



## CURRICULUM VITAE

Prof. Dr.-Ing.  
**PATRICIA HAMM**

Hochschule Biberach  
Institut für Holzbau

Karlstraße 11  
D – 88400 Biberach

hamm@hochschule-bc.de

- |                |  |
|----------------|--|
| 1991-1996      | Studium Bauingenieurwesen, TU München                                    |
| 1996-1998      | Tragwerksplanerin, Häußler-Planung GmbH, Kempten                         |
| 1998-2005      | Wiss. Assistentin, TU München, Fachgebiet Holzbau                        |
| 2003           | Promotion zur Dr.-Ing.   |
| seit 2005      | Beratende Ingenieurin im Ing.-Büro, Marktoberdorf                        |
| 2007-2009      | Wiss. Angestellte, TU München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion |
| seit Okt. 2009 | Professorin an der Hochschule Biberach                                   |



# SCHWINGUNGEN IM HOLZBAU

## Personeninduzierte Schwingungen bei Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

Patricia Hamm

### Einleitung

Mit den Schwingungen in diesem Beitrag sind sehr langsame Schwingungen gemeint, solche, die nicht mehr gehört, sondern „nur“ gefühlt werden können. Wir sprechen von Frequenzen von 0 Hz bis ca. 40 Hz.

Abbildung 1 zeigt anschaulich, weshalb es gilt, solche Schwingungen zu vermeiden. Diese Schwingungen werden sehr unterschiedlich wahrgenommen und von Person zu Person subjektiv und unterschiedlich bewertet. Dennoch ist es wichtig, eine klare Vorschriften zu haben, wie Holz- und Holz-Beton-Verbunddecken bemessen werden sollen, um „für den Durchschnittsnutzer“ störende Schwingungen zu vermeiden.

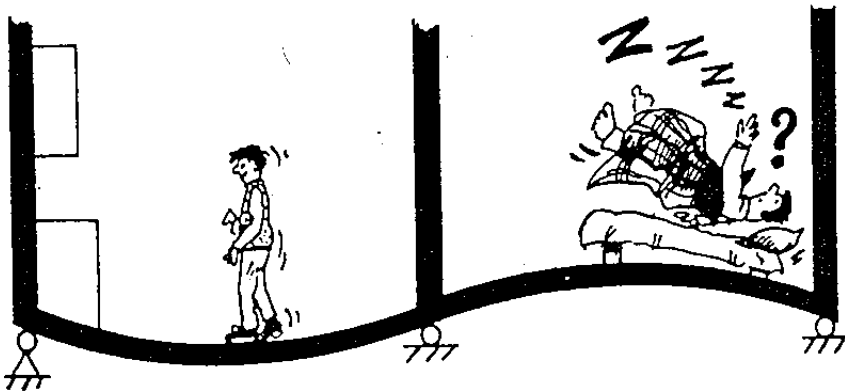


Abbildung 1: Schwingungen bei Holzdecken. Aus [Ohlsson, 1982]

## 1. Konstruktions- und Bemessungsregeln

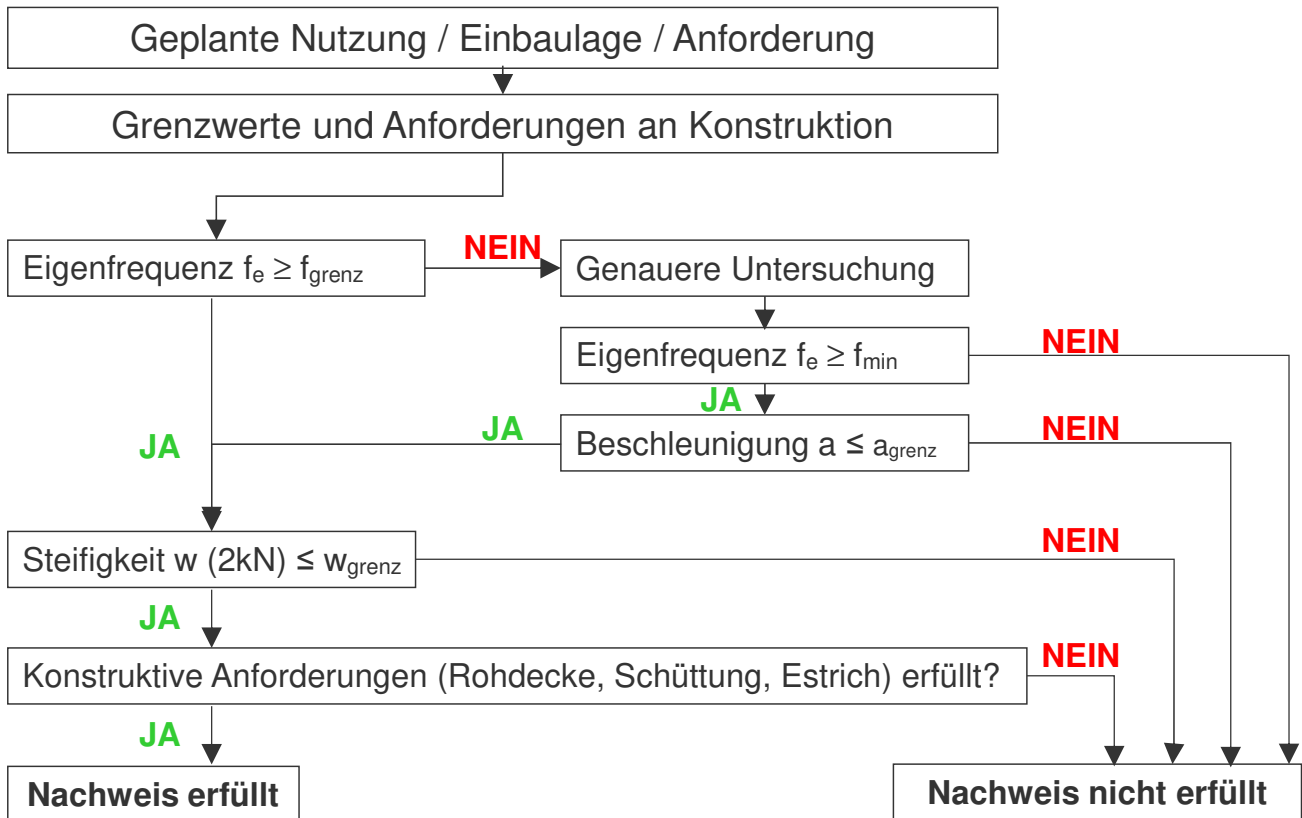
### 1.1. Übersicht

Das Schwingungsverhalten von Holz- und Holz-Beton-Verbunddecken wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens an der TU München [Winter/Hamm/Richter, 2010] untersucht. Ergebnis sind Konstruktions- und Bemessungsregeln für den Schwingungsnachweis von Holz- und Holz-Beton-Verbunddecken. Diese wurden schon mehrfach vorgestellt, z. B. in [Hamm, 2011] und in [Hamm-PRB, 2017] erweitert.

Hier in Kapitel 1 sind die relevanten Formeln und Werte für den Schwingungsnachweis für Holzdecken zusammengefasst. In Kapitel 2 wird gezeigt, wie die Lagerung auf Unterzügen rechnerisch berücksichtigt werden kann.

Abbildung 2 zeigt eine Übersicht / eine schematische Darstellung des Schwingungsnachweises. Dabei werden drei Kriterien untersucht:

1. die Eigenfrequenz der Decke
2. die Durchbiegung unter einer Einzellast
3. die Konstruktion inkl. Aufbau der Decke



**Abbildung 2:** Nachweis nach den Konstruktions- und Bemessungsregeln aus dem Forschungsvorhaben [Winter/Hamm/Richter, 2010].  
Hinweis: Die genauere Untersuchung ist i. A. nur bei schweren Decken, z. B. bei Holz-Beton-Verbunddecken Erfolg versprechend.

### 1.2. Eigenfrequenz

Die Eigenfrequenz der Decke soll größer sein als der Grenzwert  $f_{\text{grenz}}$  nach Tabelle 3 (je nach Anforderung 8 Hz bzw. 6 Hz). Die Eigenfrequenz kann durch Messung oder Berechnung ermittelt werden. Bei der Berechnung darf das tatsächliche statische System angesetzt werden, z. B. Durchlaufträgerwirkung. Die Biegesteifigkeit des Estrichs darf rechnerisch angesetzt werden. Für die Masse darf allein die Eigenmasse inkl. Aufbau angesetzt werden. Verkehrslast und Trennwandzuschlag müssen nicht eingerechnet werden. Lagerungen auf nachgiebigen Unterzügen müssen berücksichtigt werden, vgl. Kapitel 2.

$$f_{e,\text{Einfeld-Balken}} = \frac{\pi}{2 \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{EI_L}{m}} \quad \text{Eigenfrequenz eines Einfeldträgers mit } I = \frac{h^3 \cdot b_{\text{Balken}}}{12} \quad (\text{Gl. 1 / 2})$$

$$f_{e,\text{Zweifeld-Balken}} = k_f \cdot f_{e,\text{Einfeld-Balken}} \quad \text{Eigenfrequenz eines Zweifeldträgers mit } k_f \text{ nach Tabelle 1} \quad (\text{Gl. 3})$$

$$f_{e,\text{Platte}} = f_{e,\text{Balken}} \cdot \sqrt{1 + 1/\alpha^4} \quad \text{Eigenfrequenz einer Platte mit vierseitiger gelenkiger Lagerung} \quad (\text{Gl. 4})$$

$$\alpha = \frac{b}{L} \cdot 4 \sqrt{\frac{EI_L}{EI_b}} \quad \text{Beiwert zur Berechnung der zweiachsigen Tragwirkung} \quad (\text{Gl. 5})$$



- L: Spannweite beim Einfeldträger.  
Beim Mehrfeldträger: Spannweite des größten Feldes.
- $L_1$ : Beim Zweifeldträger: Spannweite des kleineren Feldes
- m: Masse infolge Eigengewicht der Decke inkl. Aufbau in  $[\text{kg}/\text{m}^2]$   
ohne Verkehrslast und Trennwandzuschlag
- b: Spannweite der Decke in Querrichtung oder Deckenfeldbreite
- $EI_L$ : effektive Biegesteifigkeit in Längsrichtung je Meter Breite in  $[\text{Nm}^2/\text{m}]$ :  
Biegesteifigkeit der Decke + Biegesteifigkeit des Estrichs \*\*)
- $EI_b$ : effektive Biegesteifigkeit in Querrichtung in  $[\text{Nm}^2/\text{m}]$  mit  $(EI)_L > (EI)_b$ :  
Biegesteifigkeit der Decke + Biegesteifigkeit des Estrichs \*\*)
- $E_{\text{Estrich}}$ : Falls kein genauere Wert bekannt ist, wird empfohlen mit einem  
E-Modul für den Nassestrich von  $E = 15\,000\text{ N}/\text{mm}^2$  zu rechnen.
- $EI_{\text{quer BST}}$ : Brettstapel, genagelt oder gedübelt:  $EI_{\text{quer}} = 0,0005 EI_{\text{längs}}$   
Brettstapel geklebt:  $EI_{\text{quer}} = 0,03 EI_{\text{längs}}$
- \*\*) Bei Installationsführungen oder Fugen im Estrich oder Ausführung als Fertigteil mit Fugen ist die Biegesteifigkeit des Estrichs entsprechend zu reduzieren. Nicht kraftschlüssig ausgeführte Stöße zwischen Elementen müssen bei der Ermittlung der Querbiegesteifigkeit berücksichtigt werden.

### 1.3. Genauere Untersuchung – Beschleunigung im Resonanzfall

Vor allem bei schweren Decken oder Decken mit großen Spannweiten wird das Frequenzkriterium bemessungsrelevant. Es können auch Decken mit Eigenfrequenzen kleiner als die Grenzfrequenz ausgeführt werden, wenn die Schwingbeschleunigung nach Gleichung 8 begrenzt wird und eine Mindestfrequenz nach Gleichung 6 eingehalten wird, vgl. Tab. 3.

Der Nachweis der Schwingbeschleunigung führt in der Regel nur bei ausreichend schweren Decken (hauptsächlich großflächigen Holz-Beton-Verbunddecken) zum Erfolg.

$$f_{\min} \leq f_e < f_{\text{grenz}} \quad (\text{Gl. 6})$$

$$f_{\min} = 4,5 \text{ Hz} \quad (\text{Gl. 7})$$

$$a \leq a_{\text{grenz}} \quad (\text{Gl. 8})$$

$$a_{\text{grenz}} = 0,05 \text{ m}/\text{s}^2 \quad \text{für Bewertung 1,0 bis 1,5} \quad (\text{Gl. 9})$$

$$a_{\text{grenz}} = 0,10 \text{ m}/\text{s}^2 \quad \text{für Bewertung 1,5 bis 2,5} \quad (\text{Gl. 10})$$

Die Beschleunigung für ein einachsig oder zweiachsig gespanntes Deckenfeld als Einfeldträger mit der (Raum-) Breite b infolge einer gehenden Person kann wie folgt berechnet werden: Die anzusetzende dynamische Kraft F(t) ist abhängig von der Eigenfrequenz der Decke und kann aus Abbildung 3 abgelesen werden.

$$a \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] = \frac{0,4 \cdot F(t) [\text{N}]}{m [\text{kg}/\text{m}^2] \cdot 0,5 \cdot L [\text{m}] \cdot 0,5 \cdot b [\text{m}] \cdot 2D} \quad (\text{Gl. 11})$$

Die Dämpfung  $D$ , auch bezeichnet als Lehr'sches Dämpfungsmaß, kann Tabelle 2 entnommen werden.

Als mitschwingende Masse wurde in der Gleichung die halbe Spannweite  $L$  und die halbe Breite  $b$  angesetzt. Das ist für vierseitig gelagerte Einfeldträger mit einer ausreichenden Querbiegesteifigkeit eine gute Näherung. Eine ausreichende Querbiegesteifigkeit ist z. B. vorhanden bei Holz-Beton-Verbunddecken, flächigen Massivholzdecken oder Aufbauten mit Nassestrich.

Für die Raumbreite  $b$  sollte der kleinere Wert aus der tatsächlichen Breite und das 1,5-fache der Spannweite eingesetzt werden (bei HBV und BSP- Decken). Bei linienförmigen Elementen gilt der kleinere Wert aus der tatsächlichen Breite und der Spannweite.

Die einwirkende Kraft auf die Decke  $F(t)$  ist zeit- und ortveränderlich. Sie wird in Gleichung 11 mit dem Faktor 0,4 reduziert, weil die Einwirkungsstelle wechselt und die Einwirkungsdauer begrenzt ist, vgl. [Kreuzinger/ Mohr, 1999].

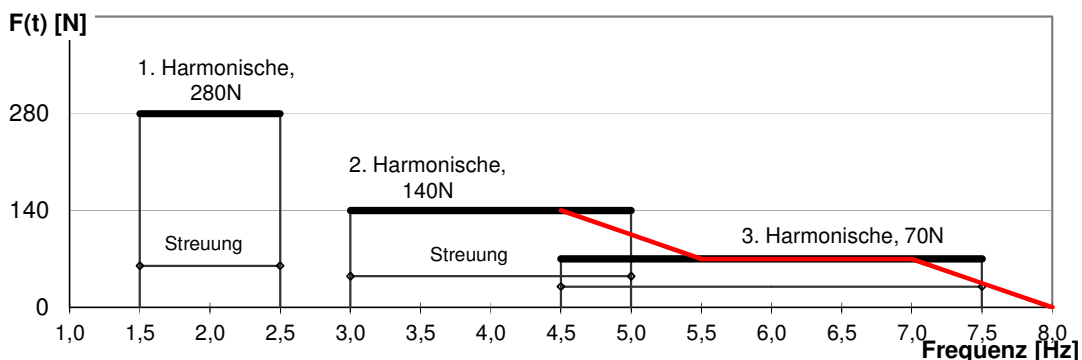


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen der Frequenz und der abgegebenen Kraft beim Gehen

#### 1.4. Durchbiegung unter Einzellast von 2 kN oder Steifigkeitskriterium

Die Durchbiegung unter einer Einzellast von 2 kN soll kleiner sein als der Grenzwert  $w_{\text{grenz}}$  nach Tabelle 3 (je nach Anforderung 0,5 mm bzw. 1,0 mm).

$$w(2\text{kN}) = \frac{2 \cdot L^3}{48 \cdot E_L \cdot b_{w(2\text{kN})}} \quad \text{Durchbiegung unter einer Einzellast von 2 kN} \quad (\text{Gl. 12})$$

$$b_{w(2\text{kN})} = \min \left\{ \begin{array}{l} b_{\text{ef}} \\ b \end{array} \right\} \quad \text{anzusetzende mittragende Breite mit } b_{\text{ef}} = \frac{L}{1,1} \cdot \sqrt[4]{\frac{E_L b}{E_L}} = \frac{b}{1,1 \cdot \alpha} \quad (\text{Gl. 13 / 14})$$

Anmerkungen:

Wird eine Einzellast von 1 kN angesetzt, halbieren sich die Grenzwerte.

Bei Durchlaufträgern darf die Durchlaufwirkung nicht berücksichtigt werden. Hier erfolgt der Nachweis am Ersatzsystem eines beidseitig gelenkig gelagerten Einfeldträgers mit der Spannweite des größten Feldes  $L$ .

Hintergrund ist die Tatsache, dass das Schwingungsempfinden bei Durchlaufträgern ungünstiger ist (vgl. Abb. 1). Das liegt zum einen daran, dass sich ein Feld nach unten und das andere (unterwartet) nach oben bewegt und zum anderen der Schwingungserreger wegen evtl. vorhandenen Wänden nicht gesehen wird. Dieses ungünstige Verhalten von Durchlaufträgern wird rechnerisch nicht berücksichtigt, dafür wird das günstige Verhalten bei der Berechnung der Durchbiegung unter Einzellast ebenfalls nicht angesetzt.

Liegt die Decke nachgiebig auf Unterzügen auf, so ist bei der Berechnung der Eigenfrequenz und der Durchbiegung unter der Einzellast  $w(2\text{kN})$  die Nachgiebigkeit der Unterzüge zusätzlich zu berücksichtigen, vgl. Kapitel 2.



### 1.5. Konstruktive Anforderungen an den Aufbau der Decke

Entscheidend für das Schwingungsempfinden ist neben der Eigenfrequenz und der Steifigkeit auch der Aufbau der Decke. Eine schwimmende Lagerung des Estrichs ist in jedem Fall erforderlich. Nassestriche sind aufgrund ihrer höheren Masse und höheren Steifigkeit gegenüber Trockenestrichen günstiger zu bewerten.

Eine (möglichst schwere) Schüttung verbessert das Schwingungsverhalten. Gleichzeitig bietet sie die Möglichkeit der Installationsführung. Je schwerer die Schüttung, desto größer die Verbesserung der subjektiven Bewertung. Als „schwere“ Schüttung werden Schüttungen mit einem Flächengewicht von mindestens 60 kg/m<sup>2</sup> bezeichnet. Dies entspricht z.B. einer 4 cm dicken Kalksplittschicht. Ob und welche Art der Schüttung erforderlich ist, kann Tabelle 4 entnommen werden.

### 1.6. Tabellen

**Tabelle 1:** Faktor zur Umrechnung der Eigenfrequenz von Einfeldträger auf Zweifeldträger

L <sub>1</sub> /L	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
k <sub>f</sub>	1,0	1,09	1,15	1,20	1,24	1,27	1,30	1,33	1,38	1,42	1,56

**Tabelle 2:** Dämpfungswerte in Abhängigkeit von der Tragkonstruktion und dem Aufbau der Decke

Material und Aufbau	Lehr'sches Dämpfungsmaß <b>D</b>	Quelle
(Holz-) Decken ohne schwimmenden Estrich	1,0 %	[Erläuterungen]
Decken aus verleimten Brettstapelelementen mit schwimmendem Estrich	2,0 %	
Holzbalkendecken und mechanisch verbundene Brettstapeldecken mit schwimmendem Estrich	3,0 %	
Brettsperrholzdecken ohne bzw. mit leichtem Aufbau, zweiseitig gelagert	2,5 %	[Fitz, 2008] und [Hamm/Richter -BSP, 2009]
Brettsperrholzdecken mit schwimmendem Estrich (schwerer Aufbau) auf Stahl oder punktförmig oder zweiseitig gelagert	2,5 %	
Brettsperrholzdecken mit schwimmendem Estrich, vierseitig gelagert	3,5 %	
Brettsperrholzdecken mit schwimmendem Estrich, vierseitig auf Holzwänden gelagert	4,0 %	
Holz-Beton-Verbunddecke als Rohdecke	2,5 %	Aus Messungen
Holz-Beton-Verbunddecke mit schwimmendem Estrich	3,5 %	

**Tabelle 3:** Grenzwerte der Eigenfrequenz und Durchbiegung je nach Einbaulage und Bewertung

Einbaulage bzw. Anforderung	Decke zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten, z.B. Mehrfamilienhäuser oder Bürogebäude	Decke innerhalb einer Nutzungseinheit, z. B. „normale“ Einfamilienhäuser	Decken unter untergeordneten Räumen z. B. nicht ausgebaute Dachräume oder im Bestand. Immer mit Bauherrn- Zustimmung
Bewertung	1,0 bis 1,5	1,5 bis 2,5	2,5 bis 4,0
Schwingungen sind ...	... gar nicht oder nur gering spürbar	... spürbar, aber nicht störend.	... (deutlich) spürbar und störend.
$f_e \geq f_{\text{grenz}}$	$f_{\text{grenz}} = 8 \text{ Hz}$	$f_{\text{grenz}} = 6 \text{ Hz}$	Keine Anforderungen
$w(2kN) \leq w_{\text{grenz}}$	$w_{\text{grenz}} = 0,5 \text{ mm}$	$w_{\text{grenz}} = 1,0 \text{ mm}$	Keine Anforderungen
Genauere Untersuchung wenn $f_{\text{min}} \leq f_e < f_{\text{Grenz}}$ : $a \leq a_{\text{grenz}}$	$f_{\text{min}} = 4,5 \text{ Hz}$ $a_{\text{Grenz}} = 0,05 \text{ m/s}^2$	$f_{\text{min}} = 4,5 \text{ Hz}$ $a_{\text{Grenz}} = 0,1 \text{ m/s}^2$	Keine Anforderungen

**Tabelle 4:** Konstruktive Anforderung je nach Art der Rohdecke, Einbaulage und Bewertung

Art der Rohdecke	Art des Estrichs	Anforderung an Aufbau bei Bewertung 1,0 bis 1,5	Anforderung an Aufbau bei Bewertung 1,5 bis 2,5
Holz-Beton-Verbunddecken		auch ohne Schüttung	auch ohne Schüttung
Flächige Massivholzdecken (Brettsperrholz-, Brettstapeldecken)	schwimmender Nassestrich	schwimmend auf schwerer oder leichter Schüttung	schwimmend (auch ohne Schüttung)
	schwimmender Trockenestrich	schwimmend auf schwerer Schüttung ***)	schwimmend auf schwerer Schüttung ***)
Holzbalkendecken oder Trägerroste	schwimmender Nassestrich	schwimmend auf schwerer Schüttung	schwimmend (auch ohne Schüttung)
	schwimmender Trockenestrich	nicht möglich	schwimmend auf schwerer Schüttung

\*\*\*) ... bis jetzt nur im Labor getestet.

## 2. Einfluss von Unterzügen

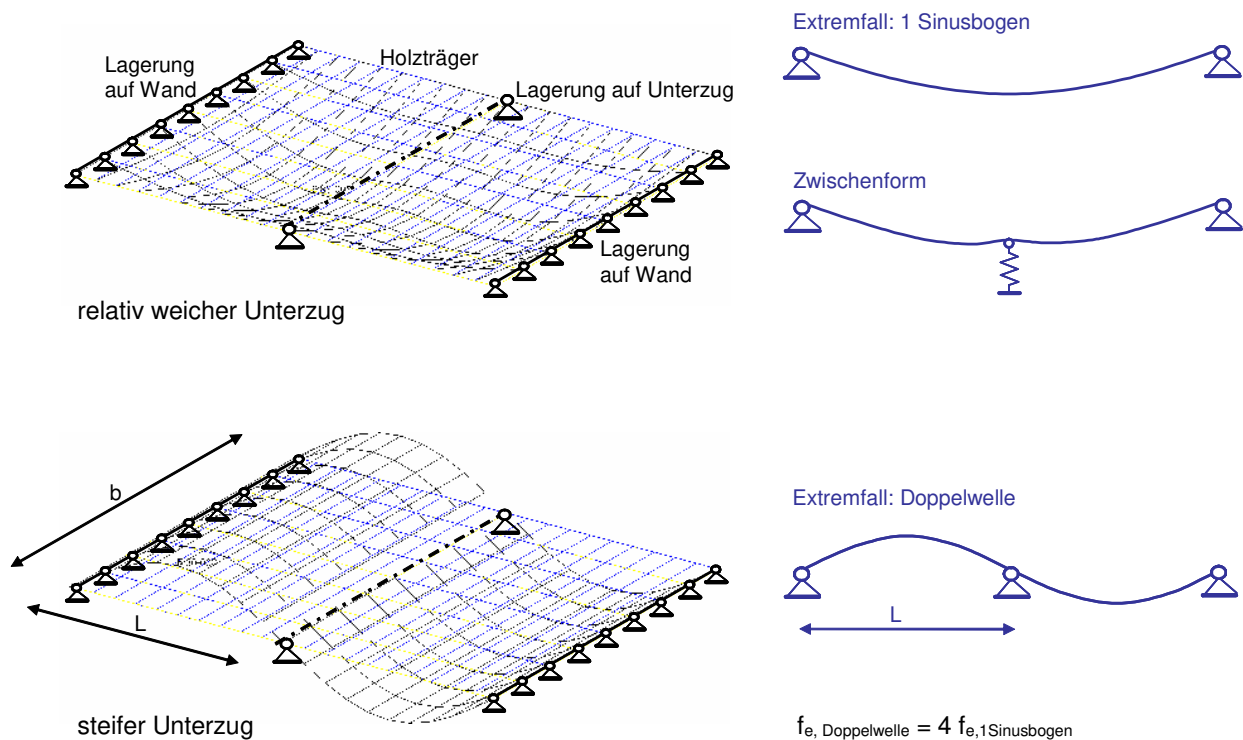
Die unter 1. beschriebenen Berechnungen für die Eigenfrequenz und die Durchbiegung unter Einzellast gehen von festen Auflagern auf Wänden auf. Oft treten Probleme auf, weil die Decke nachgiebig auf Unterzügen aufliegt und die Nachgiebigkeit in der Berechnung nicht berücksichtigt wurde. Wie die gemeinsame Wirkung Holzdecke und Unterzug als gesamtes System rechnerisch erfasst werden kann, wurde in [Hamm, 2008] beschrieben. Haupt- und Nebenträger sind dann nicht mehr getrennt zu betrachten, sondern als ein kombiniertes System, wie Abbildung 4 verdeutlicht.



## 2.1. Holzträger als Durchlaufträger:

Vor allem bei Decken mit durchlaufenden Holzbalken und Unterzügen als Mittelaufleger spielt das Verhältnis der Steifigkeiten Holzbalken zu Unterzug eine große Rolle.

Holzträger, die als Durchlaufträger über ein Mittelaufleger geführt werden, werden je nach Verhältnis der Steifigkeiten überwiegend Schwingungen mit einem „großem“ Sinusbogen (Abbildung 4 oben) oder Schwingungen mit einer Doppelwelle (Abbildung 4 unten) ausführen. Zwischen den Eigenfrequenzen der beiden Extremfälle liegt Faktor 4.



**Abbildung 4:**

Erste Eigenform der Decke gesamt sowie eines einzelnen Holzträgers je nach Steifigkeit des Unterzugs

Im Rahmen mehrerer Abschlussarbeiten an der Hochschule Biberach, z.B. [Stumpf, 2015] wurden Korrekturfaktoren zur Ermittlung der resultierenden Eigenfrequenz berechnet.

Die Korrekturfaktoren sind abhängig

von den Steifigkeitsverhältnissen Decke zu Unterzug

von den Spannweitenverhältnissen Deckenfeld (mit  $L$  oder  $L_{\text{Decke}}$  bezeichnet) zu Unterzug (mit  $b$  oder  $L_{\text{Unterzug}}$  bezeichnet)

und von den absoluten Spannweiten der Decke.

Deshalb werden die Diagramme und Tabellen für unterschiedliche absolute Spannweiten angegeben. Sie wurden in [Hamm, 2016] und [Hamm-PRB, 2017] veröffentlicht und können auf der Homepage der Hochschule Biberach heruntergeladen werden.

Die Korrekturfaktoren werden wie folgt verwendet:



$$f_{e,nachgiebig} = f_{e,ges} = e_f \cdot f_{e,starr} \quad (\text{Gl. 15})$$

Darin sind:  $e_f$  der Korrekturfaktor nach den genannten Tabellen und  $f_{e,starr}$  die Eigenfrequenz der Decke, wenn sie starr (z.B. auf Wänden) gelagert wäre. Unter bestimmten Bedingungen ergeben sich rechnerisch teilweise Korrekturfaktoren  $e_f > 1$ . In diesen Fällen sollte mit  $e_f = 1$  gerechnet werden.

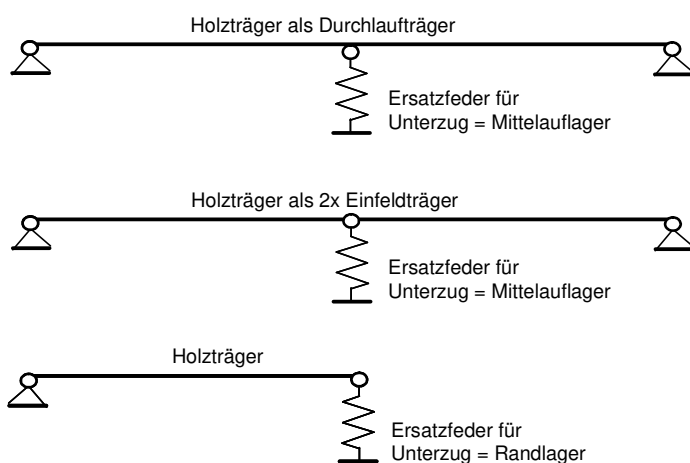
## 2.2. Rechnerische Erfassung der resultierenden Eigenfrequenz

Rechnerisch kann die resultierende Eigenfrequenz entweder mit Hilfe von FE Programmen erfasst werden, oder mit Hilfe der Näherungsformel (Gl. 16).

$$f_{e,ges} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{f_{e,starr}^2} + \frac{1}{3 \cdot f_{e,Unterzug}^2}}} \quad (\text{Gl. 16})$$

$f_{e,starr}$  ist die Eigenfrequenz der Decke, wenn sie starr gelagert wäre,  $f_{e,Unterzug}$  die Eigenfrequenz des Unterzugs unter Berücksichtigung der Masse, die auf ihm lagert.

Mit dieser Näherungsformel (Gl. 16) können die Systeme nach Abb. 5 erfasst werden.



**Abbildung 5:** Schematische Darstellung der Lagerung von Holzträgern auf Unterzügen

## 2.3. Berechnung der Durchbiegung unter Einzellast (Steifigkeitskriterium)

Auch bei der Berechnung der Durchbiegung unter der Einzellast  $w(2\text{kN})$  muss die Nachgiebigkeit des Unterzugs berücksichtigt werden. Wenn die Last von  $2\text{kN}$  mittig angreift, sind die Auflagerkräfte beim Lager und beim Unterzug jeweils  $1\text{kN}$ . Der Unterzug erfährt eine Durchbiegung  $w_{UZ}(1\text{kN})$  unter  $1\text{kN}$ , die linear vom (starr)en Lager zum UZ zunimmt. Die Durchbiegungen können dann entsprechend (Gl. 17) addiert werden.

$$w_{res} = 0,5 \cdot w_{Unterzug} + w_{Balken} = 0,5 \cdot w_{UZ}(1\text{kN}) + w(2\text{kN}) \quad (\text{Gl. 17})$$

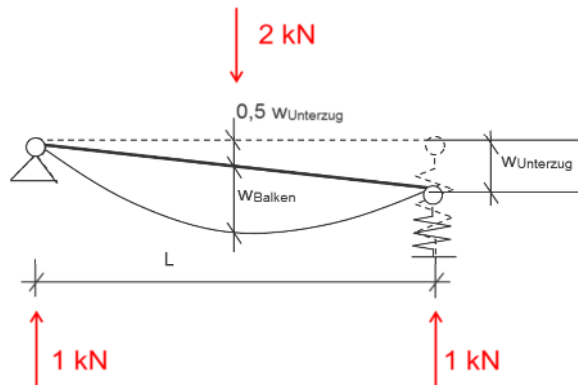


Abbildung 6: Rechenmodell für nachgiebig gelagerte Decken

## 2.4. Nachweise

Die einfachste Regel für die Mindeststeifigkeit eines Unterzugs findet sich im Forschungsbericht [Kreuzinger / Mohr, 1999].

„Unterzüge als Zwischenaufleger sollten möglichst steif ausgeführt werden. Die Übertragung der Schwingungen zwischen zwei Einfeldträgern ist durch einen gemeinsamen „weichen“ Unterzug möglich. Der Unterzug sollte für erhöhte Anforderungen bemessen werden.“

Für den Einfeldträger heißt das:

$$w_{\text{Unterzug}} = \frac{1\text{kN} \cdot L_{\text{Unterzug}}^3}{48 \cdot EI_{\text{Unterzug}}} \leq 0,25\text{mm} \quad (\text{Gl. 18})$$

Weiterhin gilt:

$$f_{e,\text{ges}} \geq f_{\text{grenz}} \quad (\text{Gl. 19})$$

$$w_{\text{res}} \leq w_{\text{grenz}} \quad (\text{Gl. 20})$$

## 3. Zusammenfassung

Die hier dargestellten Konstruktions- und Bemessungsregeln für Holz- und Holz-Beton-Verbunddecken sind Ergebnis des Forschungsberichtes [Winter/Hamm/Richter, 2010]. Der Bericht ist öffentlich und kann z.B. unter <http://www.hochschule-biberach.de/web/ifh/publikationen> heruntergeladen werden.

Ergänzend zu dem Bericht werden hier Gleichungen und Diagramme vorgestellt, mit denen auch nachgiebige Lagerungen relativ einfach erfasst werden können.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass Holz-Beton-Verbunddecken durch ihre höhere Masse und höhere Steifigkeit seltener zu störenden Schwingungen angeregt werden als (leichte) Holzbalkendecken.

#### 4. Literatur

[Erläuterungen]:

Blaß, H.J.; Ehlbeck, J.; Kreuzinger, H.; Steck, G.: Erläuterungen zu DIN 1052: 2004-08; Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken. 1. Auflage; Hrsg.: DGfH Innovations- und Service GmbH, München, 2004.

[Eurocode 5: 2010]

Eurocode 5: DIN EN 1995-1-1: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau. Dezember 2010.

[Eurocode 5: 2010 / NA - D]

Eurocode 5: DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau. Dezember 2010.

[Fitz, 2008]:

Fitz, Mario: Untersuchung des Schwingungsverhaltens von Deckensystemen aus Brettsper Holz (BSP). Diplomarbeit an der TU Graz. 2008.

[Hamm, 2008]:

Hamm, Patricia: Schwingungsverhalten von Decken bei Auflagerung auf Unterzügen. In: holzbau, die neue quadriga. 1/2008. S. 41-46.

[Hamm/Richter-BSP, 2009]

Hamm, P., Richter, A.: Schwingung von Brettsper Holzplatten. In: BSPHandbuch – Holz-Massivbauweise in Brettsper Holz. Hrsg.: G. Schickhofer, T. Bogensperger, T. Moosbrugger, TU Graz. 2009. S. D-57 – D-112.

[Hamm, 2011]:

Hamm, Patricia: Schwingungen bei Holzdecken – Konstruktionsregeln für die Praxis. In: 1. Internationale Schall- und Akustiktagung 2011. 16./17. März 2011 in Bad Wörishofen. Hrsg.: Forum-Holzbau, CH-Biel.

[Hamm, 2016]:

Hamm, Patricia: Schwingungen bei Holzdecken - Konstruktionsregeln für die Praxis. In: KI-Journal; Ausgabe 1/2016; Bundesanzeiger Verlag GmbH

[Hamm-PRB, 2017]:

ABSCHLUSSBERICHT zum Teilprojekt „Vereinfachte Ansätze zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit und zum Schwingungsnachweis nach EC 5“. Zuwendungs-Nr. PRB-4.7 (2016). Teil B: Schwingungsnachweise. Gefördert durch PraxisRegelnBau, Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen e.V. Berlin .

[HIVOSS, 2008]:

Schwingungsbemessung von Decken – Leitfaden. 2008.  
<http://www.stb.rwth-aachen.de/projekte/2007/HIVOSS/download.php>

[Kreuzinger/Mohr, 1999]:

Kreuzinger, Heinrich; Mohr, Bernhard: Gebrauchstauglichkeit von Wohnungsdecken aus Holz; Abschlussbericht Januar 1999. TU München, Fachgebiet Holzbau. Forschungsvorhaben durchgeführt für die EGH, DGfH.

[Ohlsson, 1982]:

Ohlsson, S.: Floor vibrations and human discomfort. Department of Structural Engineering, Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden. 1982.

[Stumpf, 2015]

Stumpf, Darja: Parameterstudie zum Einfluss der nachgiebigen Lagerung auf das Schwingungsverhalten von Holzdecken. Bachelorthesis. Hochschule Biberach. 2015

[Winter/Hamm/Richter, 2010]:

Winter, S.; Hamm, P.; Richter, A.: Schwingungs- und Dämpfungsverhalten von Holz- und Holz-Beton-Verbunddecken. Schlussbericht Juli 2010. TU München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion. Forschungsvorhaben gefördert aus den Haushaltsmitteln des BMWA über die AiF.