



INFORMATION

QUALITÄTSKLASSEN FÜR ZULÄSSIGE VERFORMUNGEN IM HOLZBAU

AUSGABE FEBRUAR 2018

1 Allgemeines

Diese Information soll Planern als Beratungshilfe und Vereinbarungsgrundlage mit dem Bauherrn in Bezug auf Verformungen von neuen Holzkonstruktionen dienen und Tragwerksplanern die notwendigen Informationen für die Nachweisführung dazu bereitstellen.

Verformungen eines Bauwerks und seiner Bauteile sind für alle Bauweisen unvermeidbar. Allerdings müssen diese so begrenzt werden, dass Schäden an angrenzenden Bauteilen vermieden werden und die Funktionalität sichergestellt ist.

Die zu vereinbarenden Grenzwerte der Verformungen und Schwingungen hängen darüber hinaus von den Anforderungen ab, die der Bauherr an sein Bauwerk bezüglich des optischen Erscheinungsbildes, des persönlichen Empfindens und der Wirtschaftlichkeit stellt.

2 Ausgangslage

Gegenwärtig finden sich die Regelungen zur Gebrauchstauglichkeit von Holzbaukonstruktionen (Durchbiegung in Kombination mit Schwingung) im Eurocode 5 (DIN EN 1995-1-1:2010-12) mit nationalem Anhang (NA:2013-08). In den Tabellen 7.2 und NA.13 sind Beispiele für die Grenzwerte der Durchbiegung von Biegestäben in Spannen zur Auswahl für den Tragwerksplaner von **I/150 bis I/300** angegeben. In der Regel ist die finale Durchbiegung unter Gesamtlast (w_{fin}) inkl. Kriechverformung maßgebend.

Diese Grenzwerte werden dem Anwender (Tragwerksplaner) mit dem Hinweis genannt, dass bei verformungsempfindlichen Konstruktionen geringere Grenzwerte erforderlich sein können (siehe Fußnote der Tabelle NA.13).

Weiterhin steht im Nationalen Anhang folgende Anmerkung (NCI Zu 7.3.1) mit einem wichtigen Hinweis:

„Das Schwingungsverhalten von Decken sollte, ebenso wie die Begrenzung von Durchbiegungen, immer im Hinblick auf die vorgesehene Nutzung beurteilt und die Anforderungen, gegebenenfalls in Abstimmung mit dem Bauherrn, entsprechend festgelegt werden.“

Der Eurocode 5 inkl. NA ist aufgrund der großen Spannweite zu unbestimmt. Die Planer sind also gefordert, innerhalb der Vorgaben des Eurocodes samt NA, bauteilspezifisch unter Berücksichtigung der erforderlichen Sicherheit und Wirtschaftlichkeit Verformungsgrenzwerte im Rahmen der Bemessung in Abstimmung mit dem Bauherrn zu wählen und festzulegen.

Um dabei die Anforderungen des Bauherrn abzubilden empfiehlt Holzbau Deutschland als Mindestanforderung nachfolgendes Klassensystem.

3 Qualitätsklassen

Die Definition der Qualitätsklassen A – D erfolgt in Tabelle 1 innerhalb der Spannweite des Eurocodes und des NA. Tabelle 2 stellt eine Orientierungshilfe für eine Vereinbarung dar. Dabei ist die empfohlene Qualitätsklasse als Mindestanforderung anzusehen. In Tabelle 3 sind diese Qualitätsklassen für Dach- und Deckenbauteile mit konkreten Verformungs- und Schwingungsgrenzwerten belegt. Planer und Bauherr sind damit in der Lage, Qualitätsanforderungen eindeutig festzulegen und dem Planer stehen hierzu praxisbewährte Grenzwerte für die rechnerische Nachweisführung zur Verfügung.

Hinweise:

1. Die dargestellten Verformungsgrenzwerte beruhen auf den Vorgaben des Eurocode 5 und berücksichtigen darüber hinaus die Erfahrungen aus der Praxis im Umgang mit der DIN 1052 in den letzten 30 Jahren.
2. Die Klasseneinteilung erfolgte in Abstimmung mit erfahrenen Holzbauunternehmern, Holzbauplanern und Sachverständigen. Die zu Grunde gelegten Werte haben sich bewährt.
3. Bei verformungsempfindlichen angrenzenden Bauteilen (z.B. Verglasungen, Türen, Tore, nichttragende Trennwände, großformatige Fliesen) sind zusätzlich etwaige Grenzwerte im Vorfeld mit den betroffenen Gewerken abzustimmen. Diese können von der Klasseneinteilung abweichen.

Tabelle 1: Beschreibung der Qualitätsklassen

		Beschreibung
Qualitätsklasse	A	Überdurchschnittliche Anforderungen. Die Verformungen und ggf. Schwingungen des Tragwerks sind weitestgehend nicht wahrnehmbar.
	B	Höhere Anforderungen. Die Verformungen und ggf. Schwingungen des Tragwerks sind nur mit besonderer Aufmerksamkeit wahrnehmbar.
	C	Übliche Anforderungen. Die Verformungen und ggf. Schwingungen sind ohne besondere Aufmerksamkeit wahrnehmbar, prägen jedoch nicht das Gesamterscheinungsbild.
	D	Anforderungen an Bauteile, bei denen wahrnehmbare Verformungen und ggf. Schwingungen das Gesamterscheinungsbild prägen dürfen.

Tabelle 2: Orientierungshilfe für Vereinbarungen von Qualitätsklassen auf Basis bewährter Konstruktionen

Beschreibung der typischen Bauwerksart	Bauteil	Empfohlene Qualitätsklasse ^a (Mindestanforderung)
Frei stehendes Einfamilienwohnhaus, Doppelhaushälfte, Reihenhaushaus, Einfache Büros	Decken unter Wohn- oder Büroräumen Decken über Wohn- oder Büroräumen Steildach, ausgebaut (Sparren, Pfetten) Steildach, nicht ausgebaut (Sparren, Pfetten) Spitzboden (Kehlbalkenlage) Flachdach	C C B C Entsprechend Dachausbau B
Zweifamilienwohnhäuser	Wohnungstrenndecke Eigener Wohnbereich: - Decken unter Wohnräumen - Decken über Wohnräumen Steildach, ausgebaut (Sparren, Pfetten) Steildach, nicht ausgebaut (Sparren, Pfetten) Spitzboden (Kehlbalkenlage) Flachdach	B C C B C Entsprechend Dachausbau B
Mehrfamilienwohnhäuser	Wohnungstrenndecken Eigener Wohnbereich: - Decken unter Wohnräumen - Decken über Wohnräumen Steildach, ausgebaut (Sparren, Pfetten) Steildach, nicht ausgebaut (Sparren, Pfetten) Spitzboden (Kehlbalkenlage) Flachdach	A C C B C Entsprechend Dachausbau B
Büro- und Verwaltungsgebäude	Decken unter Aufenthaltsräumen Decken über Aufenthaltsräumen Steildach, ausgebaut (Sparren, Pfetten) Steildach, nicht ausgebaut (Sparren, Pfetten) Spitzboden (Kehlbalkenlage) Flachdach	B B B C Entsprechend Dachausbau B
Garagen, Carports, Unterstände	Insgesamt	D
Gewerbliche Betriebsgebäude (z.B. Stall, Scheune, Werkstatt, Gerätehalle)	Insgesamt	D
Andere Bauwerke: z.B. Schulen, Kindergärten, Sportstätten, Versammlungsstätten, Bibliotheken, Labore, Bürogebäude mit besonderen Anforderungen etc.	Eine Angabe von „Empfohlenen Qualitätsklassen“ ist nicht möglich, da die Anforderungen aus der spezifischen Nutzung differenziert behandelt werden müssen. Häufig sind auch spezialisierte Vereinbarungen erforderlich. Dabei sind ggf. Anforderungen über die Klasse A hinaus notwendig.	

a: Beschreibung der Qualitätsklassen in Tabelle 1

Tabelle 3: Vorschläge für Grenzwerte der rechnerischen Enddurchbiegung inklusive Kriechen $w_{fin, grenz}$ und der Eigenfrequenz von Decken

	Qualitätsklasse			
	A	B	C	D
trägerartige Dachbauteile $w_{fin, grenz}^{a,b}$	EC 5: $l/300 \rightarrow l/150$ [NA: $l/150$]			
	$l/270$	$l/250$	$l/200$	$l/170$
Deckenbauteile ohne Anforderungen an das Schwingungsverhalten einschließlich zugehöriger Unterzüge sowie sonstiger waagerechter Träger außer Dachbauteile $w_{fin, grenz}^{a,b}$	EC 5: $l/300 \rightarrow l/150$ [NA: $l/200$]			
	$l/270$	$l/250$	$l/200$	$l/170$
Deckenbauteile mit Anforderungen an das Schwingungsverhalten einschließlich zugehöriger Unterzüge sowie sonstiger waagerechter Träger außer Dachbauteile $w_{fin, grenz}^{a,b}$	EC 5: $l/300 \rightarrow l/150$ [NA: $l/200$]			
	$l/300$	$l/270$	$l/220$	
Frequenzkriterium f_{grenz}	$f_{grenz} = 8 \text{ Hz}^c$ ($w_{G, inst} = 0,5 \text{ cm}$)	$f_{grenz} = 6,3 \text{ Hz}$ ($w_{G, inst} = 0,8 \text{ cm}$)	$f_{grenz} = 5,6 \text{ Hz}$ ($w_{G, inst} = 1,0 \text{ cm}$)	
	schwimmender Nassestrich auf Trittschalldämmung mit dynamischer Steifigkeit $\leq 10 \text{ MN/m}^3$ mit oder ohne Schüttung (Gesamtgewicht $\geq 150 \text{ kg/m}^2$)	1) schwimmender Nassestrich ($\geq 45 \text{ mm}$) 2) Massivholzdecken mit Trockenestrich ($\geq 22 \text{ mm}$) auf Trittschalldämmung mit dynamischer Steifigkeit $\leq 30 \text{ MN/m}^3$ und... ...Schüttung $\geq 60 \text{ kg/m}^2$...Schüttung $\geq 45 \text{ kg/m}^2$	
Standardaufbauten, für die nur das Frequenzkriterium nachgewiesen werden muss				
Für alle anderen Aufbauten muss zusätzlich das Steifigkeitskriterium nachgewiesen werden; mit $w_{grenz, 2kN}$	0,5 mm	0,75 mm	1,5 mm	

a: Bei Bauteilen mit hohem Eigengewichtsanteil ($g / (g+q) > 0,6$) sollte in den Qualitätsklassen A, B und C ein zusätzlicher Nachweis in der quasi-ständigen Einwirkungskombination inklusive Kriechen mit dem Grenzwert $w_{qs, grenz} = l/300$ geführt werden.

b: Für Kragarme können in Abhängigkeit der Tragwerkssituation ggf. abweichende Grenzwerte festgelegt werden.

c: Nach Eurocode 5, Abschnitt 7.3.3.

4 Erläuterungen zu den Berechnungen der Durchbiegungen

4.1 Bauteilverformung unter Gebrauchslast

Die Größe der Verformung unter Gebrauchslast hängt im Holzbau von einer Vielzahl von Faktoren ab. Neben der Bauteilgeometrie und der Belastung wird die Verformung von den Materialeigenschaften, insbesondere dem Kriechverhalten beeinflusst. Die rechnerische Endverformung eines Bauteils ergibt sich aus Anteilen der sofortigen elastischen Verformung unter ständigen Lasten G (Eigenlasten) und veränderlichen Lasten Q (z.B. Nutz-, Schnee-, Windlasten) sowie zusätzlichen Kriechverformungen (plastische Verformungen). Die Größe dieser Kriechverformungen hängt materialbedingt von der Belastungshöhe, der Belastungsdauer und der Holzfeuchte ab.

Die Verformungsanteile sind in Tabelle 4 entsprechend ihres zeitlichen Auftretens über die Nutzungsdauer am Beispiel eines Deckenträgers unter Gleichstreckenlasten dargestellt.

Tabelle 4: Durchbiegungsteile am Beispiel eines Einfeldträgers mit Gleichstreckenlast

	Einbauzustand / Fertigstellung der Decke 	$w_{G,inst}$ elastische Verformung infolge ständiger Lasten G (Eigenlasten)
	Nutzungsbeginn 	$w_{Q,inst}$ elastische Verformung infolge veränderlicher Lasten Q (Nutzlasten)
	Endzustand nach einigen Jahren 	$w_{G,creep}$ Kriechverformung infolge ständiger Lasten G (Eigenlasten)
		$w_{Q,creep}$ Kriechverformung infolge veränderlicher Lasten Q (Nutzlasten)
		= w_{fin} Endverformung

Überhöhungen sind grundsätzlich möglich, um einen Teil der Durchbiegung zu kompensieren. Allerdings werden Dach- und Deckenbauteile normalerweise nicht überhöht ausgeführt, so dass dieser Aspekt hier nicht betrachtet wird.

4.2 Bemessungssituation

Für die Ermittlung der Enddurchbiegung w_{fin} sind die elastischen Verformungsanteile w_{inst} für die charakteristische Einwirkungskombination, welche die größte Durchbiegung erzeugt, zu berechnen.

Die Verformungsanteile infolge Kriechens w_{creep} sind für die quasi-ständige Bemessungssituation zu berechnen.

$$w_{fin} = \sum w_{inst,char} + \sum w_{creep} \leq w_{fin,grenz}$$

$$w_{fin} = w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def}) + w_{Q,1,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) + w_{Q,i,inst} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def}) \leq w_{fin,Grenz}$$

$w_{fin,Grenz}$ nach Tabelle 3

5 Erläuterungen zu den Berechnungen der Schwingungen

Für den Schwingungsnachweis für Holzdecken ist die Eigenfrequenz zu untersuchen.

Eigenfrequenz der Decke (für ständige Einwirkungen):

$$f_1 \geq f_{\text{grenz}}$$

f_{grenz} nach Tabelle 3

Für einen Einfeldträger berechnet sich die Eigenfrequenz direkt aus der Durchbiegung infolge ständiger Last:

$$f_1 = \frac{5}{\sqrt{0,8 \cdot w_{G,inst} [cm]}}$$

Bei Decken, deren Aufbauten von den Standardaufbauten in Tabelle 3 abweichen, ist zusätzlich das Steifigkeitskriterium, d.h. die zulässige Durchbiegung unter der Einzellast $F = 2 \text{ kN}$ einzuhalten:

$$w_{2kN} \leq w_{\text{grenz},2kN}$$

$w_{\text{grenz},2kN}$ nach Tabelle 3

Für einen Einfeldträger berechnet sich die Durchbiegung unter der Einzellast $F = 2 \text{ kN}$ mit:

$$w_{2kN} = \frac{2 \text{ kN} \cdot l^3}{48 \cdot EI_l \cdot b_{w(2kN)}}$$

EI_l : Biegesteifigkeit in Längsrichtung, bezogen auf 1 m Deckenbreite

$b_{w(2kN)}$ bei Decken mit Trockenstrich: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Zweifacher Balkenabstand bei Holzbalkendecken (Abb.1)} \\ \text{Zweifache Elementbreite bei verleimten Brettstapelelementen und kraftschlüssiger Verbindung der Elemente (Abb.2)} \end{array} \right.$

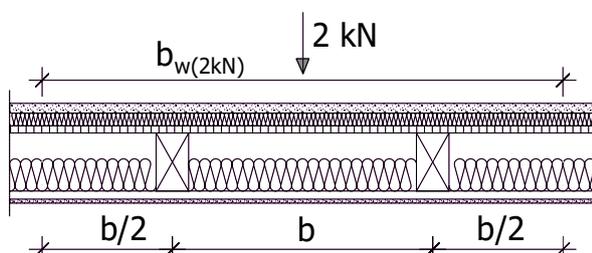


Abb.1: $b_{w(2kN)}$ bei Holzbalkendecken (Trockenstrich)

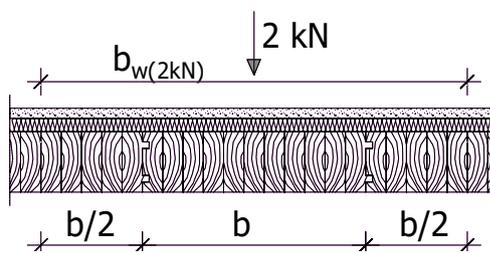


Abb.2: $b_{w(2kN)}$ bei verleimten Brettstapelelementen (Trockenstrich)

$b_{w(2kN)}$ bei Decken mit Nassestrich: $\min \left\{ \begin{array}{l} \text{Deckenfeldbreite} \\ \frac{l}{1,1} \cdot \sqrt[4]{\frac{EI_B}{EI_L}} \end{array} \right.$ EI_B : Biegesteifigkeit in Querrichtung, bezogen auf 1 m Deckenlänge

Dabei entspricht $b_{w(2kN)}$ mindestens dem zweifachen Balkenabstand bzw. der zweifachen Elementbreite.

Anmerkung:

Bei der Berechnung der Eigenfrequenz von Durchlaufträgern darf das tatsächliche System angesetzt werden (Durchlaufwirkung). Das Steifigkeitskriterium ist am Ersatzsystem eines Einfeldträgers zu berechnen. Die Biegesteifigkeit eines Nassestrichs darf berücksichtigt werden. Lagerungen auf nachgiebigen Unterzügen sind ggfs. zu berücksichtigen.

6 Literatur und Regelwerke

- [1] DIN EN 1995-1-1:2010 „Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau“ (Eurocode 5)
- [2] DIN EN 1995-1-1/A2:2014 (Änderungen zu DIN EN 1995-1-1:2010)
- [3] DIN EN 1995-1-1/NA:2013 „Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau“
- [4] Fritzen, Klaus: Verformungsgrenzwerte im Holzbau – Empfehlungen für die Planung. BRUDERVERLAG Albert Bruder GmbH & Co. KG. 1. Auflage 2015.
- [5] Bender, Michael: Bemessungsdiagramme für Holzbalkendecken bei unterschiedlichen Anforderungen an den Schwingungsnachweis. Masterthesis. Hochschule Biberach. 2016.
- [6] Colling, François: Vereinfachte Ansätze zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit und zum Schwingungsnachweis nach EC 5 – Teil A: Durchbiegungsnachweise. PRB-Abschlussbericht. 2017.
- [7] Hamm, Patricia: Vereinfachte Ansätze zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit und zum Schwingungsnachweis nach EC 5 – Teil B: Schwingungsnachweise. PRB-Abschlussbericht. 2017.