Swiss Acoustical Society
Société Suisse d'Acoustique
Schweizerische Gesellschaft für Akustik
Società Svizzera di Acustica
Internet: www.sga-ssa.ch

Flankenübertragung im Holzbau
Alles entkoppeln oder alles aufdoppeln ?

Theoretische und praktische Beispiele

Frühjahrstagung SGA/SSA
25. Mai 2023
Biel

CHAROSKY Leo, charosky@ecoacoustique.ch
DESARNAULDS Victor, desarnaulds@ecoacoustique.ch
EcoAcoustique SA – Avenue de l'Université 24 – 1005 Lausanne

Einführung

Immer mehr Systemen werden von Konstrukteuren entwickelt, damit Leichtbaukonstruktionen die akustischen Anforderungen erfüllen können (unter anderem).

In diesem Vielzahl von neuen Konstruktionsdetails und -systemen sind wir regelmäßig mit der Frage der Flankenübertragung und ihrem Einfluss auf das Endergebnis konfrontiert.

Bisher haben wir sehr wenig akustisches Feedback zu Holzgebäuden, die mit modernen Methoden gebaut wurden.

In dieser Präsentation gehen wir einige theoretische und praktische Fälle durch.

Präsentationsplan

Fall 1 : Lignatur-Kastenelemente – Theoretisches Beispiel
Einschränkung von Übertragungen durch Entkopplung oder Aufdoppelung.

Fall 2 : L'Hôtel des Horlogers – Praktisches Beispiel
Holz-Beton-Verbund (HBV)
Vorhersageberechnungen und Kontrollmessungen.
Begrenzung von Übertragungen durch Entkopplung und Beschwerung

Fall 3 : Chavannes-des-Bois – Praktisches Beispiel
Holzwohnungen, Kassettendecken
Begrenzung der Übertragung durch Aufdopplung und Entkoppelung der Platten

Fall 4 : Pra Roman – Praktisches Beispiel
HVB Platten, CLT-Trennwände
Begrenzung der Übertragung durch Trennung der Platten und Aufdopplung der Wände

Schlussfolgerung

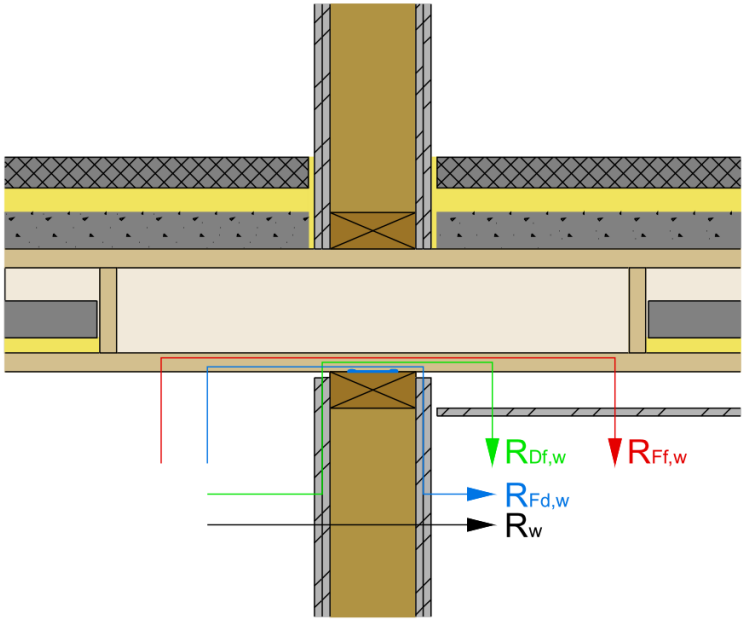
Fall 1 - Lignatur Kassettensystem - Modell

Der Hersteller Lignatur bietet ein Kassettensystem für Böden an, mit verschiedenen Möglichkeiten zur Massenzugabe und Entkoppelung. Der Hersteller hat ein Vorhersagemodell für seitliche Übertragungen entwickelt, basierend auf dem Wandtyp und dem Verbindungstyp zwischen den Etagen, unter Verwendung von Berechnungen gemäß ISO 12354-1 und Labormessungen.

Das Modell prognostiziert R'w basierend auf Labormessungen und der Raumgeometrie :

$$R'_w = -10 \log\left(10^{\frac{-R_w}{10}} + \sum_{ij=1}^{n} 10^{\frac{-R_{ij,w}}{10}} \right) dB$$

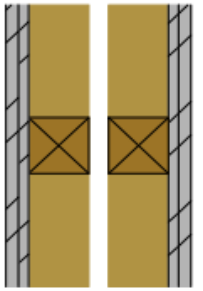
$$R_{ij,w} = R_{ij,w,lab} + 10 \log\left(\frac{l_{lab}}{l_{Bau}}\right) + 10 \log\left(\frac{S_s}{A_0}\right) dB$$



Fall 1a - Lignatur Kassettensystem - Beispiele

Die Studie bietet viele Beispiele. Wir haben uns entschieden, Ihnen einige davon vorzustellen, die als Trennwände für Nutzungseinheiten dienen könnten und auf Labormessungen basieren (nicht auf Berechnungen).

Das erste Beispiel ist eine Trennwand mit einer doppelten Holzstruktur und 22,5 mm Gipsfaserplatten auf beiden Seiten:



Die direkte Schalldämmung beträgt R_w + C = 63 dB

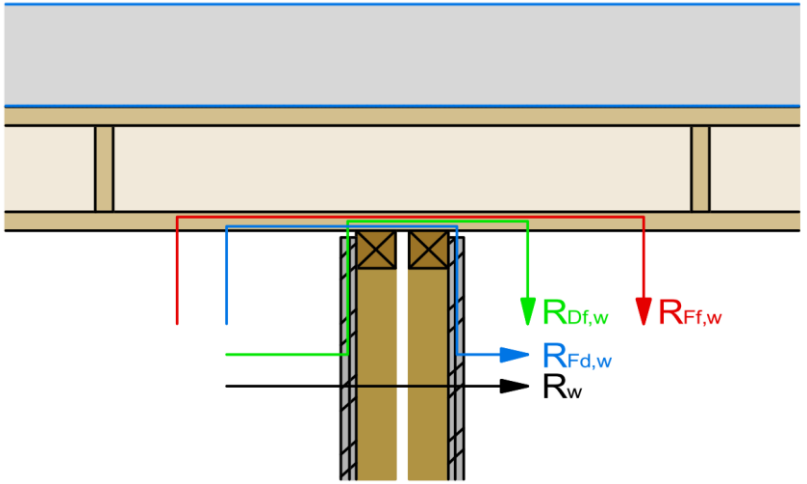
Wir untersuchen die Flankenübertragung mit einem Dach, der besteht aus einer einfachen durchgehenden Kassette und einer starren Isolierung oben. Das Ergebnis lautet wie folgt:

$$R_w + C = 63\ dB$$

$$\boldsymbol{R_{Ff,w,lab} = 34\ dB}$$

$$R_{Fd,w,lab} = 49\ dB$$

$$R_{Df,w,lab} = 49\ dB$$



Fall 1a - Lignatur Kassettensystem - Beispiele

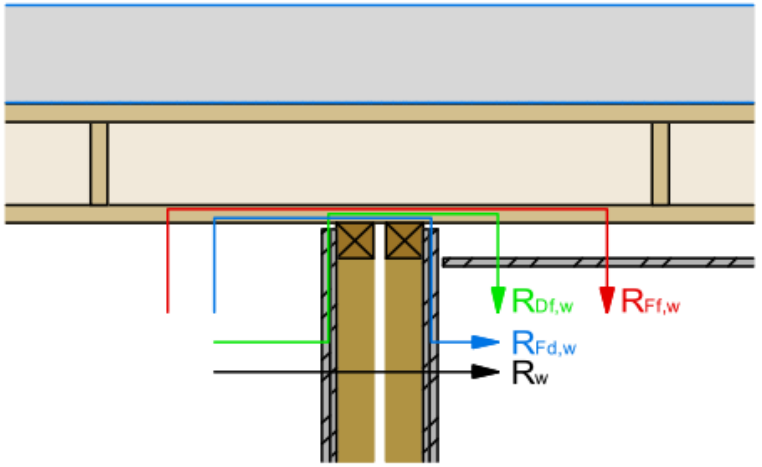
Durch Hinzufügen einer abgehängten Decke auf einer Seite werden zwei der drei Flankenübertragungen vermindert. In diesem Fall haben wir dann:

$R_w + C = 63\ dB$

$R_{Ff,w,lab} = 55\ dB$

$\boldsymbol{R_{Fd,w,lab} = 49\ dB}$

$R_{Df,w,lab} = 59\ dB$



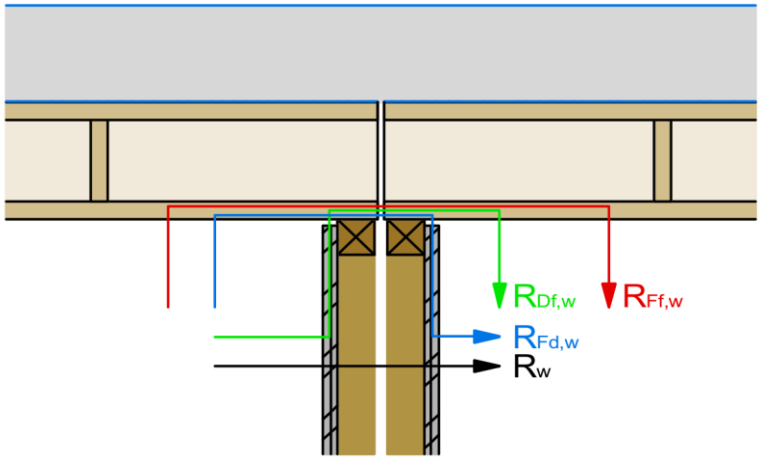
Durch die Entkoppelung der beiden Elemente werden alle drei Flankenübertragungen unterbrochen.
Allerdings ist die Unterbrechung nicht perfekt.
In diesem Fall haben wir dann:

$R_w + C = 63\ dB$

$\boldsymbol{R_{Ff,w,lab} = 61\ dB}$

$R_{Fd,w,lab} = 72\ dB^*$

$R_{Df,w,lab} = 72\ dB^*$

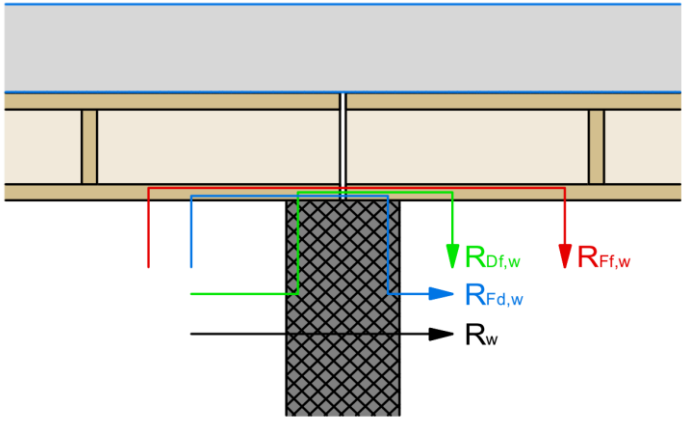


* Berechnete Werte

Fall 1b - Lignatur Kassettensystem - Beispiele

Im Fall einer massiven Wand (hier 20 cm Beton) reicht die Unterbrechung des Kastens allein nicht aus, um die Ff-Übertragung zu begrenzen:

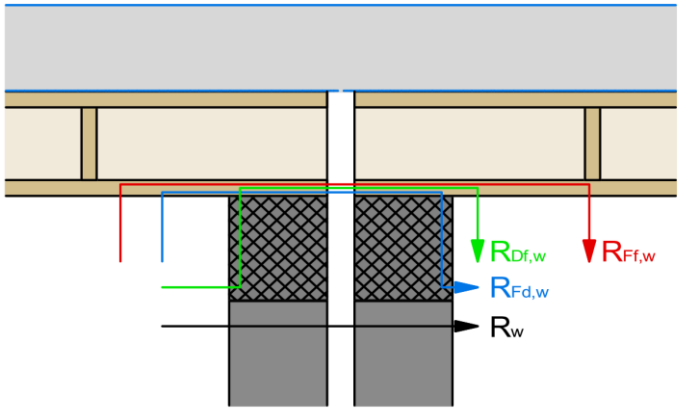
$$R_w + C = 58\ dB$$
$$R_{Ff,w,lab} = 46\ dB*$$



*Berechneter Wert

Es wird jedoch festgestellt, dass wenn der Kasten nicht auf der gleichen Struktur liegt (Doppelmauerwerk 17,5 cm) :

$$R_w + C = 62\ dB$$
$$R_{Ff,w,lab} = 61\ dB*$$



*Berechneter Wert

Dann ist es wieder möglich, die Anforderungen zu erfüllen. Dies wirft jedoch die Frage auf, was mit den flexiblen Auflagerungen geschieht?

Fall 1a - Lignatur Kassettensystem - Synthese

- Es wird festgestellt, dass mit einem ungedoppelten durchgehenden Dach-Element die Flankenübertragungen zu stark sind, um die Mindestanforderungen gemäß Norm SIA 181:2020 zu erfüllen.

- Die Flankenübertragungen sind in diesem Fall der begrenzende Faktor für die Isolierung zwischen den Einheiten.

- Durch einseitige Aufdopplung oder teilweise Entkoppelung kann jedoch das Einhalten der Anforderungen angestrebt werden, wobei die Länge des betreffenden Elements (l_{Bau}) berücksichtigt werden muss.

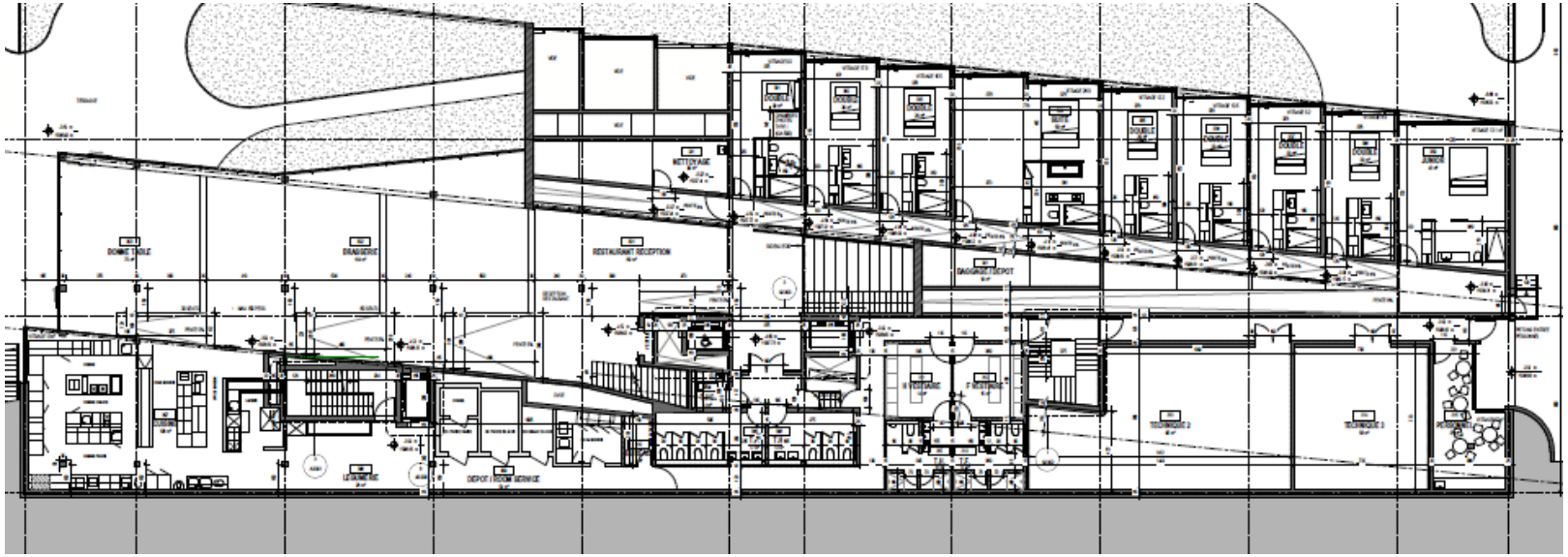
- Leider liefert die Studie keine Ergebnisse mit flexiblen Elementen zwischen den Kassetten und einer massiven Wand.

- Die «Studie Schallnebenwege mit LIGNATUR» enthält zahlreiche weitere Beispiele, die ich Sie einlade, zu konsultieren!

Fall 2 – Hôtel des horlogers – Präsentation

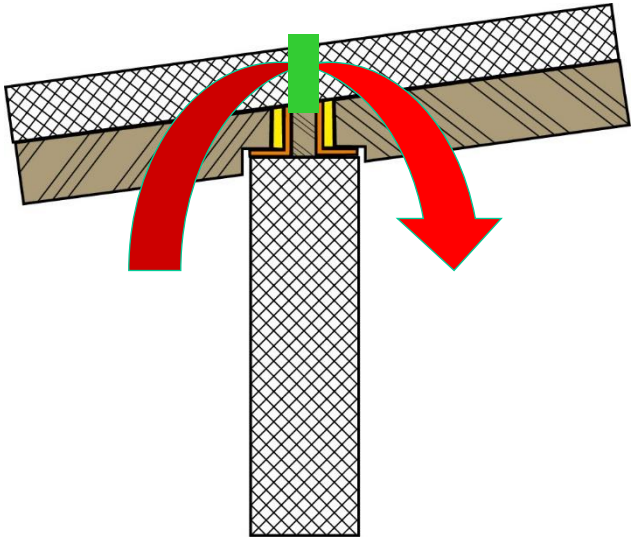
In der akustischen Studie des Projekts von BIG Architecture für das Hotel des Horlogers in Le Brassus hat EcoAcoustique unter anderem die Trennelemente zwischen den Zimmern untersucht.

Die angestrebten Anforderungen zwischen den Zimmern betragen Di = 55 dB (erhöhten Anforderungen) bei sichtbarem Betonmauerwerk und sichtbarer Mischdeckenstruktur.



Fall 2 – Hôtel des horlogers – Umgesetztes Projekt

Die Trennung wurde mit einer durchgehenden schrägen Betonplatte konzipiert, jedoch mit entkoppelt Holzplatten am Wandbereich. Dazwischen wurden Mineralfasern (gelb) und Korkstreifen (pronouvo protrepp, orange) eingesetzt.



Akustisch wäre es wünschenswert gewesen, auch die Betonplatte zu trennen, aber aus strukturellen Gründen war dies nicht möglich.

Wir haben die Betondicke optimiert (minimiert), während gleichzeitig die erwähnten Isolationsanforderungen zu erfüllen.

Da die Trennwand aus 24 cm dickem Beton besteht, sind die Übertragungen Df und Fd vernachlässigbar. Die resultierende Abschwächung ergibt sich also aus:

$$R'_w = -10 \log \left(10^{\frac{-R_w}{10}} + 10^{\frac{-R_{Ff,w}}{10}} \right)$$

Fall 2 – Hôtel des horlogers – Vorhersagen

Es wurden Berechnungen für die unterbrochene und durchgehende Betondecke durchgeführt:

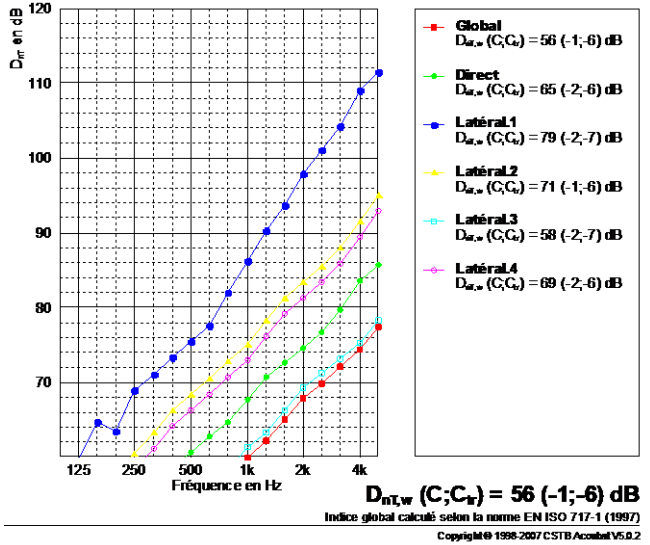
Gemäß DIN 4109

Tabelle 25. **Bewertetes Schall-Längsdämm-Maß $R_{L,w,R}$ massiver flankierender Bauteile von Trennwänden (Rechenwerte)**

Spalte	1	2	3
Zeile	Flächenbezogene Masse m' kg/m²	$R_{L,w,R}$ dB	
		Decken	Längswände
1	100	41	43
2	200	51	53
3	300	56	58
4	350	58	60
5	400	60	62

Mindestens 15 cm Beton

Gemäß ISO 12354



Ceiling Concrete	Mass (kg/m2)	$D_{nT,w}$ + C (dB) uninterrupted	$D_{nT,w}$ + C (dB) interrupted
10 cm	230	49	57
12 cm	276	51	58
14 cm	322	54	59
15 cm	345	55	59
16 cm	368	56	59

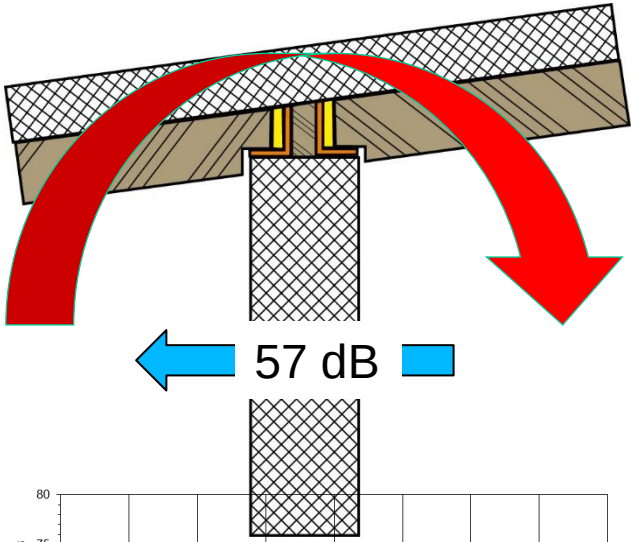
Fall 2 – Hôtel des horlogers – Messungen, Schlussfolgerung

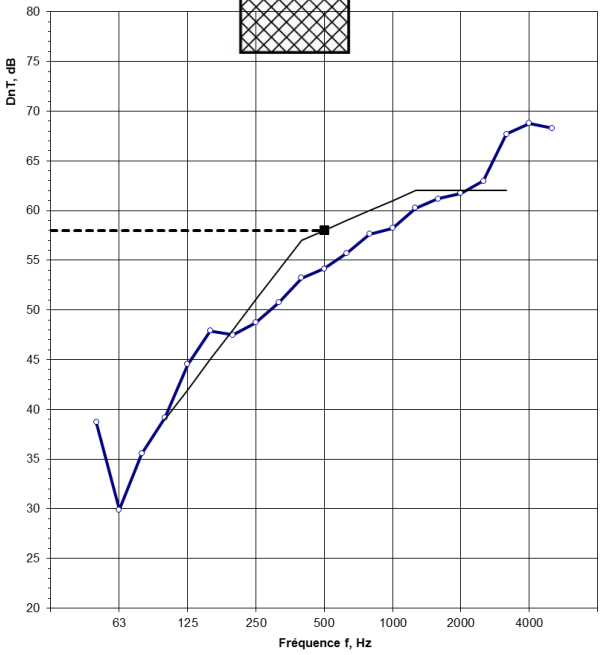
Eine Kontrollmessung wurde durchgeführt, um die Einhaltung der erhöhten Empfehlungen zu überprüfen. Mit den besprochenen Details und einer Betondicke von 15 cm ergibt sich folgendes Ergebnis:

$$D_{i,tot} = 57 \text{ dB}$$

Daraus lässt sich schließen, dass bei einer durchgehenden decke (Betonanteil) eine ausreichende Masse erforderlich ist, um seitliche Übertragungen zu begrenzen. Kann man wirklich noch von einer leichten Holzbauweise sprechen, wenn eine 15 cm dicke Decke und eine 24 cm dicke Betonwand vorhanden sind?

Mit einer unterbrochenen Betondecke sagte die Berechnung voraus, dass eine 10 cm dicke Decke ausreichend gewesen wäre, um seitliche Übertragungen zu begrenzen (siehe Fall 4).





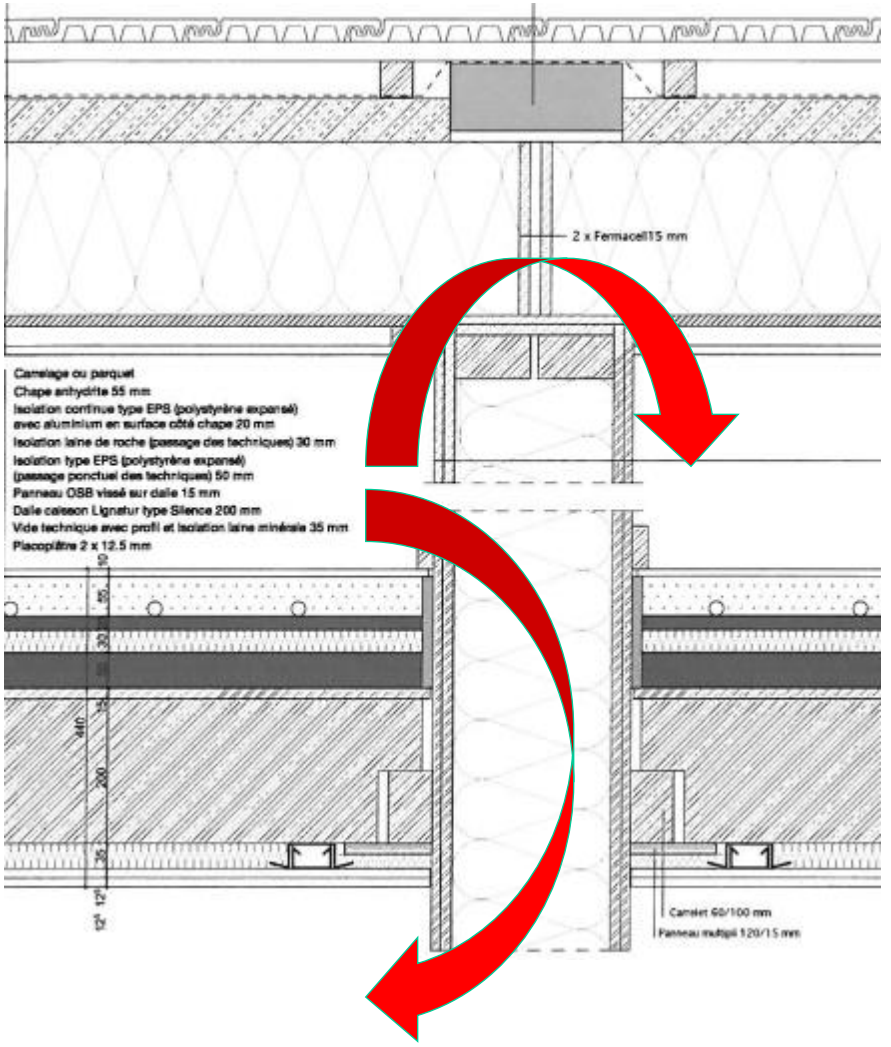
Fall 3 – Chavannes-des-Bois – Präsentation

Für einen Auftrag im Zusammenhang mit COST (European Cooperation in Science and Technology) zur Schalldämmung von Holzbauten FP0702 haben wir in einem Gebäude mit 4 Wohnungen Messungen zur Einhaltung der Mindestanforderungen durchgeführt. Diese Messungen wurden ohne Bias durchgeführt (kein Beschwerden von einwohnern).

Trennwand: Doppelte Holzrahmenkonstruktion + 27,5 mm Fermacell auf jeder Seite.
$R_w + C \sim 65$ dB gemäß Lignumdata (69 dB gemäß Labortest einer ähnlichen Wandkonstruktion)

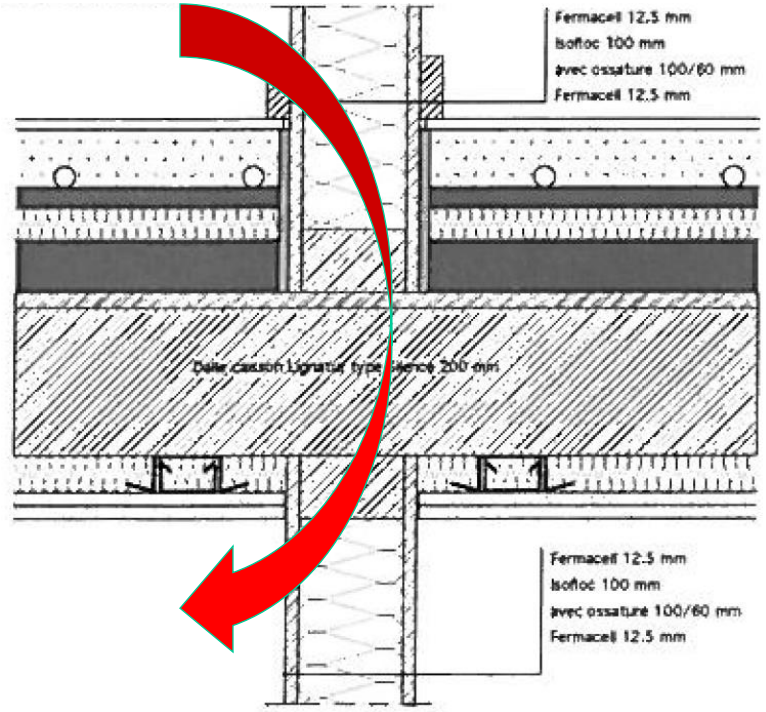
Decke zwischen den Stockwerken: Lignatur Silence Kassettendecke + schwimmender Estrich und abgehängte Decke.
$R_w + C > 75$ dB (ähnliche Zusammensetzungen gemäß Lignumdata)

Satteldach mit verschraubter Gipskartondecke von 12,5 mm und Fermacell-Unterbrechung zwischen den Wohnungen.

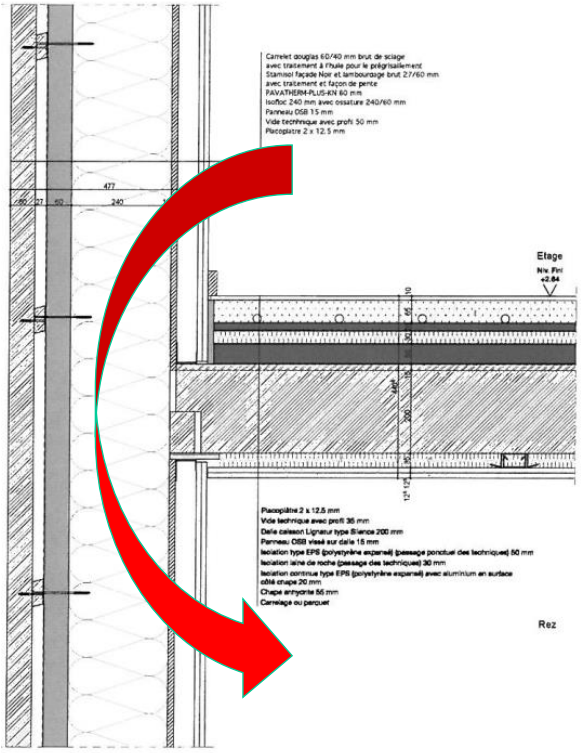


Fall 3 – Chavannes-des-Bois – Präsentation

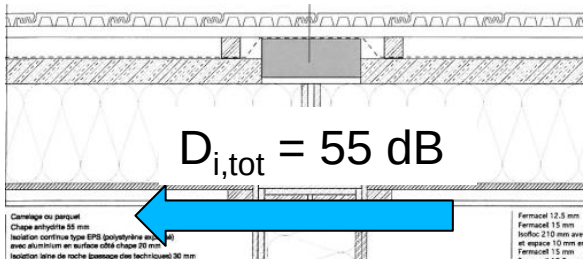
Nicht trennende Innenwände bestehen aus einem einfachen Ständerwand, das starr mit dem Lignatur-Kasten verbunden ist, und einer einzigen Fermacell-Platte auf jeder Seite.



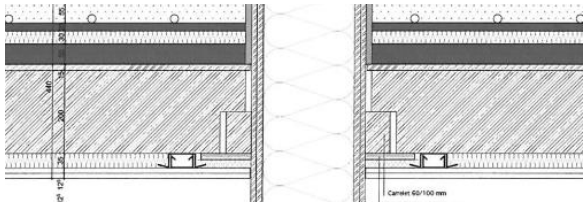
Der Fassadenanschluss wird mit einer Aufdoppelung aus Gipskartonplatten auf einer Metallunterkonstruktion verdoppelt.

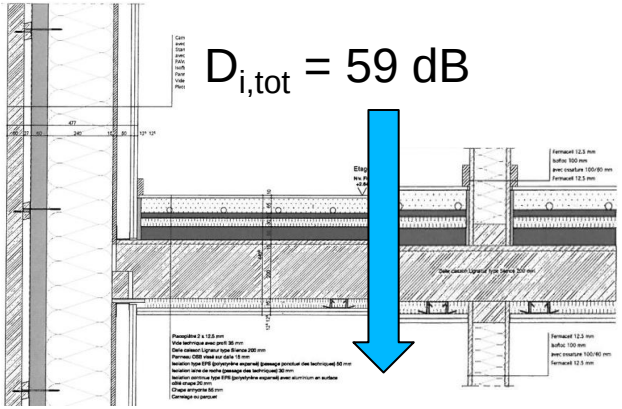


Fall 3 – Chavannes-des-Bois – Messungen

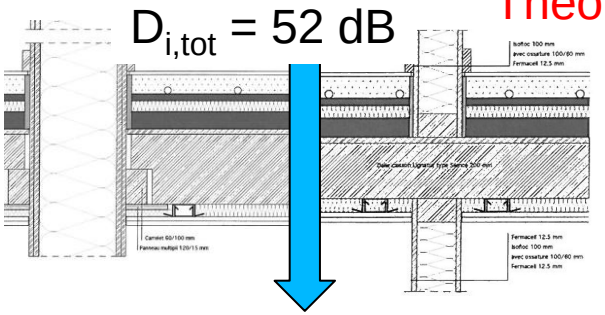


Theorisch : $R_w + C \sim 65$ dB

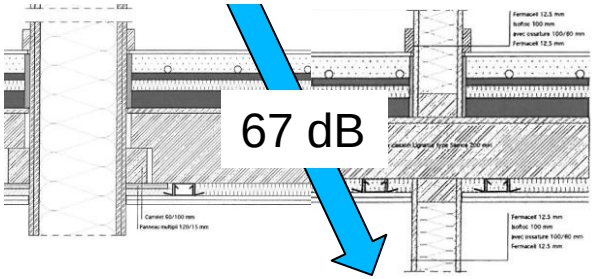


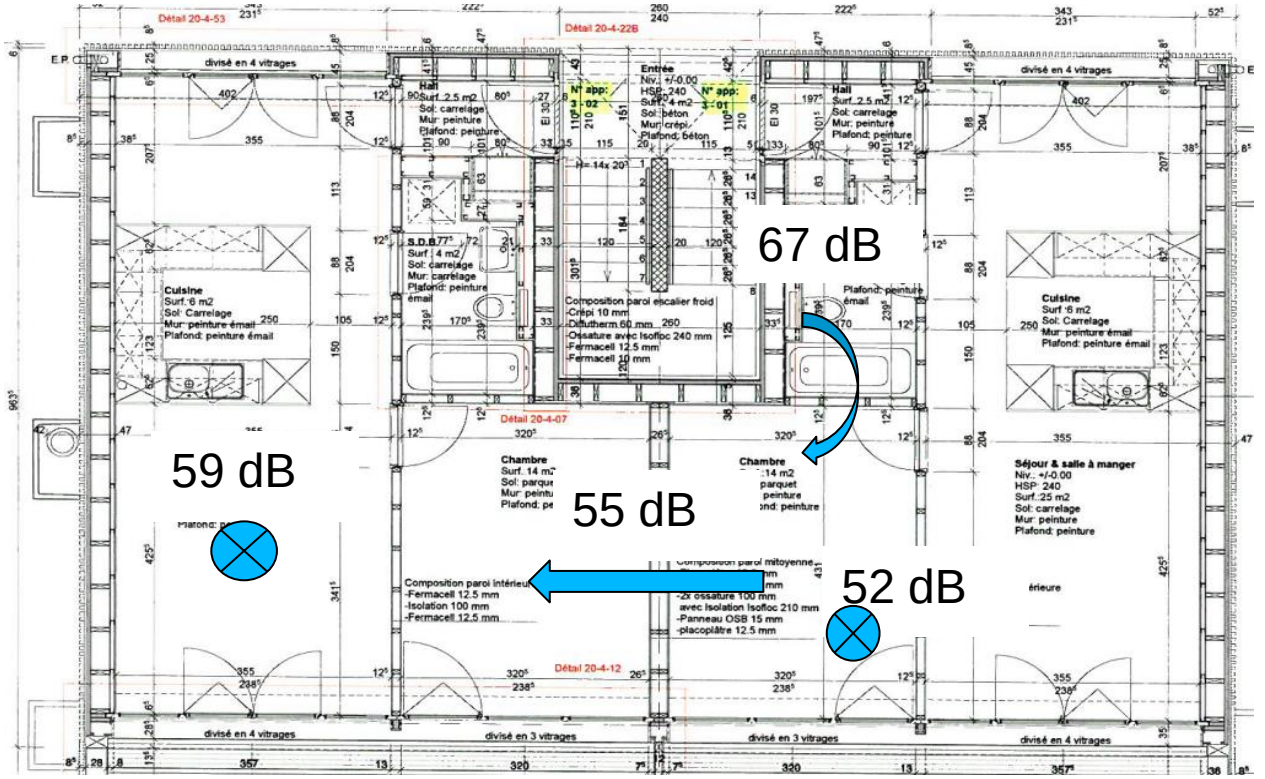


Theorisch : $R_w + C \sim 75$ dB



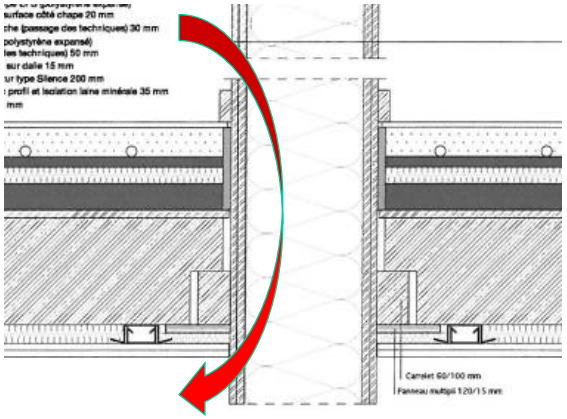
Theorisch : $R_w + C \sim 75$ dB





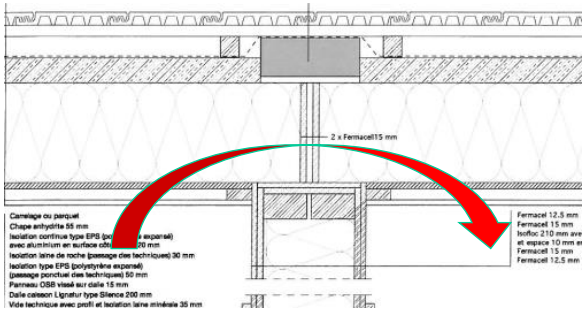
Fall 3 – Chavannes-des-Bois – Schlussfolgerung

Es wird festgestellt, dass die begrenzenden Faktoren für sowohl die seitliche als auch die überlagerte Isolation die Flankenübertragungen sind (Rw + C >> R'w + C).



Vertikal kommt die Hauptursache für die Schwäche von der Flankenübertragung Ff durch die Trennwand, die zwischen den Stockwerken nicht unterbrochen ist.

Horizontal sind zwei Bereiche betroffen, da die abgehängte Decke starr mit der Struktur verbunden ist und die beiden Hälften der Trennwand oben verbunden sind.



Es wird verstanden, dass trotz der Trennelemente, die mit einer Reserve dimensioniert sind, die gemessene Isolationen knapp die Mindestanforderungen erfüllen.

Fall 4 – Pra Roman – Präsentation

Für die akustische Studie eines EcoQuartiers in Mont-sur-Lausanne haben wir die Flankierenübertragungen durch die BLC-Struktur untersucht.

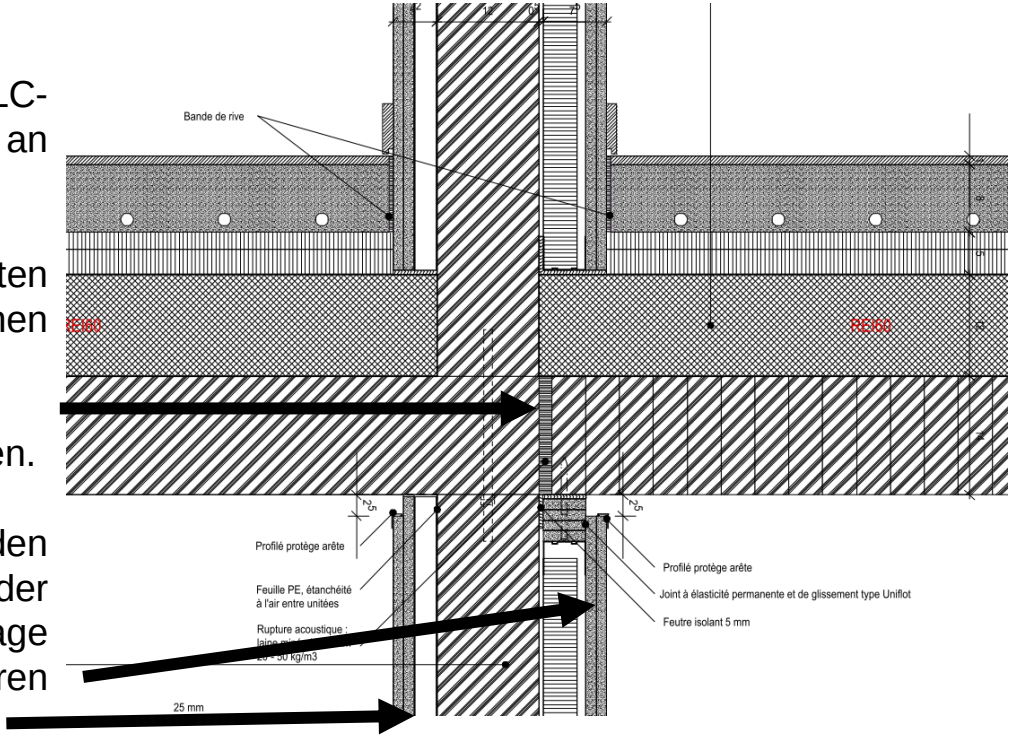
Die HVB Decken bestehen aus einer 14 cm dicken BLC-Schicht und einer 12 cm dicken BA-Schicht. Das Holz sollte an der Decke sichtbar bleiben.

Um die Flankenübertragung zwischen benachbarten Wohnungen über die Decke zu begrenzen, wurde zwischen jeder Einheit eine Trennung implementiert.

Die Wände bestehen aus einfachen 12 cm BLC-Trennwänden.

Um die Flankenübertragungen zu begrenzen und den Platzverlust zu minimieren, wurde eine Aufdopplung der Wände durchgeführt. Auf der einen Seite erfolgte eine Montage auf einer entkoppelten Metallstruktur, während auf der anderen Seite eine Befestigung an Hutprofilen erfolgte.

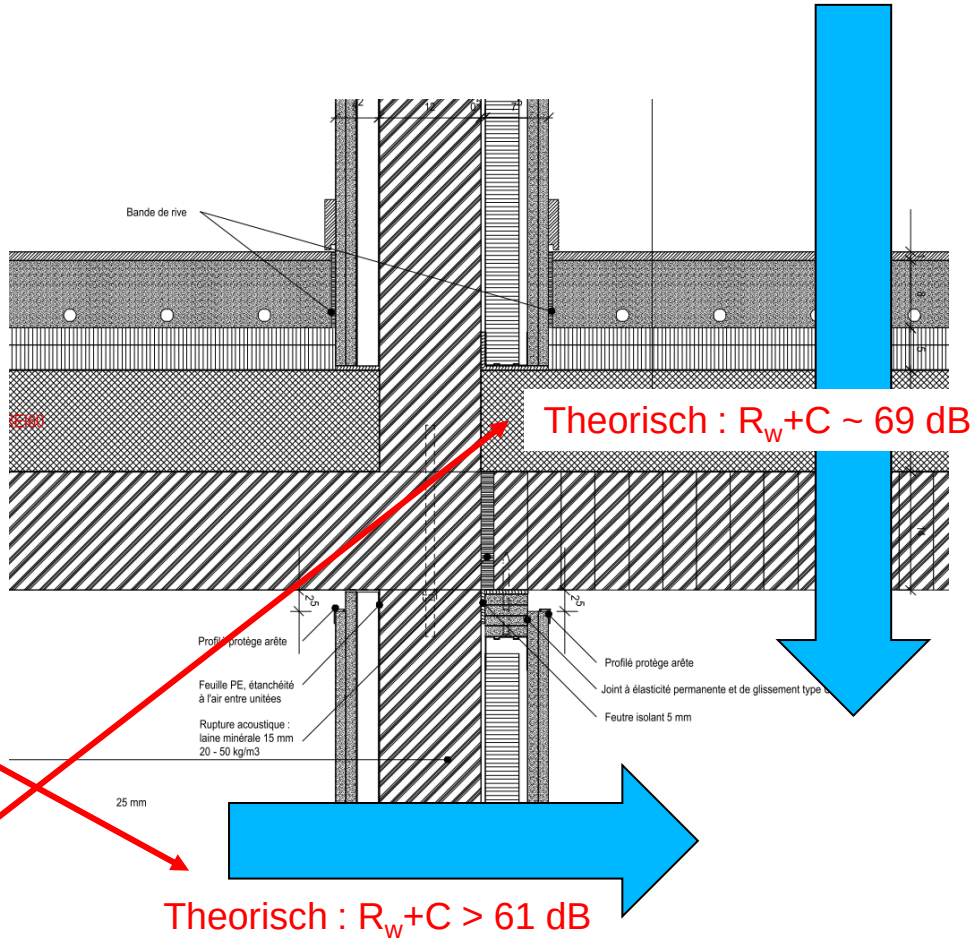
Schwimmender Estrich, mit Mineralwolle 2 cm (s' < 9 MN/m^3)



Fall 4 – Pra Roman – Theorische Dämmwerte

Gemäß Lignumdata erreicht der BLC allein einen Wert von Rw + C ~ 37 dB (gleichwertig mit der Berechnung nach der "Lauber-Kurve" gemäß SIA 181:2006, Anhang E).

Auf Lignumdata gibt es keine Zusammensetzung mit einer entkoppelten Aufdopplung auf der einen Seite und Hutprofilen auf der anderen Seite, aber mit einer Aufdopplung auf beiden Seiten erreicht man R_w +C ~ 68 dB und mit einer Aufdopplung auf nur einer Seite erreicht man R_w +C ~ 61 dB. Unsere Zusammensetzung liegt also zwischen diesen Werten.



Ein ähnlicher Boden erreicht einen Wert von R_w +C ~ 69 dB.

Fall 4 – Pra Roman – Horizontale Messungen

Es wurden horizontale Messungen mit dieser Zusammensetzung durchgeführt. Die Ergebnisse :

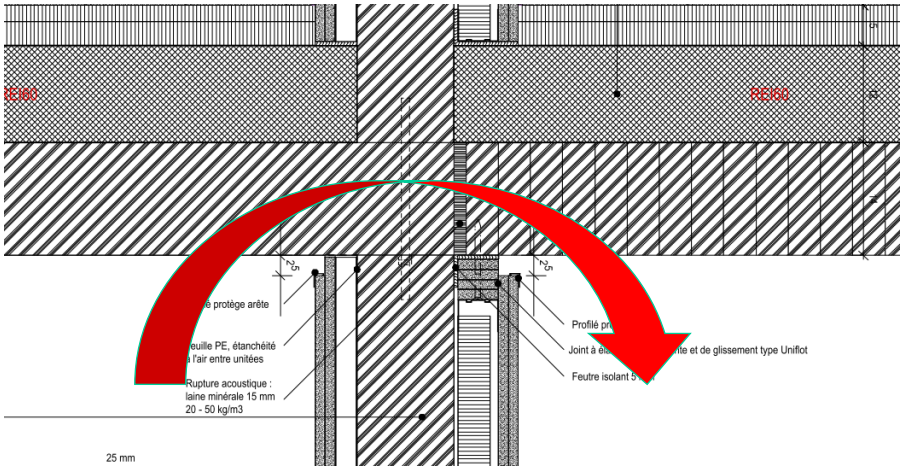
$D_{i,tot}$ (dB)	R'_w (C) (dB)
56	57 (-2)
56	57 (-2)
57	59 (-3)
61	62 (-2)
58	58 (-2)

Theorisch : R_w+C > 61 dB

Durchschnittlicher Wert von R'_w+C = 56.4 dB.

Die Flankenübertragungen sind trotz der Unterbrechung der Holzbalkendecke immer noch significant. Dennoch werden die Mindestanforderungen deutlich erfüllt (mit einem Sicherheitsabstand von 4 dB).

In einem Fall (hier nicht dargestellt) trat ein Problem auf, bei dem aufgrund eines Risses in der Decke eine unzureichende Isolierung festgestellt wurde.

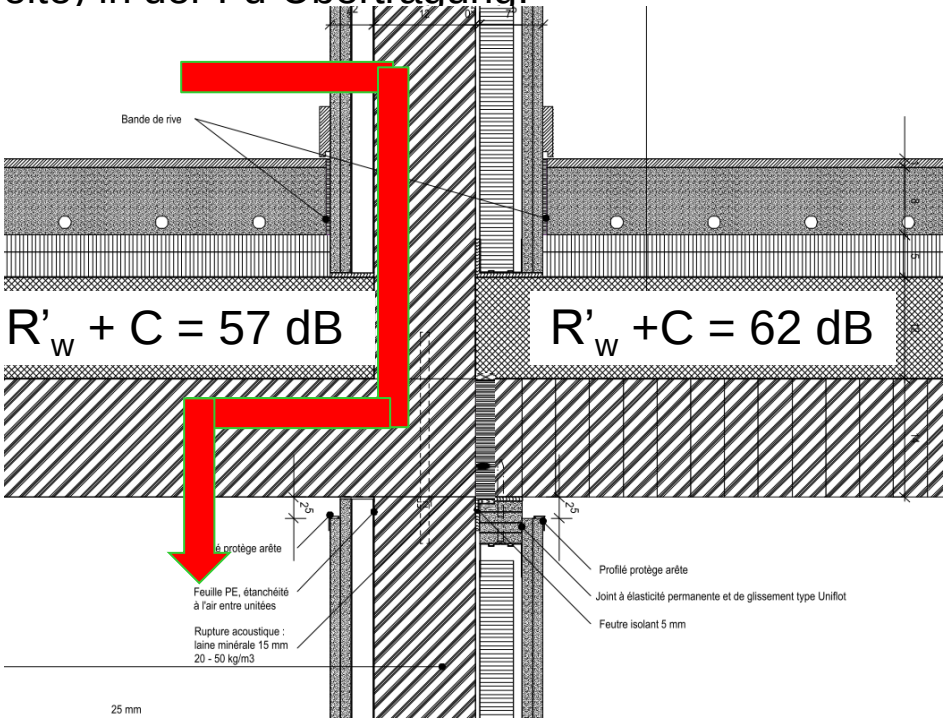


Fall 4 – Pra Roman – Vertikale Messungen

Es wurden auch 2 vertikale Messungen durchgeführt::

$D_{i,tot}$ (dB)	$R'_w + C$ (dB)
58	57
61	62

Im Durchschnitt beträgt R'_w+C = 59.5 dB, während $R_w + C \sim 69$ dB. Der Unterschied zwischen den beiden Messungen oben erklärt sich durch das Vorhandensein der Unterbrechung der Decke (an der rechten Seite) in der Fd-Übertragung.



Fall 4 – Pra Roman – Schlussfolgerung

Im Fall von Pra Roman wurden die Wände verdoppelt und die Decken zwischen den Einheiten unterbrochen.

Diese Maßnahmen waren ausreichend, um die verschärften Anforderungen zu erfüllen (selbst wenn die Mindestanforderungen angestrebt wurden).

Die Methode, die Decken zu unterbrechen, birgt das Risiko einer lokalen Schwächung durch die Ausdehnung des Holzes.

Allgemeine Schlussfolgerung

Sowohl die theoretischen als auch praktischen Beispiele zeigen, dass:

- Es ist notwendig, alle Flankenübertragungen in der leichten Bauweise zu behandeln.
- Dies kann entweder durch Aufdopplung oder durch Entkoppelung erfolgen.
- Jede Methode hat ihre Vor- und Nachteile. Die Aufdopplung ist sicherer (weniger empfindlich bei der Ausführung), aber die Entkoppelung kann bessere Ergebnisse erzielen, wenn sie perfekt ausgeführt wird.
- Beim Start eines Holzbauprojekts ist es sehr wichtig, mit Architekten/ Bauherren über potenzielle Kosten zu kommunizieren, sowohl finanziell als auch architektonisch (weiche Elemente, Aufdopplung, Raumverlust, Sichtbarkeit des Holzes usw.)

Flankenübertragung im Holzbau
Alles entkoppeln oder alles aufdoppeln ?

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen ?

Frühjahrstagung SGA/SSA
25. Mai 2023
Biel

CHAROSKY Leo, charosky@ecoacoustique.ch
DESARNAULDS Victor, desarnaulds@ecoacoustique.ch
EcoAcoustique SA – Avenue de l'Université 24 – 1005 Lausanne