewerteten Norm-Trittschallpegel und die Spektrumanpassungswerte $C_{I,50\text{-}2500}$ der beiden Decken in Tabelle 2 betrachtet. Im Einzahlwert ist DE2 besser als DE1 wird dann aber die tieffrequente Deskriptor $C_{I,50\text{-}2500}$ mit betrachtet verschiebt sich das Bild und das Grundelement wird „besser“. Werden diese Ergebnisse wie in [1] eingeschätzt, um diese mit dem subjektiven Empfinden zu korrelieren, ergeben sich folgende Bereiche (die Angaben sind farblich hinterlegt und in Tabelle 2 und Tabelle 5 wiederzufinden):

- **$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} > 53$ dB**
  → **wird als störend empfunden**
- **$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} \leq 53$ dB**
  → **wird als nicht störend empfunden**
- **$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} \leq 50$ dB**
  → **wird als kaum wahrnehmbar empfunden**

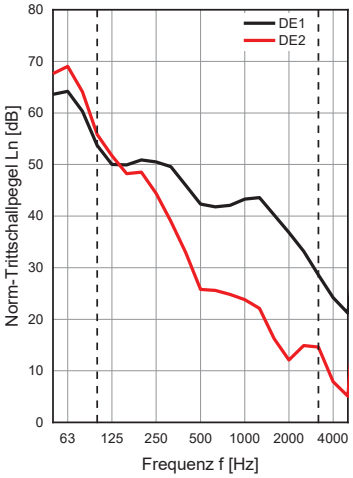


Abbildung 1: Frequenzverlauf des Norm-Trittschallpegels der zwei Deckenaufbauten DE1 und DE2

Tabelle 2: Angabe der bewerteten Norm-Trittschallpegel und der Spektrumanpassungswerte $C_{I,50\text{-}2500}$

	Decke	$L_{n,w}$	$C_{I,50\text{-}2500}$	$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$
	in dB			
NHW	DE1	46	7	53
	DE2	42	15	57

Optimierungsansätze

Wie in [2] gezeigt wird, kann durch eine elastisch gelagerte Unterdecke mit tiefer Eigenfrequenz (gem. [3] 12 Hz ≤ f_0 ≤ 25 Hz) die tieffrequente Schalldämmung einer Holzbalkendecke deutlich verbessert werden. In wie weit dies auch für Massivholzdecken zu einer tieffrequenten Verbesserung führt, wurde von der HFA untersucht und wird hier präsentiert.

Am Fraunhofer Institut für Bauphysik wurde erkannt, dass sich bei kleinformatigen Deckenaufbauten (1 m × 1 m) die Trittschalldämmung deutlich steigern lässt, wenn unterhalb

der Schüttung eine zusätzliche elastische Schicht (Trittschalldämmung) eingebracht wird [4]. In wie weit dies für großformatige Holzmassivdecken zu einer Verbesserung führt, wurde von der HFA untersucht und wird hier präsentiert.

Zur tieffrequenten Verbesserung der hier untersuchten Decken wurden somit im Wesentlichen zwei Ansätze überprüft:

1. Elastische Lagerung der Unterdecke mit tiefer Eigenfrequenz (siehe Abbildung 2). Bei optimaler Auslastung des Elastomers lag die Eigenfrequenz f_0 bei 12 Hz.
2. Elastische Lagerung der Schüttung (siehe Abbildung 3).

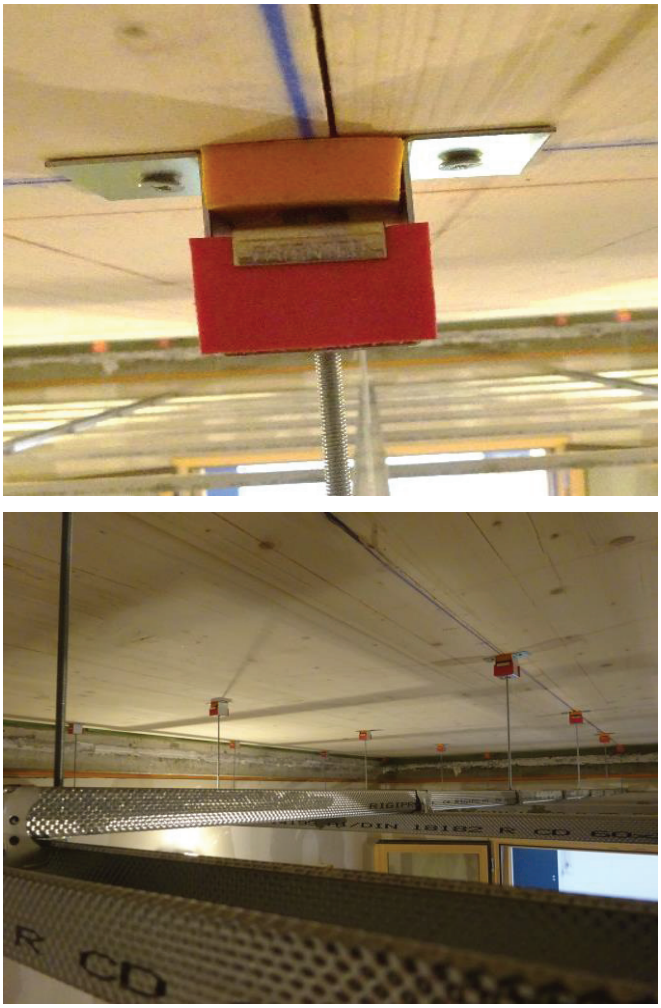


Abbildung 2: oben: das verwendete elastisch gelagerte Abhängesystem und unten: die kreuzweise verlegte Unterkonstruktion der Unterdecke

Abbildung 3: oben: einbringen der Estrichdämmplatten unter die lose Schüttung und unten: einbringen der losen Schüttung

In Tabelle 3 sind die optimierten Deckenaufbauten aufgeführt. Diese sind vergleichbar mit DE1 und DE2. Bei dem Grundelement wurde anstatt der elastisch gebundenen Schüttung eine lose Schüttung verwendet. Die Unterdecke war so aufgebaut, dass die Abhängehöhe stufenlos eingestellt werden konnte. Für die Messungen wurden die Höhen von 90 mm bis 180 mm mit einer Abstufung von 30 mm gewählt.

Tabelle 3: Deckenaufbauten mit der elastisch abgehängter Unterdecke (* Angabe laut Datenblatt)

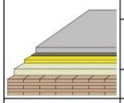
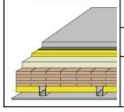
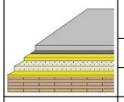
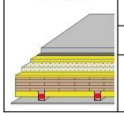
Aufbau	d in mm	Material	m' in kg/m²	s' in MN/m³
DE1.3.1 	60,0	Zementestrich-Platten	150,0	-
	30,0	Trittschall-Dämmplatte	2,4	≤ 10 *
	60,0	Schüttung lose, Splitt 4 – 8 mm	93,7	-
	140,0	BPS-Decke	65,0	-
DE1.3.2 bis DE1.3.5 	90,0 bis 180,0	Abhänger mit Elastomer und CD Profile (Kreuzlattung) (Höhe abgestuft je 30 mm)	2,1	-
	60,0	Mineralwolle	0,8	-
	18,0	GKF	15,1	-

Tabelle 4 zeigt die Deckenaufbauten die für die elastisch gelagerte Schüttung genutzt wurden. Diese sind vergleichbar mit Decke DE1.3.x mit dem Unterschied der Estrichdämmplatte zwischen der losen Schüttung und der BSP-Decke.

Tabelle 4: Deckenaufbauten mit der elastisch gelagerten Schüttung und der elastisch abgehängter Unterdecke (* Angabe laut Datenblatt)

Aufbau	d in mm	Material	m' in kg/m²	s' in MN/m³
DE1.4.1 	60,0	Zementestrich-Platten	150,0	-
	30,0	Trittschall-Dämmplatte	2,4	≤10 *
	60,0	Schüttung lose, Splitt 4 – 8 mm	93,7	-
	12,0	Estrich-Dämmplatte	1,9	≤ 40 *
	140,0	BPS-Decke	65,0	-
DE1.4.2 bis DE1.4.5 	90,0 bis 180,0	Abhänger mit Elastomer und CD Profile (Kreuzlattung) (Höhe abgestuft je 30 mm)	2,1	-
	60,0	Mineralwolle	0,8	-
	18,0	GKF	15,1	-

Ergebnisse und Diskussion

Einfluss der Abhängung:

Wie in Abbildung 4, links zu erkennen ist, wird durch eine elastische Abhängung der Trittschallpegel bei beiden Schüttungsvarianten oberhalb von 80 Hz sehr deutlich reduziert. Im Frequenzbereich unter 80 Hz zeigt sich jedoch ein Anstieg im Trittschallpegel (vgl. Abbildung 1). Während bei einer direkt gelagerten Schüttung die Trittschallpegel der Decke ohne Abhängung bei 50 Hz deutlich überschritten werden, ist dies bei der Variante mit elastisch gelagerter Schüttung wesentlich geringer ausgeprägt. Bei der Variante mit elastisch gelagerter Schüttung ist auch zu erkennen, dass der Einbruch der Decke ohne Abhängung bei 125 Hz von der Unterdecke sehr gut kompensiert wird. Wie anhand der Grafiken auch zu erkennen ist, kommt es bei aller Varianten mit Abhängung zu einer sehr starken Steigung der Trittschalldämmkurve bis hin zum mittleren Frequenzbereich. Dies führt bei allen Varianten mit elastischer Abhängung zu sehr hohen $C_{I,50\text{-}2500}$-Werten von 23 dB – 27 dB (siehe Tabelle 5).

Die Abhängehöhe spielt unabhängig der Lagerung der Schüttung eine unwesentliche Rolle. Im betrachteten Abhängebereich bis 180 mm zeigt sich eine Verbesserung im Wesentlichen erst bei Frequenzen oberhalb 500 Hz, hier ist eine bauakustische Verbesserung der Decke jedoch nicht weiter notwendig. Im Rahmen dieser Untersuchung hat sich auch gezeigt, dass eine Abhängehöhe von 90 mm ausreichend ist.

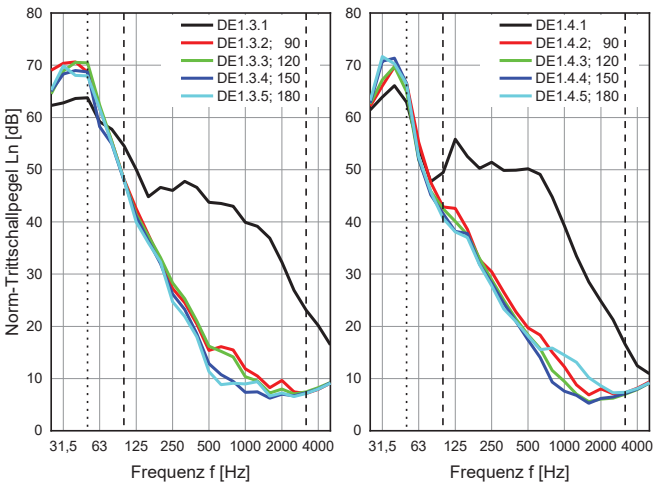


Abbildung 4: Frequenzverlauf des Norm-Trittschallpegels der untersuchten Deckenaufbauten, links: direkt gelagerte Schüttung (DE1.3.1 – DE1.3.5), rechts: elastisch gelagerte Schüttung (DE1.4.1 – DE1.4.5)

Einfluss der Schüttung:

Eine weitere Modifikation der Schüttung betrifft deren Lagerung. Entsprechend den Kleinversuchen in [4] wurde die Schüttung auf einer zusätzlichen 12 mm dicken Estrich-Dämmplatte elastisch gelagert. Abbildung 4, rechts zeigt die gewonnenen Norm-Trittschallpegel. Wie zu erkennen ist, kommt es zwischen 63 Hz und 100 Hz durch die elastische Lagerung der Schüttung zu deutlich reduzierten Trittschallpegeln im Vergleich zur direkten Lagerung der Schüttung (linke Grafik). Aufgrund der zusätzlichen Masse-Feder-Masse-Resonanz kommt es jedoch bei 125 Hz zu einem Einbruch in der Trittschalldämmung, was wieder zu erhöhten Trittschallpegel bis etwa 1000 Hz führt. Bei Frequenzen darüber bringt die elastische Lagerung wieder eine starke Verbesserung der Trittschalldämmung mit sich. Bezogen auf die Einzahlkennwerte bedeutet dies, dass durch die elastische Lagerung der bewertete Normtrittschallpegel zwar verschlechtert wird ($L_{n,w}$ = 47 dB vs. 44 dB), bei Berücksichtigung des tieffrequenten Verhaltens die Decke mit elastisch gelagerter Schüttung aber verbessert wird ($L_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ = 51 dB vs. 53 dB), was auch Tabelle 5 zeigt.

Die gewonnenen Messdaten verdeutlichen, dass die tieffrequente Schallübertragung durch eine Holzmassivdecke mit einer elastisch gelagerten Schüttung deutlich reduziert werden kann. Mit dem hier gewählten Aufbau allerdings zulasten der Schalldämmung im bewerteten Frequenzbereich bis 1000 Hz. Außerdem ist zu bedenken, dass durch die Entkopplung der Schüttungsmasse von der BSP-Decke auch die Schalllängsleitung der Decke negativ beeinflusst werden kann. Um alle Details zu klären sind weiterführende Untersuchungen notwendig.

Tabelle 5: Angabe der bewerteten Norm-Trittschallpegel und der Spektrumanpassungswerte CI,50-2500 der untersuchten Deckenaufbauten

	Decke	$L_{n,w}$	$C_{I,50\text{-}2500}$	$L_{n,w} + C_{I,\ 50\text{-}2500}$
		in dB		
NHW	DE1.3.1	44	9	53
	DE1.3.2	31	26	57
	DE1.3.3	30	26	56
	DE1.3.4	29	27	56
	DE1.3.5	30	27	57
	DE1.3.6	32	25	57
NHW	DE1.4.1	47	4	51
	DE1.4.2	30	23	53
	DE1.4.3	28	25	53
	DE1.4.4	28	24	52
	DE1.4.5	28	25	53

Voruntersuchung vs. Optimierung:

Abbildung 5 zeigt die Kurvenverläufe aus den Voruntersuchungen sowie jene der verbesserten Varianten. Vergleicht man DE1 mit DE1.3.1 ist ersichtlich, dass die Variante mit ungebundener Schüttung einen etwas günstigeren Verlauf im Trittschallpegel aufweist, als die gebundene Variante. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei DE 1.3.1 eine Trittschalldämmung mit einer etwas geringeren dynamischen Steifigkeit verwendet wurde. In der Grafik ist ebenfalls die deutliche Verbesserung der tieffrequenten Trittschalldämmung von DE1.4.1 (elastisch gelagerte Schüttung) im Vergleich zu den beiden anderen Aufbauten zwischen 63 Hz und 100 Hz ersichtlich. Auf der rechten Seite von **Abbildung 5** sind die Varianten mit Abhängungen dargestellt. Durch die elastisch gelagerte Abhängung konnte die Systemresonanz, die sich bei Decke DE2 einstellt von 63 Hz auf 40 Hz geschoben werden. Damit wird auch ein frühere Anstieg der Trittschalldämmung durch die Unterdecke erreicht.

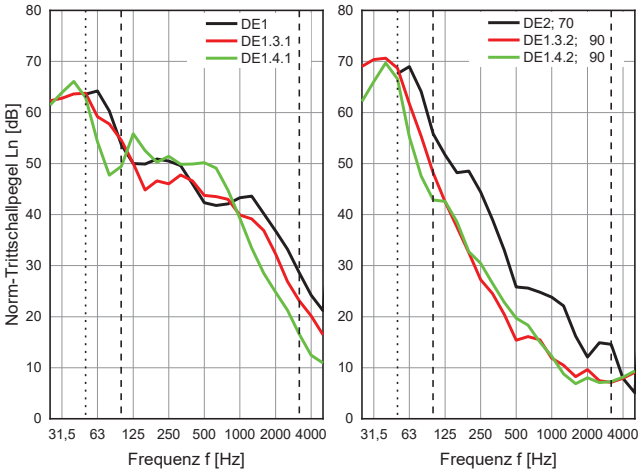


Abbildung 5: Frequenzverlauf des Norm-Trittschallpegels der untersuchten Deckenaufbauten der Voruntersuchung und der Optimierung, links: die Grundelemente ohne Abhängung, rechts: die Grundelemente mit Abhängung

Literatur

[1] Rabold, A.; Schanda, U.; Kollmannsberger, S. et al.: Schallschutz im mehrgeschossigen Holzbau - Luft- und Trittschalldämmung von Trenndecken-. In: Bauingenieur 89, 2014.

[2] Blödt, A.: Masse hilft … immer? – Untersuchungsergebnisse zu trittschallverbessernden Maßnahmen bei Holzdecken. In: Holzforschung Austria (Hrsg.): Tagungsband Bauphysik-Forum, Bad Ischl, 2018

[3] Blödt, A.; Rabold, A.; Halstenberg, M.: Schallschutz im Holzbau - Grundlagen und Vorbemessung. Hg. v. Holzbau Deutschland-Institut e.V. Berlin (Holzbau Handbuch, 3 / 3 / 1), 2019

[4] Weber, L.; Kaltbeitzel, B.: Verbesserung der Trittschalldämmung von Holzdecken durch optimierte Deckenauflagen. Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart, 2017

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der TU-München (DE) und der DBU - Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DE) für die Beauftragung und Förderung der BSP-Deckentersuchungen im Zuge des Projektes „www.dataholz.de“ sowie bei der Forschungsförderungsgesellschaft FFG (AT), dem Fachverband der Holzindustrie (AT) und der Bundesinnung Holzbau (AT) für die Förderung des Projekts „Akustik Center Austria“.