

# Ausführungsfehler an gebauten Beispielen

Renzo Cremonini  
Pirmin Jung AG  
Rain, Schweiz





# Ausführungsfehler an gebauten Beispielen

## 1. Einleitung

Die Faktoren, die zu Unterschieden zwischen der gewünschten und der am Objekt gemessenen Luft- und Trittschallresultate führen, können in vier Kategorien unterteilt werden:

- Beschaffenheit der Produkte (Qualität der Zementestriche, der Trittschalldämmungen, der schallentkoppelten Befestigungssysteme, etc.)
- Randbedingungen (Form und Dimension der Testräume, Temperatur und Feuchtigkeit, Grundgeräusch, etc.)
- Messverfahren (Auswahl der Positionen der Geräuschquelle, Mikrophon in feststehenden Positionen oder bewegt, Nachhallzeit mit Lautsprecher oder mit Luftballons gemessen, Zustand der Schallgeräte, etc.)
- Ausführung

Die ersten drei Faktoren sind weniger relevant. Wie die Praxis immer wieder belegt, spielt hingegen die Ausführungsqualität eine wesentliche Rolle zur Einhaltung der Schallwerte. Im Vergleich mit den Massivgebäuden, haben die Holzbauer, zumindest in der Schweiz, gut qualifizierte und sensibilisierte Arbeitskräfte. Trotzdem ist die Vielfalt der am Markt befindlichen Holzbauten deutlich höher. Zudem ist der Anteil an schalltechnisch heiklen Punkten (Details, Anschlüssen) ebenfalls höher. Somit steigt für die Holzgebäude das Risiko an Ausführungsfehlern.

Aus diesem Grund wird im Folgenden das Thema Ausführung in Holzgebäuden genauer betrachtet. Die typischen Ausführungsfehler werden zuerst analysiert und einige Beispielfälle dargestellt. Anschließend wird anhand einer kleinen Studie die Variabilität der Ergebnisse, die durch Ausführung hervorgerufen werden nochmals abgebildet. Zum Schluss werden einige Vorschläge zur Reduzierung der Ausführungsfehler aufgezeigt.

## 2. Typische Ausführungsfehler

Die Anzahl der möglichen Ausführungsfehler ist sehr hoch und macht eine komplette Auflistung nahezu unmöglich. Deshalb beschreiben die nachfolgenden Punkte nur die typischen und häufigsten Ausführungsfehler, die auf unserer Erfahrung im Schweizer Markt basieren.

### 2.1. Trittschall

- Falsche Verlegung des Bodenbelags (ein Beispielfall ist im Kapitel 3.1. und 3.2 dargestellt):
  - Leim nicht vollflächig unter dem Parkett/Fliesen: Auftreten von Resonanzen aufgrund der Hohlräume
  - Leim in den Fugen im Randbereich: Berührung zwischen Bodenbelägen und Wänden, Fenster- oder Türschwellen. Die Verschlechterung hängt stark von der Länge der Berührungspunkte ab (bis zu 15 dB möglich). Ein Beispielfall ist im Kapitel 3.1. und 3.2 dargestellt.
- Starre Berührung zwischen Sockelleiste und Bodenbelag: Mit Sockelleisten aus Holz kann dieser Einbaufehler eine Trittschallverschlechterung bis zu 4 dB verursachen, wenn die ganze Fußleiste den Bodenbelag berührt. Der Einfluss von Sockelfliesen wurde noch nicht untersucht, jedoch kann man sich eine größere Verschlechterung vorstellen.
- Randdämmstreifen nicht durchgehend, insbesondere in den Ecken (bei Türen, Fenstern, Deckendurchbrüche etc.): Somit Berührungen zwischen Zementestrich und

Wänden oder Türschwellen etc. Siehe Abbildung 1. Die Trittschalldämmung kann hier von 2 dB bis 15 dB verschlechtert werden, abhängig von der Länge der Berührungspunkte. Ein Beispielsfall ist im Kapitel 3.3 dargestellt.



Abbildung 1: Beispiele von Randdämmstreifen nicht durchgehend bei einer Ecke und einem Deckendurchbruch

- Randdämmstreifen an den Wänden im Bereich des Zementestrichs geklammert: Zementestrich drückt gegen die Wand (Schallbrücke). Siehe die folgende Skizze.

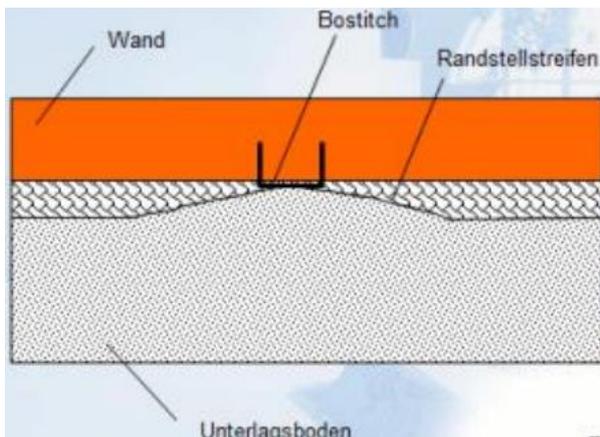


Abbildung 2: Beispiel von Randdämmstreife im Bereich des Zementestrichs falsch geklammert (Quelle: Pavidensa)

- Berührung zwischen der Installationsebene und dem Zementestrich: Abhängig von der Länge der Berührungspunkte wird der Trittschall mehr oder weniger verschlechtert. Ein Beispielsfall ist im Kapitel 3.3 dargestellt.
- Schmutz, Abrieb, Nivelliermasse oder Kleber in der Fuge zwischen Wand und Unterlagsboden/Bodenbelag.



Abbildung 3: Beispiel von Fuge zwischen Wand und Zementestrich mit Abrieb

- Installationsrohre auf Holzdecken in der Splittschicht nicht komplett überdeckt: Somit Berührung mit der Trittschalldämmung (Schallbrücke). Der Fehler liegt hier bei einer falschen Planung der Leitungsführung. Zu beachten sind die Rohrkreuzungen, die Rohrgefälle sowie die Verkleidungsstärke der Rohre (die schallgedämmte Ummantelung der Abwasserrohre wird häufig mit Geberit ISOL ausgeführt, dass eine Stärke von 17mm aufweist). Somit ist die Splittschicht entsprechend zu erhöhen, damit die darüber liegende Trittschalldämmung durchgehend ist. Die Verschlechterung solcher Einbaufehler kann ca. 6 dB betragen (Quelle: „Schallschutztechnische Ausführungsfehler an Holzdecken“, E. U. Köhnke, HolzBauSpezial Akustik & Brandschutz 2013).
- Schallentkoppelte abgehängte Decke mit Abhängern oder Federschienen zu fest angezogen: Minderung des Schallschutzes. Gemäß Angaben von Knauf sind die Federschienen mit ca. 1 mm Abstand zu den Holzbalken/Holzplatten in den Schraubenköpfen hängend zu montieren, um den Körperschall entsprechend zu reduzieren.

## 2.2. Luftschall

- Starre Verbindungen zwischen den Schalen einer zwei-schaligen Trennwand: Zur Einhaltung der erhöhten Anforderungen ist häufig notwendig, dass die Trennung zwischen den Schalen einer zwei-schaligen Trennwand durchlaufend ist. Auf der Baustelle wird zum Beispiel vergessen werden, die Innenverkleidung der Außenwand im Bereich der Trennwand zu trennen oder es wird eine Rohrschelle an beiden Schalen der Trennwand befestigt (siehe folgende Abbildung). Die Folge solcher Einbaufehler in der Luftschalldämmung hängt stark vom Typ der starren Verbindung ab und kann eine Verschlechterung bis zu 15 dB verursachen. Ein Beispielfall ist im Kapitel 3.4 dargestellt.



Abbildung 4: Beispiel der falschen Befestigung der Rohrschelle an der zwei-schaligen Trennwand (links) und

- Massivholzwände mit elastischer Lagerung (unten oder oben) durchgeschraubt oder mit starren Befestigungsmitteln am Deckenaufbau (siehe folgende Abbildung) befestigt: Unter Berücksichtigung einer Vollholzdecke kann die Montage mit solchen Befestigungsmitteln eine Verbesserung des Stoßstellen-Maßes von lediglich 2-4 dB (Anordnung der Zwischenschicht entweder oben oder unten) oder 5-10 dB (Anordnung der Zwischenschicht oben und unten) erbringen. Falls das Befestigungsmittel schallentkoppelt montiert wird, kann die Verbesserung des Stoßstellen-Maßes deutlich höher sein: bis zu 7-10 dB (Zwischenschicht entweder oben oder unten) oder bis zu 8-19 dB (Zwischenschicht oben und unten). Quelle: „Schalltechnische Lösungen für Massivholzelemente in der Geschossbauweise“, A. Rabold, 4. Europäischer Kongress für energieeffizientes Bauen mit Holz 2011.



Abbildung 5: Vollholzwand mit Schallschutzlager und ohne schallentkoppelten Befestigungsmittel

- Im Boden durchgehenden Elektrotrasse unter der Trennwand zwischen zwei Räumen: Wenn diese Trasse nicht entsprechend gestopft wird, kann die Verringerung des Schallschutzes um bis 5 dB betragen. Ein Beispiel dieses Einbaufehlers ist im Kapitel 3.5 dargestellt.

### 2.3. Haustechnische Anlagen

- Abwasserfallleitung an der einschaligen Holz- oder Metallständerwand (oder Vollholzwand) befestigt: Wenn auf der anderen Seite ein Schlaf- oder Wohnzimmer ist, werden die Anforderungen hier nicht erfüllt, wegen der Körperschallübertragungen durch die Wand (siehe Abbildung unten, links). Unabhängig davon ob die Rohrschellen schallentkoppelt montiert werden. Falls die Räume sich im Erdgeschoss befinden, wird der Schallpegel im angrenzenden Zimmer noch höher, wegen des Prallgeräusches im Rohr. Die Abwasserfallleitung ist deswegen an freistehenden Metallständern (nur am Boden und an der Decke schallentkoppelt befestigt) mit schallentkoppelten Rohrschellen zu montieren. Zu beachten ist auch, dass die Steigzone an der Rückwand nicht befestigt wird, sondern sie muss ebenfalls freistehend montiert werden. Die gleichen Maßnahmen sollten auch für Heizungs- und Lüftungsrohre getroffen werden, obwohl die Körperschallübertragungen solcher Rohre normalerweise weniger als bei Sanitärrohren ist.
- Ebenfalls wenn die Abwasserfallleitung an der Außenwand aus Holzständer (oder Vollholz) befestigt wird und angrenzend ein Schlaf- oder Wohnzimmer ist, gehen die Körperschallübertragungen durch die Beplankung der Außenwand zum Zimmer (Siehe folgende Abbildung, rechts). Der Schalldruckpegel im Zimmer ist in diesem Fall sicher niedriger als im letzten Beispiel, jedoch können die Anforderungen auch nicht erfüllt werden, wenn sich die Wohnung im Erdgeschoss befindet (Prallgeräusch). Das Rohr ist an freistehenden Metallständern schallentkoppelt zu befestigen.

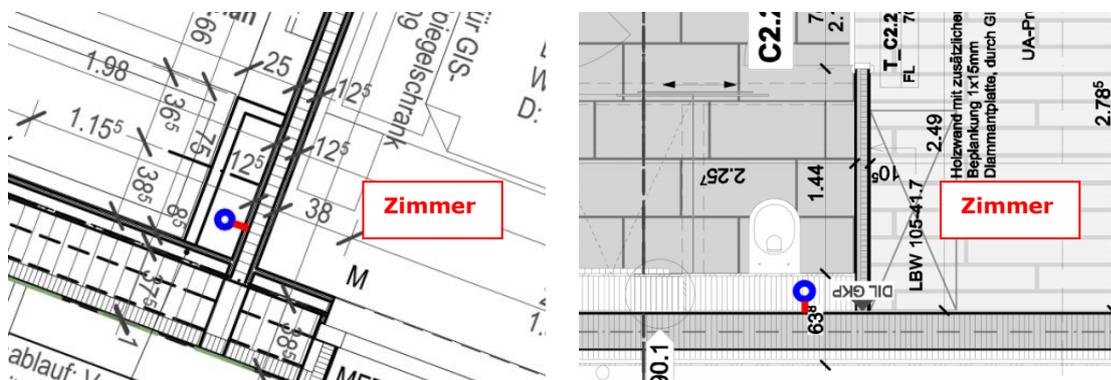


Abbildung 6: Beispiele von falsche Befestigungen der Abwasserfallleitung an der Zimmerwand (links, Körperschallübertragung durch die Zimmerwand) oder an der Außenwand (rechts, Körperschallübertragung durch die Außenwand)

- Starre Berührung zwischen Rohren (Sanitär-, Heizungs- oder Lüftungsrohre) und angrenzenden Holzbauteilen: Somit Erhöhung der Körperschallübertragungen.



Abbildung 7: Starre Berührung zwischen Lüftungsrohre und Wand

- Abwasserrohre im Überbeton von HBV-Decken mit dünnem Dämmschlauch bekleidet und Befestigung ohne schallentkoppelte Rohrschellen: Die Einhaltung der Anforderungen ist in diesem Fall sehr knapp, deshalb ist das Rohr mit einer entsprechender Verkleidung zu ummanteln (z.B. Geberit Isol o.ä.) und mit schallentkoppelten Rohrschellen oder Kabelbindern zu befestigen.



Abbildung 8: Abwasserrohr im Überbeton der HBV-Decke mit einer zu dünneren Ummantelung und keine schallentkoppelte Befestigung

### 3. Beispielfälle

#### 3.1. Falsche Verlegung des Parkettbelags

Im gleichen Gebäude wurde die Trittschalldämmung von zwei Decken gemessen. In beiden Zimmern wurde die Messung zuerst auf dem Zementestrich und danach auf dem Parkett durchgeführt. Der Deckenaufbau besteht aus eine HBV-Decke mit 120mm Brettstapel und 140mm Überbeton, 2x20mm Glaswolle und 80mm Zementestrich. Die Ergebnisse der Messungen (siehe Abbildung 9) zeigen, dass nach der Verlegung des Parketts der bewertete Norm-Trittschallpegel um ca. 6 dB in beiden Räumen verschlechtert wurde. Der Frequenzverlauf zeigt, dass die Verschlechterung die Frequenzen von 50 bis ca. 1250 Hz betrifft. Ab 1600 Hz gibt es praktisch kein Unterschied. Interessant ist, dass sich bei einem richtig verlegten Parkett (siehe Abbildung 10, in zwei verschiedenen Gebäuden auf zwei verschiedenen Deckenaufbauten gemessen) der Frequenzverlauf völlig umgekehrt, mit einer Verbesserung nach dem Verlegen des Parketts ab ca. 1600 Hz. Das ist der normale Einfluss eines Parketts und zwar eine Verbesserung zwischen 1 dB und 5 dB, abhängig vom Parketttyp. Der Ausführungsfehler in den ersten zwei Räumen betrifft vermutlich

den Leim, der unter dem Parkett nicht vollflächig verlegt wurde. Eventuelle Berührungen zwischen Parkett und Wänden ist zu übergehen, da in diesem Fall die Verschlechterung im Hochtonbereich liegen würde.

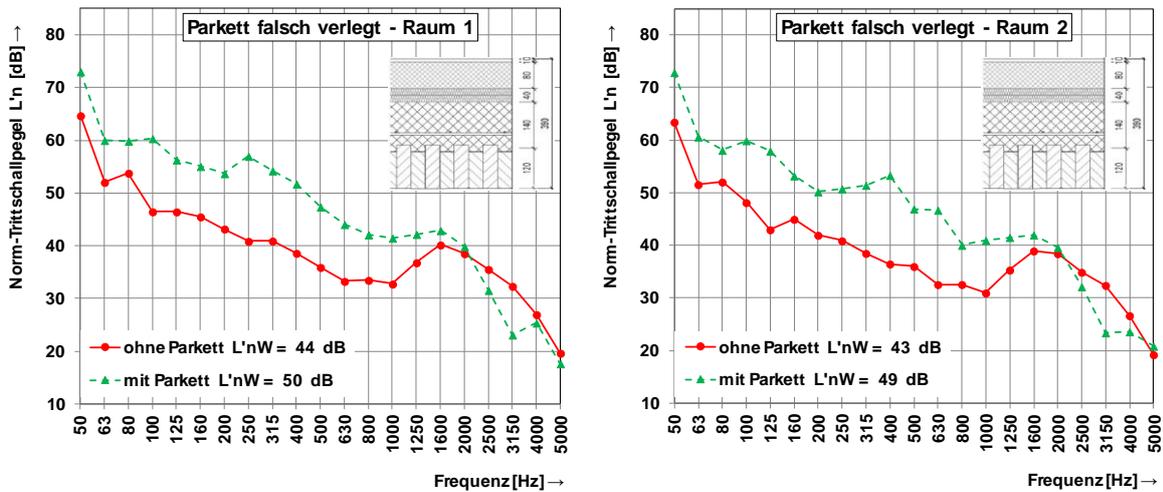


Abbildung 9: Einfluss der **falschen Verlegung** des Parketts in zwei Räumen des gleichen Gebäudes (HBV-Decke mit schwimmendem Zementestrich)

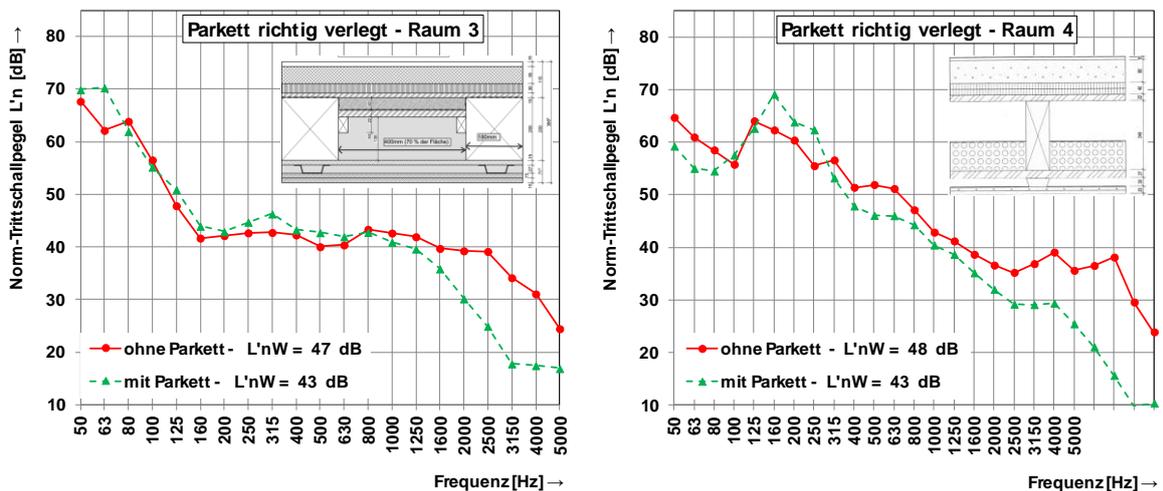


Abbildung 10: Einfluss der **richtigen Verlegung** des Parketts in zwei Räumen unterschiedlicher Gebäude (links: Rippendecke mit schwimmendem Calciumsulfatestrich und abgehängter Decke, rechts: Hohlkastendecke mit Zementestrich und abgehängter Decke)

### 3.2. Falsche Verlegung des Fliesenbelags

Dieser Beispielfall betrifft das gleiche Gebäude, wo vier HBV-Decken gemessen wurden. Die ersten Messungen (Wohnzimmer Typ 1) wurden auf zwei Decken durchgeführt, wo alle Wohnzimmer die gleichen Volumina, die gleichen Formen und die gleichen Nebenwegerübertragungen aufgewiesen haben. Die zweiten Trittschallmessungen (Wohnzimmer Typ 2) wurden ebenfalls auf zwei Decken von anderen Wohnzimmern, die auch untereinander identisch waren, durchgeführt. Der Unterschied zwischen den Deckenaufbauten betraf lediglich den Bodenbelag, einmal aus Fliesen und einmal aus Vinyl.

In beiden Fällen ist der Deckenaufbau mit dem Fliesenboden von 5 dB bis 9 dB schlechter als der gleiche Deckenaufbau mit dem Vinylboden. Bei den Wohnzimmern Typ 1 beginnt der Unterschied ab ca. 1600 Hz, bei den Wohnzimmern Typ 2 beginnt der Unterschied bereits ab 315 Hz. Diese sind die typischen Frequenzverläufe aufgrund der starren Berührung zwischen dem Fliesenboden und den Wänden. Vermutlich war die Länge der Berührungspunkte bei der Messung 1 etwa größer als die Berührungspunkte bei der Messung 2.

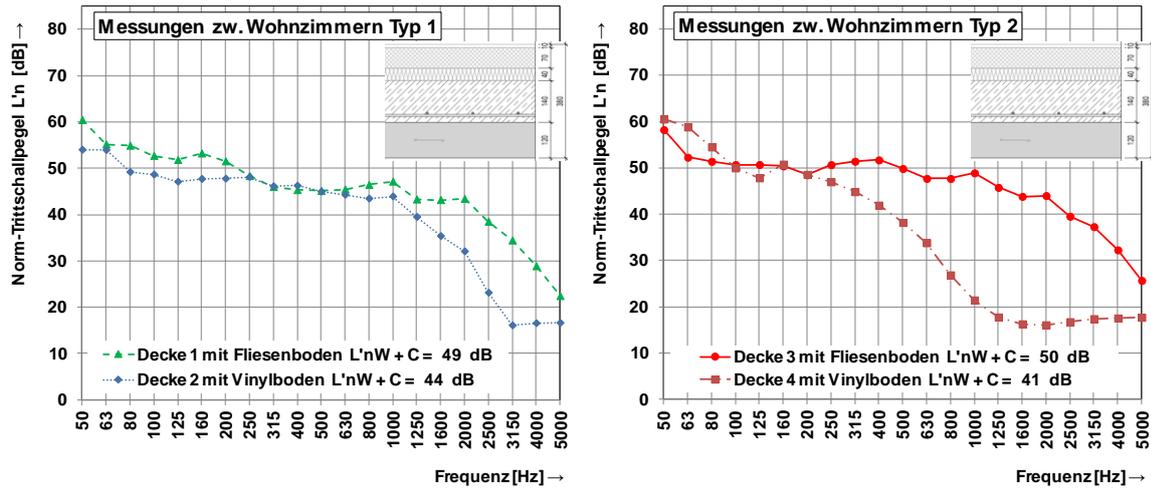


Abbildung 11: Einfluss der falschen Verlegung der Fliesenbeläge in zwei identischen Wohnzimmern des gleichen Gebäudes (HBV-Decke mit schwimmendem Zementestrich)

### 3.3. Schallbrücke zwischen Zementestrich und angrenzenden Bauteilen

Hier werden zwei Beispielfälle dargestellt. In beiden Fällen war das Trittschallgeräusch während der Messung ganz deutlich an dem Punkt, wo sich der Ausführungsfehler befand, wahrnehmbar.

Im ersten Beispielfall wurden zwei identische HBV-Decken zwischen zwei identischen Räumen gemessen (siehe Abbildung 12). In einem Raum gab es eine starre Berührung zwischen dem Zementestrich, der Türschwelle und der Wand, aufgrund der falschen Verlegung der Randdämmstreifen. Diese Schallbrücke hat eine Verschlechterung des bewerteten Trittschalldämm-Maßes von 3 dB verursacht. Der Unterschied der Frequenz liegt im Hochtonbereich, welcher der typische Verlauf solcher Einbaufehler ist. Die Verschlechterung war nicht besonders hoch, da die Schallbrücke nur punktuell war.

Im zweiten Beispielfall wurden ebenfalls zwei Rippendecken von zwei Wohnzimmern, die gleich waren, gemessen (siehe Abbildung 13). In einem Wohnzimmer war die Installationsebene der Innenwand vom Zementestrich nicht richtig entkoppelt, deshalb trat eine punktuelle Schallbrücke auf. Dieser Ausführungsfehler hat eine Verschlechterung der Trittschalldämmung in den Hochfrequenzen und im bewerteten Trittschalldämm-Maß von 3 dB verursacht.

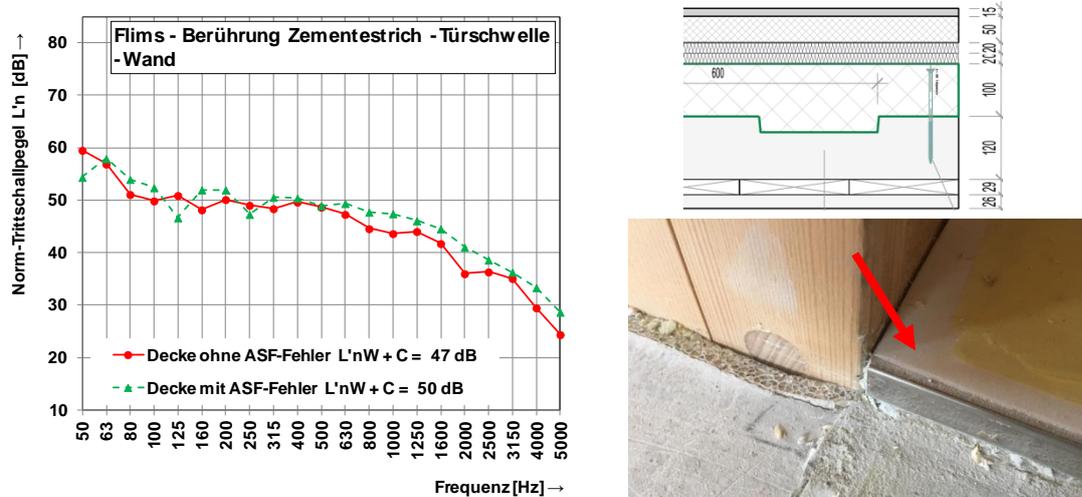


Abbildung 12: Einfluss der starren Berührung zwischen Zementestrich – Türschwelle – Vollholzwand (HBV-Decke mit schwimmendem Calciumsulfatfließestrich)

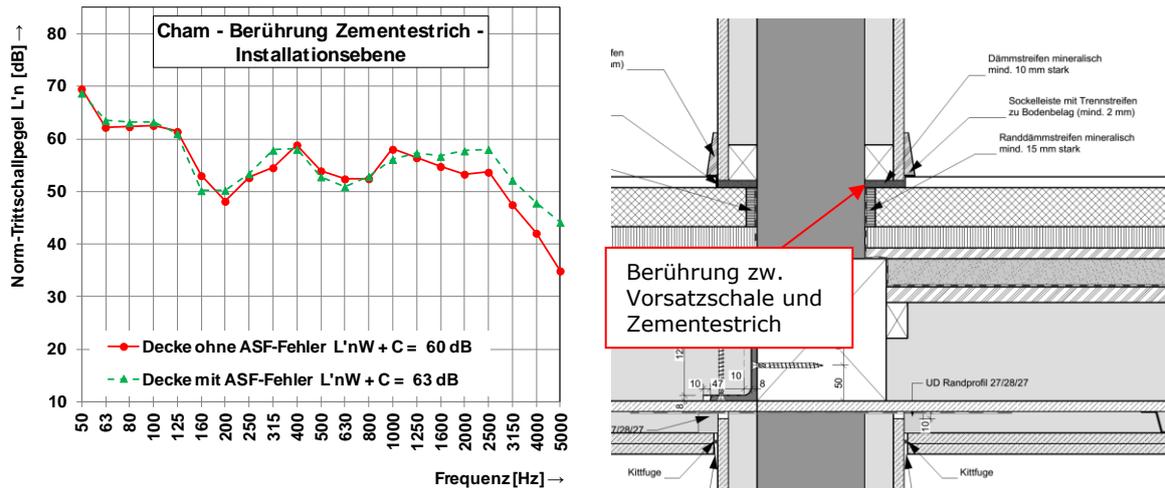


Abbildung 13: Einfluss der starren Berührung zwischen Zementestrich und Vorsatzschale (Rippendecke mit schwimmendem Calciumsulfatestrich und abgehängter Decke)

### 3.4. Starre Verbindung zwischen den zwei Schalen einer zwei-schaligen Holzständertrennwand

Eine richtige und saubere Trennung der zwei Schalen einer Holzständerwand ist der maßgebende Aspekt, der auf den Baustellen besonders zu beachten ist. Auch eine kleine Verbindung zwischen den Schalen kann eine Beeinträchtigung der Luftschalldämmung verursachen.

Gemessen wurden zwei Wohnungstrennwände zwischen zwei Wohnzimmern in zwei verschiedenen Gebäuden. Die Wandaufbauten waren gleich, sowie der Anschluss mit der HBV-Decke mit dem durchlaufenden Überbeton 140mm und der getrennten Brettstapel. Die Testräume und die Nebenwegübertragungen waren für beide Messungen praktisch identisch, mit Ausnahme der Bereiche oberhalb der Trennfuge der Wand. Um zu vermeiden, dass der Überbeton in der Trennfuge fließt, wurde in einem Gebäude eine starre Platte auf der Trennfuge verlegt und an den Brettstapeln befestigt (siehe Grafik unten, gestrichelte Linie), anstatt der eingeplanten Folie, welche im anderen Gebäude richtig ausgeführt wurde (durchgezogene Linie). Diese Schallbrücke hat eine Verschlechterung von ca. 7 dB verursacht, wegen der starren Verbindung zwischen den Schalen.

Der Frequenzverlauf ist ab 1600 Hz der gleich für beide Messungen, wegen des durchlaufenden Überbetons. Falls der Überbeton auch getrennt wird (immer die beste Variante), kann man bewertete Luftschalldämm-Masse bis zu 65-70 dB erreichen, selbstverständlich, wenn die Nebenwegübertragungen bei anderen Anschlüssen mit der Außenwand, Korridorwand und Bodenaufbauten auch entsprechend reduziert werden.

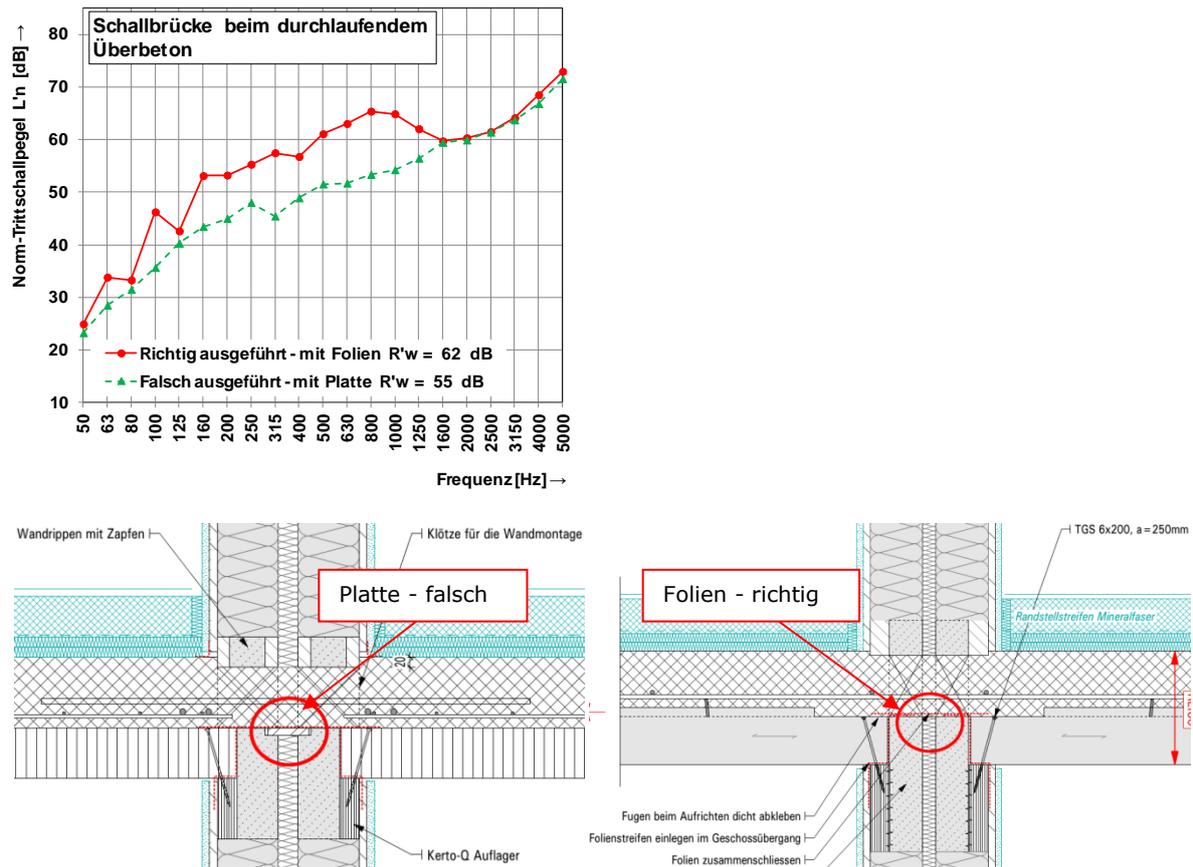


Abbildung 14: Einfluss der Schallübertragungen durch eine starre Verbindung mit Platten zwischen den zwei Schalen einer Wohnungstrennwand in zwei Zimmern (durchlaufender Überbeton 140mm)

### 3.5. Durchlaufende Elektrotrasse unter einer Trennwand

In diesem Beispielfall wurde eine zwei-schalige Metallständerwand zwischen zwei Praxisräume gemessen. Während der ersten Messung wurde deutlich wahrgenommen, dass das Geräusch des Lautsprechers aus der im Boden integrierten Elektrotrasse kam. Diese Trasse war tatsächlich leer und durchlaufend unter die Trennwand (siehe folgende Abbildung). Daher wurde die Trasse mit Mineralwolle temporär gestopft und die Luftschallmessung wieder durchgeführt. Die Luftschalldämmung erhöhte sich von 49 dB auf 54 dB.

Die durchlaufenden Elektrotrassen sind generell zu vermeiden, insbesondere wenn strenge Anforderungen zwischen den Räumen zu erfüllen sind. Alternativ sind die Elektrotrassen mit Mineralwolle entsprechend zu stopfen (zumindest mit einer Länge von 50cm ab jeder Trennwandseite).

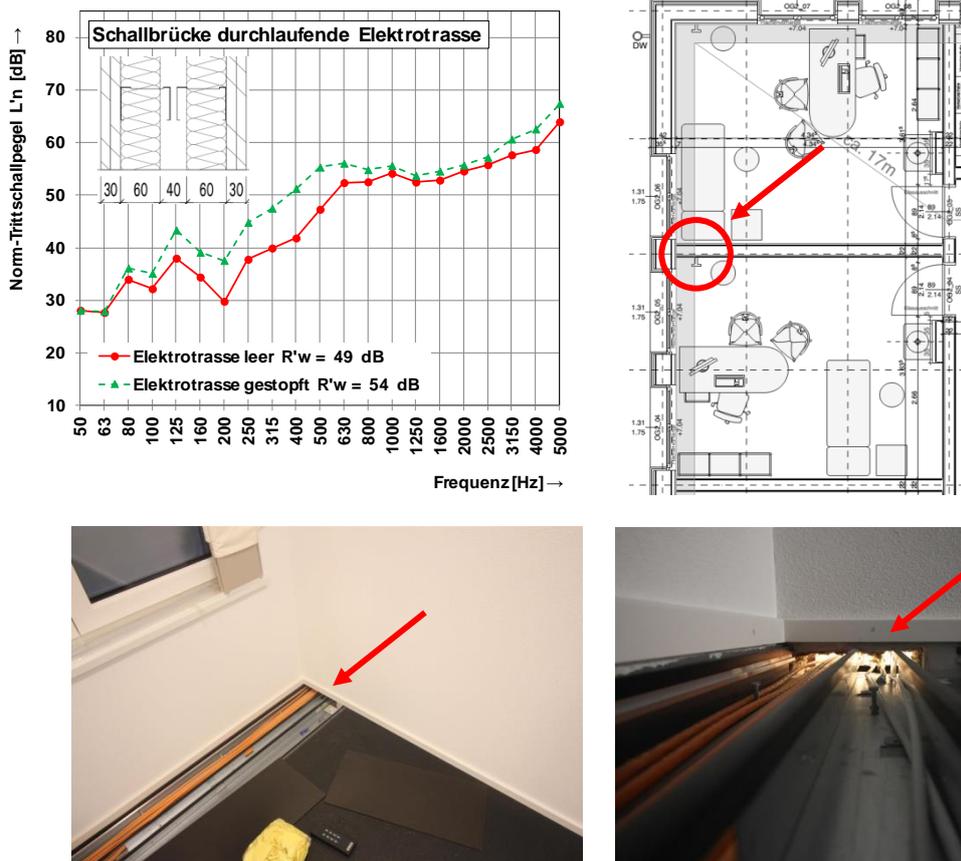


Abbildung 15: Einfluss der Schallübertragungen durch eine durchlaufende leere Elektrotrasse unter einer Trennwand

#### 4. Variabilität der Schallergebnisse aufgrund der Ausführung

Normalerweise sind die Ergebnisse im eingebauten Zustand kaum bis nicht vergleichbar, wegen der unterschiedlichen Randbedingungen. Allerdings wenn die Messungen richtig eingeplant resp. einige Variablen festgelegt werden können, ist ein Vergleich zwischen den Ergebnissen möglich. Anhand der Schallmessungen-Database von Pirmin Jung Ingenieure AG (ca. 200 Holzbauten am Objekt gemessen, von denen ca. 150 Holzdecken und ca. 50 Holzwände) wurden die Aufbauten so ausgewählt, um die Variabilität der Ausführung zu analysieren. Diese Analyse betraf die Luft- und Trittschalldämmung einiger Holzdecken. Das Ziel war, die Variabilität der Ergebnisse aufgrund der Ausführung zu definieren, damit diese in der Projektierungsphase berücksichtigt werden kann.

Ausgewählt wurden die Messungen auf identischen Deckenaufbauten innerhalb der gleichen Gebäude. Pro Gebäude wurden zwei bis vier gleiche Decken berücksichtigt. Die Testräume in jedem Gebäude waren identisch in Bezug auf Volumen, Form, Fläche, Materialien, Leitungsführung und Nebenwegübertragungen. Die Messung wurde immer von der gleichen Person mit dem gleichen Messverfahren (manuelle Bewegung des Mikrophons) durchgeführt, damit die Schwankungen der Ergebnisse aufgrund des Messverfahrens vernachlässigbar sind. Somit bleibt nur die Ausführung der einzige Variabilitätsfaktor.

Die Standard Abweichung zwischen den Luft- und Trittschallergebnissen der Decken innerhalb des gleichen Gebäudes wurde für jedes Gebäude bestimmt. Dieser Parameter gibt eine allgemeine Angabe über die Variabilität der Ausführung einer bestimmten Decke und angrenzenden Bauteilen. Diese Variabilität entspricht nicht notwendigerweise einem Ausführungsfehler, sondern einer allgemeinen Variabilität der Ausführung.

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Berücksichtigt wurden nur die Holzbalkendecken im Sanierungszustand (mit schallentkoppelter abgehängter Decke, Splittbeschwerung zwischen den bestehenden Balken, schwimmendem Zementestrich)

und die HBV-Decken (mit schwimmendem Zementestrich, ohne abgehängte Decke). Die ersten Ergebnisse der Hohlkastendecken werden auch aufgezeigt, jedoch zwischen Klammern, da für diese Decken keine ausreichende Anzahl der Messungen durchgeführt wurde.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Ausführungsvariabilität bei den Holzbalkendecken im Sanierungszustand zwei oder drei Mal grösser als die Ausführungsvariabilität der HBV-Decken. Das gilt sowohl für die Luftschall- als auch für die Trittschalldämmung. Der Grund der höheren Ausführungsvariabilität bei den Holzbalkendecken liegt natürlich beim Sanierungszustand, wo der Zustand der bestehenden Balken und der Anschlüsse zwischen den bestehenden Balken und den bestehenden Stützen stark variieren kann. Zudem weist eine Holzbalkendecke mehr Materialien und Bauelementen als eine HBV-Decke (Splittmenge, Anzahl und Befestigung der Balken) auf, somit wird die Variabilität der Ausführung höher. Dieser zweite Aspekt gilt auch im Vergleich zwischen Hohlkasten- und HBV-Decke: Die Ausführungsvariabilität bei den Hohlkastendecken ist tendenziell höher aufgrund der Anzahl der verwendeten Bauelemente.

Diese kleine Analyse kann natürlich nicht eine statistische und definitive Forschung über den Einfluss der Ausführung widerspiegeln, da in diesem Fall viel mehr Aufbauten pro Gebäude erforderlich wären. Jedoch gibt sie einige Richtwerte, welche in der Projektierungsphase einer Decke berücksichtigt werden können. Zum Beispiel zur Auswahl des richtigen Projektierungszuschlags: Ein Projektierungszuschlag von 2 dB, der in der schweizerischen Norm SIA 181 vorgeschlagen wird, ist für die schalltechnische Prognose einer HBV-Decke in Ordnung. Hingegen wäre dieser Projektierungszuschlag ungenügend für Rippendecken im Sanierungszustand: Vorzuziehen wäre ein Projektierungszuschlag von 4 dB. Falls eine Hohlkastendecke einzuplanen ist, wird ein Projektierungszuschlag von 2-3 dB empfohlen.

Tabelle 1: Tabelle der Variabilität der Schallergebnisse aufgrund der Ausführung (Luft- und Trittschalldämmung)

	Anzahl der gemessenen Decken	Standard Abweichung	
		$L'_{n,w}$	$R'_w$
<b>Holzbalkendecken - Sanierungszustand</b>	12	2.2 ÷ 2.6 dB	2.5 ÷ 3.6 dB
<b>HBV-Decken</b>	15	0.0 ÷ 1.3 dB	0.0 ÷ 1.0 dB
<b>(Hohlkastendecken)</b>	(6)	(0.7 ÷ 2.1 dB)	--

## 5. Zusammenfassung

In diesem Referat wurden die in der Schweiz typischen Ausführungsfehler aufgelistet und einige Beispielfälle dargestellt. Zum Schluss wurde eine kleine Analyse der Variabilität der Schallergebnisse aufgrund der Ausführung aufgezeigt und ein Vorschlag für den richtigen Projektierungszuschlag abhängig von der Decke gegeben.

Der Projektierungszuschlag ist jedoch nicht die einzige Maßnahme, um die gewünschten Schallwerte zu erreichen. Zusammen mit einer Sensibilisierung der Handwerker, wozu im Folgenden Vorschläge gemacht werden, können die Ausführungen der Messungen optimiert werden:

- In der Vorprojektphase sind die heiklen Punkten bereits zu definieren und klar zu kommunizieren (zum Beispiel genügend Platz für die Leitungsführung in der Decke oder in den Schächten vorzusehen)
- In der Bauprojektphase sind die schalltechnischen Maßnahmen in einem Bericht klar zu erstellen und an den unterschiedlichen Fachplaner (Holzbauer, Holzingenieure, Sanitär-, Heizungs- und Lüftungsplaner, Elektroplaner) zu übergeben. Besser ist wenn jeder Fachplaner nur die Maßnahmen bezüglich seines Gebiets erhält (nicht den ganzen Schallschutzbericht). Eine detaillierte Rückmeldung ist zudem immer zu verlangen.

- Vor der Ausführungsphase ist eine Checkliste mit Fragestellungen vorzubereiten und von der Bauleitung / Architekt auszufüllen. Diese Checkliste sollte die Fragen zu den ausgewählten Produkten und vor allem zu den wichtigsten Punkten bezüglich der Ausführung aufweisen. Die Fragen sollten nur mit JA und NEIN beantwortet werden, mit dem Platz für eventuelle Bemerkungen, falls NEIN beantwortet wird. Nachfolgend ist als Beispiel ein Auszug der Checkliste von Pirmin Jung Ingenieure AG bezüglich der Abwasserrohre aufgezeigt:

KONTROLLE MATERIALIEN, PRODUKTE, BEFESTIGUNGEN (BITTE GELBE BEREICHE AUSFÜLLEN)		
	FRAGE	ANTWORTEN
1	Wurden die Bade- und Duschwannen sowie die bodenebenen Duschen Schallbrückenfrei montiert? Welche Produkte (Firma, Typ, Zubehör) wurden verwendet?	
2	Vormauerung/Steigzone: Beplankung mit 2x12.5mm Gipsfaserplatte? Wurden die Schächte ausgeflockt? Wenn ja, mit welchem Produkt (Lieferant, Typ, Stärke)?	
3	Wurden die Abwasserfalleitungen der roten markierten Nasszellen (Siehe Grundrisse oben) an freistehenden Metallständer befestigt?	
--	--	--
--	--	--

- Baustellenkontrollen sind in den richtigen Ausführungsphasen zu organisieren:
  - Vor dem Gießen des Überbetons (bei HBV-Decken) oder vor der Schließung der Hohlkastendecken oder vor der Verlegung des Splitts auf einer Massivholzdecke, um die Leitungsführung zu kontrollieren
  - Vor dem Gießen des Zementestrichs, um die Verlegung der Randdämmstreifen zu kontrollieren
  - Nach dem Gießen des Zementestrichs, um eventuell Schallbrücken (starre Verbindungen zwischen Zementestrich und angrenzenden Bauelementen) zu entdecken
  - Vor der Schließung der Schächte und Steigzonen, um die Leitungsführung zu kontrollieren
- Schallmessungen in der Baustellenphase wären optimal, um eventuelle Schallbrücken zu entdecken und kurzfristig zu lösen

Mit diesen Maßnahmen kann man die ganze Projektphase betreffend Schallschutz besser kontrollieren und unangenehme Überraschungen vermeiden.