

DIN 1052:2004 – Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken

Teil 2: Anwendungsbereich und holzbauspezifische Grundlagen des neuen Sicherheitskonzepts

Es werden die grundlegenden Regeln der Berechnung nach Grenzzuständen im Holzbau, zum Beispiel die Lastkombinationen, die Berechnung der Bemessungswerte der Materialfestigkeit, der Einfluss der Lastdauer und der Holzfeuchte und die Bemessung für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit dargelegt.

DIN 1052:2004 – New basics for design calculation and dimensioning of timber structures. Part 2: Field of application and timber based rules of the new design method of limit states. *This article describes the principle rules for limit state design in timber engineering, for example load combinations, calculation of design values for material strength, the influence of load duration and moisture effect and the timber engineering design according the limit state of serviceability.*

1 Anwendungsbereich und normative Verweisungen nach DIN 1052, Abschnitte 1 und 2

Der Anwendungsbereich der neuen Norm umfasst den **Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Holzbauwerken**. Soweit in der DIN 1052:2004 nichts anderes bestimmt ist, gilt sie auch für Bauten im Bestand, Fliegende Bauten, Bau- und Lehrgerüste, Absteifungen und Schalungunterstützungen. Auf die Spezifik der Beurteilung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Holzkonstruktionen in Bauten im Bestand wird in DIN 1052:2004 nicht explizit eingegangen. Ergänzende Erläuterungen für Bauten im Bestand findet der Leser aber in den Erläuterungen zur Norm in [5].

Behandelt werden in DIN 1052:2004 ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit von Tragwerken. Regeln zum Wärme- und Schallschutz sind nicht enthalten. Anforderungen an die Ausführung und Bauüberwachung sind ausschließlich zielgerichtet auf die für die Bemessung wesentlichen Qualitätsanforderungen an die verwendeten Baustoffe und Bauteile.

Der Entwurf von Brücken, von Holzbauten mit nicht ruhender Beanspruchung und die Bemessung im Brandfall sowie bei Erdbebeneinwirkungen haben gegebenenfalls unter Berücksichtigung zusätzlicher Anforderungen zu erfolgen. Ergänzend zur DIN 1052:2004 wurde die Brückenbaunorm DIN 1074:2006 (Holzbrücken) grundlegend überarbeitet. Hinsichtlich der Bemessung im Brandfall sei auf die DIN 4102-22:2004 verwiesen. Dieser Teil der DIN 4102

beinhaltet die Brandschutzbemessung von Holzbauteilen und deren Verbindungen bei erfolgter Kaltbemessung nach DIN 1052:2004. Besondere Regeln für Bauten in deutschen Erdbebengebieten enthält DIN 4149:2005.

Nicht behandelt wird in DIN 1052:2004 die Berechnung und Bemessung von Bauwerken, die über längere Zeit Temperaturen von über 60 °C ausgesetzt sind, sowie besondere Gesichtspunkte spezieller Bauwerke.

Unter der Einwirkungsdauer „längere Zeit“ definiert die Norm eine Zeitspanne, die der Lasteinwirkungsdauer „lang“ entspricht (s. Tabelle 14).

Im Abschnitt 2 der Norm sind die Verweise auf andere Normen zusammengefasst und einzeln gruppiert nach den jeweiligen nationalen und europäischen Bezugsnormen bzw. den Bezugsnormen der Internationalen Standardorganisation aufgeführt.

2 Sicherheitskonzept

Mit der Neufassung der Holzbaunorm wurde das bisher der DIN 1052 zugrunde liegende Sicherheitskonzept der zulässigen Spannungen verlassen. Kern dieses bewährten Sicherheitskonzepts war die Festlegung von zulässigen Festigkeits- und Tragfähigkeitswerten, die beim Nachweis der Tragfähigkeit nicht überschritten werden durften. Auch für die Gebrauchstauglichkeit wurden zulässige Grenzwerte festgelegt. Die zulässigen Festigkeitskennwerte ermittelte man aus einem mittleren Wert der Bruchfestigkeit, dividiert durch einen globalen Sicherheitsfaktor, der sowohl die Unsicherheit auf der Last- als auch auf der Widerstandsseite abdeckte. Ein für die Praxis einfaches Verfahren, das aber einer differenzierten Sicherheitsbetrachtung verschlossen bleibt, weil der summarische Sicherheitsfaktor in der Vergangenheit häufig in Ermangelung ausreichender wissenschaftlicher Grundlagen auf der Basis von Erfahrungswerten festgelegt wurde.

Von dieser bisherigen Praxis unterscheidet sich die mit den EC-Bemessungsnormen einhergehende Bemessung nach Grenzzuständen dadurch, dass nunmehr definierte Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen (γ_F) und für die Baustofffestigkeiten bzw. Tragfähigkeiten (γ_M) eingeführt werden. Damit ist es möglich, den Beanspruchungs- und Nutzungszustand rechnerisch genauer und unter Anwendung statistischer Verfahren begründeter zu erfassen.

Der Vorteil des neuen Sicherheitskonzepts liegt eindeutig in einer genaueren Differenzierung bzw. wirklich-

keitsnäheren Betrachtung des Sicherheitsniveaus durch Verwendung von Teilsicherheits- und Modifikationsbeiwerten. Damit verbunden ist aber ein höherer Rechenaufwand, welcher nur durch die Einführung entsprechender Computerprogramme wieder ausgeglichen werden kann.

3 Nachweis der Tragfähigkeit/Standicherheit

Die Standicherheit einer Konstruktion wird durch den Grenzzustand der Tragfähigkeit nachgewiesen.

Grenzzustände der Tragfähigkeit sind sicherheitsrelevante Bauzustände. Sie definieren Zustände, die im Zusammenhang mit dem Einsturz oder mit bestimmten Zuständen vor Eintritt eines Tragfähigkeitsversagens oder mit anderen Formen des Tragwerksversagens stehen. Im Sinne der Methode der extremen Eingangswerte werden als extreme Größen die Bemessungswerte der Beanspruchungen und die Bemessungswerte der Beanspruchbarkeiten eingeführt. Das prinzipielle Vorgehen beim rechnerischen Nachweis zeigt Bild 1.

Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen γ_F bei verschiedenen Bemessungssituationen

Für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation enthält Tabelle 1 die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F . Für außergewöhnliche Bemessungssituationen ist $\gamma_F = 1,0$ für ungünstige veränderliche Einwirkungen.

Erst, wenn eine zweite veränderliche Last zu berücksichtigen ist, kommt bei der Berechnung der Einwirkung der Kombinationsbeiwert ψ_i zur Anwendung. Dieser reduziert im Allgemeinen den Bemessungswert, weil die Wahrscheinlichkeit, dass veränderliche Einwirkungen in extremer Intensität gleichzeitig auftreten, relativ gering ist. Die Kombinationsbeiwerte ψ_i sind in Tabelle 2 enthalten.

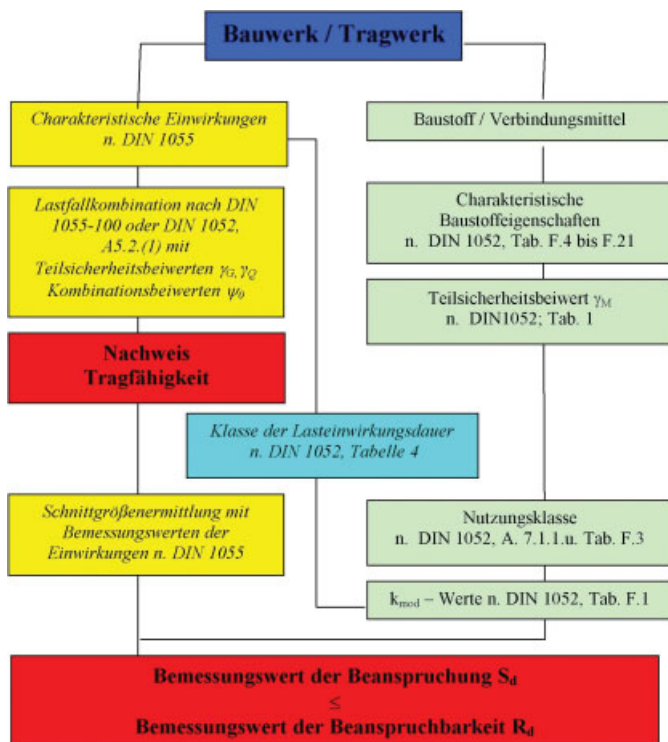


Bild 1. Prinzipieller Ablauf der Bemessung beim Nachweis der Tragfähigkeit (in Anlehnung an [1])
Fig. 1. Principle Steps for the ultimate limit states design

Tabelle 1. Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für Einwirkungen in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen¹⁾ (siehe DIN 1055-100:2001, Anhang A, Tabelle Abschnitt 3)
Table 1. Partial safety factors for actions in permanent and quasi-permanent design cases according to DIN 1055-100:2001

	ständige Einwirkungen γ_G	veränderliche Einwirkungen γ_Q
günstige Auswirkungen	0,9	0,0
ungünstige Auswirkungen	1,35	1,5

¹⁾ Für außergewöhnliche Bemessungssituationen gilt für die Teilsicherheitsbeiwerte für ungünstige Einwirkungen $\gamma_{QA} = 1,0$.

Kombination der Einwirkungen

In Abhängigkeit von der Art des Grenzzustands und der Anzahl der pro Lastfall zu berücksichtigenden Einwirkungen gelten Kombinationsregeln, die zu beachten sind (s. Tabelle 3). Neben der allgemeinen Grundregel dürfen im Holzbau nach DIN 1052:2004 auch zwei vereinfachte Kombinationsregeln genutzt werden (s. Tabelle 3). Die vereinfachte Berechnung eignet sich vor allem bei mehreren veränderlichen Einwirkungen, bei denen die größte veränderliche Einwirkung sehr viel größer ist als alle anderen (im Allgemeinen bei $Q_{k,1}/Q_{k,i} > 5$).

Beispiel 1: Kombinationen der Einwirkungen bei einer Stütze

Sonstige Bedingungen:

- Wohnhaus (Nutzungsklasse 1)
- NN = 450 m

1. Kombination: (Lastfall: Eigengewicht, veränderliche Einwirkung Verkehr als vorherrschende Einwirkung, weitere veränderliche Einwirkungen Schnee und Wind)

	ständige	vorherrschende	andere Einwirkungen		$E_d = \Sigma$
	Eigen-gewicht	Verkehrs-last	Schnee	Wind	
N_d	$\gamma_G \cdot G_k$	$\gamma_Q \cdot Q_{k,N}$	$\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k,S}$	$\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k,W}$	66,0 kN
N_d	1,35 · 10	1,5 · 20	1,5 · 0,5 · 30	0	
M_d	$\gamma_G \cdot G_k$	$\gamma_Q \cdot Q_{k,N}$	$\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k,S}$	$\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k,W}$	5,06 kNm
M_d	0	0	0	$1,5 \cdot 0,6 \cdot \frac{5 \cdot 3^2}{8}$	

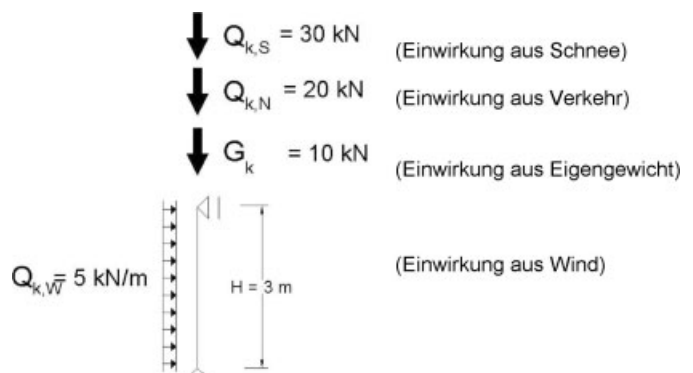


Bild 2. Einwirkungen auf eine Stütze
Fig. 2. Loads on the column

Tabelle 2. Kombinationsbeiwerte ψ_0, ψ_1, ψ_2 für Einwirkungen nach DIN 1055-100:2001, Anhang A, Tabelle A.2
 Table 2. Combination values for actions according to DIN 1055-100:2001

Einwirkung	Kombinationsbeiwert		
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nutzlasten für Hochbauten ^{1) 4)}			
Kategorie A – Wohn- und Aufenthaltsräume	0,7	0,5	0,3
Kategorie B – Büros	0,7	0,5	0,3
Kategorie C – Versammlungsräume	0,7	0,7	0,6
Kategorie D – Verkaufsräume	0,7	0,7	0,6
Kategorie E – Lagerräume	1,0	0,9	0,8
Verkehrslasten für Hochbauten			
Kategorie F – Fahrzeuggewicht ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G – 30 kN < Fahrzeuggewicht ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategorie H – Dächer	0,0	0,0	0,0
Windlasten für Hochbauten	0,6	0,5	0,0
Schneelasten			
Orte bis NN +1000 m	0,5	0,2	0,0
Orte über NN +1000 m	0,7	0,5	0,2
Temperatureinwirkungen (nicht Brand) für Hochbauten ²⁾	0,6	0,5	0,0
Baugrundsetzungen	1,0	1,0	1,0
sonstige Einwirkungen ³⁾	0,8	0,7	0,5

1) Abminderungswerte für Nutzlasten in mehrgeschossigen Hochbauten siehe DIN 1055-3
 2) Siehe DIN 1055-7
 3) ψ – Beiwerte für unabhängige Einwirkungen infolge von Erd- oder Wasserdruck sind standortbedingt festzulegen, oder es gilt 11.1 (3)
 4) ψ – Beiwerte für Maschinenlasten sind betriebsbedingt festzulegen

Tabelle 3. Regeln zur Kombination der Einwirkungen zur Ermittlung der Bemessungswerte E_d der Beanspruchungen nach DIN 1055-100:2001, Abschnitte 9, 10 und Anhang A.4 (ohne Vorspannung) und DIN 1052:2004, Abschnitt 5.2
 Table 3. Rules for combination of actions to calculate the design values E_d according to DIN 1052:2004

Bemessungssituation	Ständige Einwirkung	Veränderliche Einwirkungen	
		eine vorherrschende	alle anderen
Grenzzustand der Tragfähigkeit Grundregel ¹⁾ n. DIN 1055-100, Abschnitt 9.4, Gleichung (14)	$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}$	$\oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}$	$\oplus \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i}$
außergewöhnliche Bemessungssituation ²⁾ n. DIN 1055-100, Abschnitt 9.4, Gleichung (15)	$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} \oplus A_d$	$\oplus \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$	$\oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$
vereinfachte Regeln für den Holzbau ⁴⁾ n. DIN 1052, Abschn. 5.2			
1. wenn nur die ungünstigste veränderliche Einwirkung berücksichtigt wird n. DIN 1052:2004, Gleichung (1)	$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}$	$\oplus 1,50 \cdot Q_{k,1}^{3)}$	
2. wenn sämtliche ungünstigen veränderlichen Einwirkungen berücksichtigt werden n. DIN 1052:2004, Gleichung (2)	$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}$		$\oplus 1,35 \cdot \sum_{i \geq 1} Q_{k,i}$
Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit			
Charakteristische (seltene) Kombination n. DIN 1055, Abschnitt 10.4, Gleichung (22)	$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j}$	$\oplus Q_{k,1}^{3)}$	$\oplus \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$
Quasi-ständige Kombination n. DIN 1055, Abschnitt 10.4, Gleichung (24)	$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j}$		$\oplus \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

\oplus = in Kombination mit
 1) ständige und vorübergehende Bemessungssituation
 2) sofern nicht anders angegeben, ist $\gamma_{GA} = 1,0$
 3) $Q_{k,1}$ ist die vorherrschende, also die am ungünstigsten wirkende Beanspruchung
 4) der jeweils ungünstigste Wert nach Gl. (1) und Gl. (2) ist maßgebend

2. Kombination: (Lastfall: Eigengewicht, veränderliche Einwirkung Schnee als vorherrschende Einwirkung, weitere veränderliche Einwirkungen Verkehr und Wind)

	ständige	vorherrschende	andere Einwirkungen		E _d = Σ
	Eigen-gewicht	Schnee	Verkehrslast	Wind	
N _d	γ _G · G _k	γ _Q · Q _{k,S}	γ _Q · ψ ₀ · Q _{k,N}	γ _Q · ψ ₀ · Q _{k,W}	79,5 kN
N _d	1,35 · 10	1,5 · 30	1,5 · 0,7 · 20	0	
M _d	γ _G · G _k	γ _Q · Q _{k,S}	γ _Q · ψ ₀ · Q _{k,N}	γ _Q · ψ ₀ · Q _{k,W}	
M _d	0	0	0	1,5 · 0,6 · $\frac{5 \cdot 3^2}{8}$	

3. Kombination: (Lastfall: Eigengewicht, veränderliche Einwirkung Wind als vorherrschende Einwirkung, weitere veränderliche Einwirkungen Schnee und Verkehr)

	ständige	vorherrschende	andere Einwirkungen		E _d = Σ
	Eigen-gewicht	Wind	Schnee	Verkehrslast	
N _d	γ _G · G _k	γ _Q · Q _{k,W}	γ _Q · ψ ₀ · Q _{k,S}	γ _Q · ψ ₀ · Q _{k,N}	57,0 kN
N _d	1,35 · 10	0	1,5 · 0,5 · 30	1,5 · 0,7 · 20	
M _d	γ _G · G _k	γ _Q · Q _{k,W}	γ _Q · ψ ₀ · Q _{k,S}	γ _Q · ψ ₀ · Q _{k,N}	
M _d	0	1,5 · 0,6 · $\frac{5 \cdot 3^2}{8}$	0	0	

4. und 5. Kombination: (Lastfall: Eigengewicht, Veränderliche Last Wind und Verkehr) nicht untersucht, da nicht bemessungsrelevant! (keine größeren Beanspruchungen)

6. und 7. Kombination: (Lastfall: Eigengewicht, Veränderliche Last Verkehr und Schnee) nicht untersucht, da nicht bemessungsrelevant! (keine größeren Beanspruchungen)

8. Kombination: (Lastfall: Eigengewicht und veränderliche Einwirkung Verkehr als vorherrschende Einwirkung)

	ständige	vorherrschende	E _d = Σ
	Eigen-gewicht	Verkehrslast	
N _d	γ _G · G _k	γ _Q · Q _{k,N}	43,5 kN
N _d	1,35 · 10	1,5 · 20	
M _d	γ _G · G _k	γ _Q · Q _{k,N}	
M _d	0	0	

9. „Kombination“: (Lastfall: Eigengewicht)

	ständige	E _d = Σ
	Eigen-gewicht	
N _d	γ _G · G _k	13,5 kN
N _d	1,35 · 10	
M _d	γ _G · G _k	
M _d	0	

Beispiel 2: Bestimmung der maßgebenden Kombination für eine Hallenstütze

Sonstige Bedingungen:

- Halle mit Einbauten (Nutzungsklasse 1)
- NN = 650 m

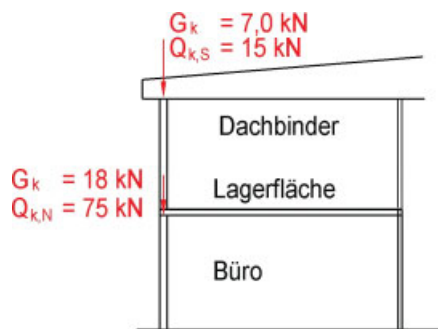


Bild 3. Belastungen der Hallenstütze
Fig. 3. Loads on the column of hall

Vereinfachte Kombination nach DIN 1052:2004

Fall 1: Kombination mit der vereinfachten Regel nach DIN 1052:2004, Gl. (1) – (s. auch Tabelle 3)

Nur die ungünstigste veränderliche Einwirkung – aus der Lagerfläche – berücksichtigt

$$E_d = \sum \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + 1,5 \cdot Q_1 = 1,35 \cdot (7 + 18) + 1,5 \cdot 75 = 146,25 \text{ kN}$$

Nutzungsklasse 2; Klasse der Lasteinwirkung „lang“

⇒ k_{mod} = 0,7;

auf k_{mod} bezogene Last E_d/k_{mod} = 146,25/0,7 = 208,9 kN

Fall 2: Kombination mit der vereinfachten Regel nach DIN 1052:2004, Gl. (2) – (s. auch Tabelle 3)

Alle veränderlichen Einwirkungen berücksichtigt

Zusammenstellung der Ergebnisse (zur Bedeutung von k_{mod} siehe Abschn. 4):

Komb.	Lastfall	Schnittgrößen		maßg. KLED		k _{mod}	Theoretisch zu führende Nachweise
		N _d (kN)	M _d (kNm)	Einwirkung	KLED		
1	G + Q + W + S	66,0	5,06	S bzw. W	kurz	0,9	nein, da bei Kombination 2 N _d größer
2	G + Q + W + S	79,5	5,06	S bzw. W	kurz	0,9	ja
3	G + Q + W + S	57,0	8,44	S bzw. W	kurz	0,9	ja, da M _d maximal
8	G + Q	43,5	0	Q _N	mittel	0,8	ja, da anderes k _{mod}
9	G	13,5	0	G	ständig	0,6	ja, da anderes k _{mod}

$$E_d = \sum \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + 1,35 \cdot \sum Q_{k,i}$$

$$= 1,35 \cdot (7 + 18) + 1,35 \cdot (15 + 75) = 155,25 \text{ kN}$$

Nutzungsklasse 2; Klasse der Lasteinwirkung „kurz“

⇒ $k_{mod} = 0,9$;

auf k_{mod} bezogene Last $E_d/k_{mod} = 155,25/0,9 = 172,5 \text{ kN}$

Der Fall 1 ist maßgebend!

Fall 3: Kombination mit der Grundregel nach DIN 1055-100, Gl. (14) – (s. auch Tabelle 3)

Genauer Nachweis nach DIN 1055-100

$$E_d = E \left\{ \sum_{j=1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \right\}$$

$$= 1,35 \cdot (7 + 18) + 1,5 \cdot 75 = 146,25 \text{ kN}$$

$E_d/k_{mod} = 208,9 \text{ kN}$

Lastfallkombination: Nutzlast auf der Decke (vorherrschend; $\psi_{0,2} = 0,5$ – s. Tabelle 2) und Schneelast auf dem Dach

$$E_d = \sum \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + 1,5 \cdot Q_{k,1} + 1,5 \cdot \psi_{0,2} \cdot Q_{k,S}$$

$$= 1,35 \cdot (7 + 18) + 1,5 \cdot 75 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 15 = 157,5 \text{ kN}$$

$E_d/k_{mod} = 175 \text{ kN}$

Lastfallkombination: Nutzlast auf der Decke und Schneelast auf dem Dach (vorherrschend; $\psi_{0,2} = 1,0$ – s. Tabelle 2 für Lagerräume)

$$E_d = \sum \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + 1,5 \cdot Q_{k,1} + 1,5 \cdot \psi_{0,2} \cdot Q_{k,S}$$

$$= 1,35 \cdot (7 + 18) + 1,5 \cdot 15 + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 75 = 168,75 \text{ kN}$$

$E_d/k_{mod} = 187,5 \text{ kN}$

Auch hier wird die Lastkombination ohne Wind maßgebend!

4 Bemessungswert einer Festigkeitseigenschaft X_d

Den Bemessungswert der Festigkeitseigenschaft X_d erhält man nach DIN 1052:2004 aus Gl. (3):

$$X_d = \frac{X_k}{\gamma_M} \cdot k_{mod} \quad [\text{DIN 1052:2004, Abschn. 5.3 Gl. (3)}]$$

mit

X_k charakteristischer Wert der Festigkeitseigenschaft (z. B. Festigkeit eines Baustoffs oder Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels bzw. einer Verbindung)

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für die Festigkeitseigenschaft

k_{mod} Modifikationsbeiwert zur Berücksichtigung des Einflusses der Nutzungsklasse und der Lasteinwirkungsdauer auf die Festigkeitseigenschaft.

Für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation enthält die Norm gleich große Teilsicherheitsbeiwerte γ_M (s. Tabelle 4). Für die außergewöhnliche Bemessungssituation ist $\gamma_M = 1,0$. Beim Nachweis der Stahlteile gelten die Teilsicherheitsbeiwerte der DIN 18800-1:1990.

Tabelle 4. Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Festigkeitseigenschaften für die Bildung der Bemessungswerte in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen nach DIN 1052:2004, Abschn. 5.4, Tabelle 1

Table 4. Partial safety values for the material properties to calculate the design values in permanent and quasi-permanent design cases

Baustoff \ Grenzzustand	Grenzzustand	Grenzzustand der Tragfähigkeit ständige und vorübergehende Bemessungssituation
Holz und Holzwerkstoffe		1,3
Stahl in Verbindungen		
– auf Biegung beanspruchte stiftförmige Verbindungsmittel		1,1
– auf Zug oder Scheren beanspruchte Teile beim Nachweis gegen die Streckgrenze im Nettoquerschnitt		1,25
– Plattennachweis auf Tragfähigkeit für Nagelplatten		1,25

Charakteristische Werte für die Baustoffeigenschaften

Charakteristische Werte sind Quantilwerte aus statistischen Verteilungen. Sie werden in den Normen geregelt oder sind in bestimmten Fällen mit der Bauaufsicht abzustimmen.

Die charakteristischen Werte der Baustoffeigenschaften der in DIN 1052:2004 geregelten Holzwerkstoffe sind 5 %-Quantilwerte aus normierten Versuchen.

Die genormten charakteristischen Baustoffkennwerte für Vollholz, Brettschichtholz, Sperrholz, Spanplatten (kunstharzgebundene und zementgebundene), OSB-Platten, Faserplatten und Gipskartonplatten sind mit den Begleitvorschriften (wie z. B. Holzartenverwendung, Sortierung, Querschnittsaufbau, materialabhängige Verwendung) im Anhang F zur DIN 1052:2004 geregelt.

Für andere, nicht enthaltene Baustoffe bedarf es einer bauaufsichtlichen Zulassung. Sie können nur über eine Europäische technische Zulassung in Verkehr gebracht werden.

Die charakteristischen Festigkeitseigenschaften von Vollholz und Brettschichtholz sind nach Festigkeitsklassen gruppiert. Ihre Zuordnung zu den einzelnen Klassen erfolgt nach der Herkunft des Holzes sowie der Sortiermethode (visuell oder maschinell sortiert). Nach den novellierten Sortiernormen DIN 4074 ist es möglich, das Schnittholz visuell oder maschinell zu sortieren. Die Gruppen der Nadel- und Laubhölzer werden nach genormten Kriterien visuell (d. h. durch Inaugenscheinnahme) sortiert. Das Ergebnis der visuellen Sortierung entsprechend DIN 4074-1 und 4074-5 sind Sortierklassen. Ihre Zuordnung zu den Festigkeitsklassen erfolgt über Zuordnungstabellen in DIN 1052:2004 (gemäß Tabelle F.6 für Nadelholz und Tabelle F.8 für Laubholz). Bei Anwendung der maschinellen Sortierung mit einer zertifizierten Sortiermaschine, die auf direktem Wege Festigkeitswerte des Holzes ermittelt, erhält man Holz, welches direkt den in Anhang F.5 und F.7 der DIN 1052:2004 angegebenen Festigkeitsklassen zugeordnet werden kann. Das nach der Tragfähigkeit sortierte Holz muss nach DIN 4074 Teil 1 oder DIN 4074 Teil 5 vom

Hersteller mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) nach der Übereinstimmungszeichenverordnung der Länder gekennzeichnet werden.

Vollholz ohne Keilzinkung ist mit dem Ü-Zeichen (mit Angaben des Herstellers, der Bezugsnorm DIN 4074-1 oder 4074-5) zu kennzeichnen.

Die maximalen Einschnittlängen für Vollhölzer betragen im Allgemeinen ca. 7,0 m. Will man größere Längen mittels Klebeverbindungen herstellen, so ist dies über Schäftung oder Keilzinkung möglich. **Keilgezinktes Vollholz** muss mit dem ÜZ-Zeichen (mit Angaben des Herstellers, der Bezugsnorm DIN 4074, der Sortier- oder Festigkeitsklasse, der überwachenden Stelle) gekennzeichnet sein. Keilgezinktes Vollholz darf nach DIN 1052:2004, Abschnitt 7.2. (3) nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 angewendet werden.



Bild 4. Trägerrostkonstruktion 9 × 9/12 × 12 m aus Duo-balken nach Z.9.1-440

Fig. 4. Grillage construction 9 × 9/12 × 12 m, consisted on duo beams according to Z.9.1-440

Als **Konstruktionsvollholz** (Produktbezeichnung KVH® und MH®) bezeichnet man einheimisches Nadel-schnittholz, welches zusätzlich zu den Sortierkriterien der DIN 4074 weiteren Güteanforderungen genügt. Dazu zählen zum Beispiel eine definierte Holzfeuchte von 15 % ± 3 % und ein herzgetrennter Einschnitt (s. Tabelle 5, weitere Kriterien siehe [8]; zu den üblichen Standardquerschnitten s. Tabelle 6).

Balkenschichthölzer sind geklebte Holzbauteile, die entweder aus zwei (Duo-Balken, Standardquerschnitte s. Tabelle 7) oder drei (Trio-Balken, Standardquerschnitten s. Tabelle 8) miteinander verklebten Bohlen- oder Kant-hölzern bestehen.


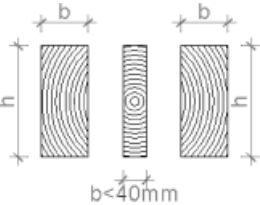
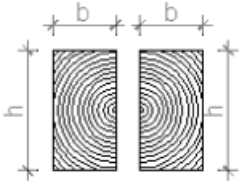
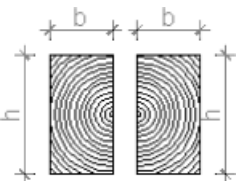
Aufgrund der technischen Anforderungen an eine Verklebung mit ausreichender Qualität besitzen Balkenschichthölzer eine Holzfeuchte unter 15 %. Ihre Herstellung und Anwendung ist in der bauaufsichtlichen Zulassung Z.9.1-440 geregelt. Balkenschichtholz ist mit dem ÜZ-Zeichen (mit Angaben zum Hersteller, der bauaufsichtlichen Zulassung, der Sortierklasse, der überwachenden Stelle) zu kennzeichnen. Balkenschichtholz darf nach DIN 1052:2004, Abschnitt 7.4. (2) nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

Brettschichtholz besteht aus mindestens drei miteinander verklebten Brettlagen. Je nach Pressentechnologie können unterschiedlich große Querschnitte hergestellt werden. Überschreitet die Breite der Brettlage 220 mm, muss mindestens eine Entlastungsnut vorhanden sein. Die Brett-dicke ist abhängig von der Nutzungsklasse. Bei Verwend-ung gerader Bauteile in den Nutzungsklassen I und II kann die Brettstärke maximal 45 mm betragen. Bei Verwend-ung in Nutzungsklasse III beträgt die Brettstärke ma-ximal 35 mm.

Brettschichtholz wird immer noch ausschließlich aus Nadelschnittholz hergestellt. Verwendet werden vor allem visuell oder maschinell sortierte Brettlagen aus Fichte,

Tabelle 5. Zusätzliches Sortiermerkmal für Konstruktionsvollholz [Vereinbarung zwischen VDS und BDZ/Überwachungs-gemeinschaft Konstruktionsholz e. V. – s. www.kvh.de]


Table 5. Additional graduation characteristic of structural solid wood

Zusätzliches Sortiermerkmal für Konstruktionsvollholz (Messbezugsfeuchte 15 %; Lieferfeuchte 15 % ± 3 %)		
Konstruktionsvollholz, sichtbar (KVH – Si) 	$b \leq 100 \text{ mm}$  Auf Wunsch herzfrei	$b \geq 100 \text{ mm}$  herzgetrennt
Konstruktionsvollholz, nicht sichtbar (KVH – NSi)	 herzgetrennt	

Tanne und Kiefer. Auf Anforderung ist es auch möglich, Brettschichtholz aus den dauerhafteren Holzarten Lärche oder Douglasie herzustellen. Hinsichtlich des Querschnittsaufbaues unterscheidet man nach DIN 1052:2004 kombinierten Aufbau (im jeweils äußeren 1/6 der Trägerhöhe sind Bretter einer definiert höheren Festigkeitsklasse angeordnet und im Bereich von 4/6 der Trägerhöhe sind Lagen niedriger Festigkeit angeordnet) und homogenen Aufbau (alle Brettlagen entsprechen einer definierten Festigkeitsklasse). Sowohl bei homogenem als auch bei kombiniertem Querschnittsaufbau kann außer bei Klasse GL 24 c im Kern des Querschnittes 10 % des Flächenanteiles aus

geordnet und im Bereich von 4/6 der Trägerhöhe sind Lagen niedriger Festigkeit angeordnet) und homogenen Aufbau (alle Brettlagen entsprechen einer definierten Festigkeitsklasse). Sowohl bei homogenem als auch bei kombiniertem Querschnittsaufbau kann außer bei Klasse GL 24 c im Kern des Querschnittes 10 % des Flächenanteiles aus

Tabelle 6. Standardquerschnitte für Konstruktionsvollholz (weitere Informationen: www.brettschichtholz.de)
Table 6. Standard cross-sections of structural solid wood

 Vorzugslängen 5 m und 13 m	Höhe (mm)	Breite (mm)						
		100	120	140	160	180	200	240
	60	■	■	■	■	■	■	■
	80		■	■	■	■	■	■
	100	■			■	■	■	■
	120		■		■		■	■
	140			■ ¹⁾				■ ¹⁾

¹⁾ nur bei Konstruktionsvollholz (KVH)

Tabelle 7. Standardquerschnitte für Duo- bzw. Triobalken (weitere Informationen: www.brettschichtholz.de)
Table 7. Standard cross-sections of duo and trio girders


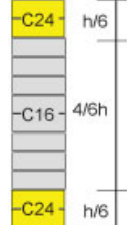
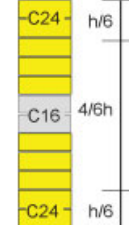
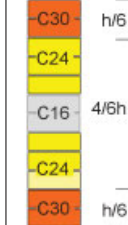
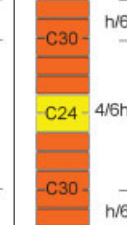
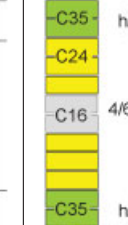
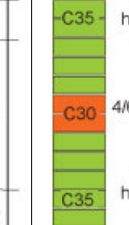
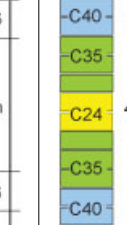
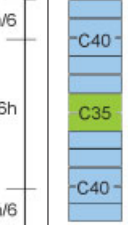
 Vorzugslängen 12,5/13 m	Breite (mm)	Höhe (mm)							
		100	120	140	160	180	200	220	240
	80				■	■	■		■
	100	■			■	■	■		■
	120		■		■		■		■
	140			■			■		■
	160				■		■		■

Tabelle 8. Festigkeitsklassen GL 24 bis GL 36 nach DIN 1052:2004, Anhang F.9 und Aufbau des Brettschichtholzes (weitere Informationen: www.brettschichtholz.de)
Table 8. Strength classes and structure of laminated timber

Bezeichnung nach DIN 1052	GL 24		GL 28		GL 32		GL 36	
	c ²⁾	h ³⁾	c ²⁾	h ³⁾	c ²⁾	h ³⁾	c ²⁾	h ³⁾
äußere Lamellen	C 24	C 24	C 30	C 30	C 35	C 35	C 40	C 40
innere Lamellen	C 16	C 24	C 24	C 30	C 24	C 35	C 35	C 40
innere 10 % ¹⁾	keine	C 16	C 16	C 24	C 16	C 30	C 24	C 35
Querschnittsaufbau								
Festigkeitsklasse	GL 24 c	GL 24 h	GL 28 c	GL 28 h	GL 32 c	GL 32 h	GL 36 c	GL 36 h

¹⁾ Bei überwiegend Flachkant- Biegebeanspruchung der Lamellen dürfen die inneren Lamellen innerhalb eines Bereiches von 10 % der Querschnittshöhe an der Querschnittsachse einer niedrigen Festigkeitsklasse angehören
²⁾ kombiniertes Brettschichtholz unter Verwendung von Brettlagen aus unterschiedlichen Festigkeitsklassen, äußere Lagen jeweils 1/6 der Trägerhöhe auf beiden Seiten, mindestens jedoch zwei Lagen
³⁾ homogenes Brettschichtholz unter Verwendung von Lamellen nur einer Festigkeitsklasse

Tabelle 9. Standardquerschnitte für Brettschichtholz (weitere Informationen: www.brettschichtholz.de)
Table 9. Standard cross-sections of laminated timber










 Vorzugslängen 12 bis 20 m	Breite (mm)	Höhe (mm)									
		100	120	140	160	200	240	280	320	360	400
	60		■		■						
	80	■	■		■	■					
	100		■		■	■					
	120		■		■	■	■				
	140			■	■	■	■	■			
	160				■	■	■	■	■		■
	180					■			■		■

Tabelle 10. Bauaufsichtliche Anforderungen an Holzwerkstoffe
Table 10. Official requirements for timber materials

Holzwerkstoff (Fotos: Arge Holz Düsseldorf)	Anforderungen	Charakteristische Festigkeitswerte in DIN 1052:2004	Mindestdicke für tragende Zwecke [mm]
 Furnierschichtholz mit Querlagen	allgemeine bauaufsichtliche Zulassung	bauaufsichtliche Zulassung	
 Brettsperrholz	allgemeine bauaufsichtliche Zulassung	bauaufsichtliche Zulassung	
 Sperrholz	DIN EN 636:2003 DIN EN 13986:2002 DIN V 20000-1	DIN 1052:2004, Tabelle F.11 und F.12	≥ 6 mm
 OSB-Platten	DIN EN 300:1997 DIN EN 13986:2002 DIN V 20000-1	DIN 1052:2004, Tabelle F.12 und F.13	≥ 8 mm ≥ 6 mm (nur aussteifende Beplankung)
 Kunstharzgebundene Spanplatten	DIN EN 312:2003 DIN EN 13986:2002 DIN V 20000-1	DIN 1052:2004, Tabelle F.15 bis F.18	≥ 8 mm ≥ 6 mm (nur aussteifende Beplankung)
 Zementgebundene Spanplatten	DIN EN 634-1:1995 DIN EN 634-2:1996 DIN EN 13986:2002 DIN V 20000-1	DIN 1052:2004, Tabelle F.19	≥ 8 mm
 Faserplatten	DIN EN 622-2:2003 DIN EN 622-3:2003 DIN EN 13986:2002 DIN V 20000-1	DIN 1052:2004, Tabelle F.20	≥ 4 mm (Klasse HB.HLA2 nach DIN EN 13986) ≥ 6 mm (Klasse MB.HLA2 nach DIN EN 13986)
 Gipskartonplatten	DIN 18180	DIN 1052:2004, Tabelle F.20	≥ 12,5 mm (als Beplankung für Dach-, Wand- und Deckentafel)

Holz niederer Festigkeit eingebaut werden (s. Tabelle 8). Insgesamt stehen jetzt 8 Brettschichtholzklassen zur Verfügung. Die charakteristischen Festigkeiten gelten für die allgemein übliche Flachkantbiegung für Trägerhöhen $h > 600$ mm. Wird diese Höhe unterschritten, kann der charakteristische Biege-Festigkeitswert mit dem k_h -Wert erhöht werden. Bei hochkant biegebeanspruchten Bauteilen darf der charakteristische Biege-Festigkeitswert mit dem k_ℓ -Wert erhöht werden. Brettschichtholz gibt es auch in Standardquerschnitten (s. Tabelle 9) Brettschichtholz ist mit dem ÜZ-Zeichen (mit Angaben des Herstellers, der Bezugsnorm DIN 1052:2004, der Festigkeitsklasse, der überwachenden Stelle) zu kennzeichnen.

Die Maßhaltigkeit der Bauteile regelt die DIN EN 390.

In Zukunft wird man auch Brettschichtholz aus Laubschichtholz mit Festigkeiten bis GL 48 herstellen können (s. [9]).

Die Anforderungen an die Holzwerkstoffe mit den in der DIN 1052:2004, Anhang F ausgewiesenen Festigkeitseigenschaften sind in europäischen Begleitnormen geregelt (s. Tabelle 10).

Mit dem CE-Zeichen müssen seit 2004 alle Holzwerkstoffe, die in DIN EN 13986 geregelt sind (das betrifft alle Holzwerkstoffe in Bauteilen wie Massivholzplatten, Furnierschichtholz, Sperrholz, OSB, kunstharzgebundene und zementgebundene Spanplatten, Faserplatten nach dem Nassverfahren, Platten nach dem Trockenverfahren) gekennzeichnet werden. Der Hersteller ist für das Anbringen des CE-Zeichens verantwortlich. Die CE-Kennzeichnung (mit Angaben der überwachenden Stelle, des Herstellers, dem Jahr der Kennzeichnung, der Nummer des CE-Konformitätszertifikats, der DIN EN 13986, der Technischen Klasse, des Brandverhaltens in der Euroklassifizierung, der Formaldehydklasse und des Gehaltes an Pentachlorphenol) ist auf dem Produkt selbst, auf der Verpackung, auf einem daran angebrachten Etikett oder in den Begleitpapieren aufzudrucken. Wie die Kennzeichnung im Einzelnen aussehen soll, ist für jede Plattenart exakt in DIN EN 13986 vorgeschrieben! Ob die Holzwerkstoffplatte für den geplanten Verwendungszweck überhaupt geeignet ist, regelt die DIN V 20000-1, die vom Planer und Ausführenden unbedingt zu beachten ist.

Die Anforderungen an Balken-, Furnierschichtholz und Brettsperrholz sind in bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt.

Die Anwendung der Holzwerkstoff-Platten ist nach DIN 1052:2004, Abschnitt 7.7 bis 7.12 von den Nutzungsbedingungen abhängig (siehe Tabelle 11). Unter den Bedingungen der Nutzungsklasse 3 darf nur Furniersperrholz oder die zementgebundene Spanplatte verwendet werden (s. Tabelle 11).

Modifikationsbeiwert k_{mod}

Der **Modifikationsbeiwert k_{mod}** berücksichtigt den Einfluss der Nutzungsklasse und den Einfluss der Lasteinwirkungsdauer (KLED) auf die Baustoffeigenschaften.

Nutzungsklassen

Holzbaustoffe haben die Eigenschaften, Feuchte aus der sie umgebenden Umwelt aufzunehmen oder auch an sie abzugeben. Je nach Klimaverhältnissen und Einbauzustand stellt sich ein hygroskopisches Gleichgewicht ein. Die sich

Tabelle 11. Verwendung von OSB-Platten, kunstharzgebundene Holzspanplatten, zementgebundene Holzspanplatten und Gipskartonplatten nach den Regeln der DIN 1052:2004, Abschnitt 7.7 bis 7.12

Table 11. Application of different kinds of timber materials according to the rules of DIN 1052:2004

Plattentyp ■ (anwendbar in den Nutzungsklassen)		Nutzungsklasse		
		1	2	3
OSB-Platten	OSB/2 n. DIN EN 13986	■	–	–
	OSB/3 n. DIN EN 13986	–	■	–
	OSB/4 n. DIN EN 13986	–	–	■
Kunstharzgebundene Holzspanplatten	Spanplatten Klasse P4 und P6 n. DIN EN 13986	■	–	–
	Spanplatten Klasse P5 und P7 n. DIN EN 13986	–	■	–
Zementgebundene Holzspanplatten	n. DIN EN 13986	■	■	■
Holzfaserplatten	MBH.LA2 n. DIN EN 13986	■	–	–
	HB.HLA2 n. DIN 13986	–	■	–
Gipskartonplatten	GKB n. DIN 18180	■	–	–
	GKBI n. DIN 18180	–	■	–
	GKF n. DIN 18180	–	–	■
	GKFI n. DIN 18180	–	■	–
Sperrholz	Klasse „Trocken“ n. DIN EN 13986	■	–	–
	Klasse „Feucht“ n. DIN EN 13986	–	■	–
	Klasse „Außen“ n. DIN EN 13986	–	–	■



Bild 5. Fußgängerbrücke mit Hauptträgern aus BSH GL 32 h. Werden diese, wie im Bild, durch eine dauerhafte und hinterlüftete Verkleidung vor Witterung geschützt, gilt Nutzungsklasse 2; die Stützen sind allerdings in Nutzungsklasse 3 einzustufen

Fig. 5. Footbridge with main beams of glued laminated class GL 32 h; the main beams are covering by timber based plates, so the beams are in service class 2, on the other hand the columns are in the service class 3

einstellende Holzfeuchte beeinflusst jedoch die technischen Eigenschaften des Holzes (zum Beispiel nimmt die Festigkeit, der Elastizitätsmodul oder auch die Tragfähigkeit einer Holzbauverbindung mit zunehmender Holzfeuchte ab, s. auch [1]).

Deshalb müssen für Holzbauwerke **Nutzungsklassen** definiert werden, die die klimatischen Verhältnisse der Umgebung des Bauwerks während seiner Lebensdauer kennzeichnen. Sie sind hauptsächlich zur Modifikation von Festigkeits- und Tragfähigkeitswerten und zur Berechnung von Verformungen unter festgelegten Umweltbedingungen notwendig. In Tabelle 12 (s. auch DIN 1052:2004, Abschnitt 7.1.1) werden drei Nutzungsklassen festgelegt, die mit der Klassifizierung der alten Norm übereinstimmen.

Auch in der bisherigen DIN 1052:1988/1996 waren Abminderungswerte für die zulässigen Festigkeiten und Tragfähigkeiten infolge Feuchtigkeit festgelegt. Bei Nutzungsklasse 3 betrug der Abminderungsfaktor gegenüber Nutzungsklasse 1 und 2 = 0,83 (5/6).

Einfluss der Lastwirkungsdauer

Für die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit werden je nach Einwirkungsdauer 5 Klassen der **Lasteinwirkungsdauer** unterschieden (s. Tabelle 13). Dies steht im Zusammenhang mit den Eigenschaften des Baustoffs Holz. Die Festigkeit von Holz ist von der Einwirkungsdauer der Beanspruchung abhängig (s. auch [1]). In der DIN 1052:1988/1996 ist im globalen Sicherheitsfaktor die Lastwirkungsdauer „ständig“ berücksichtigt. Im Grenzlastfall HZ konnte man die zulässige Festigkeit oder Tragfähigkeit bei Lastzuständen mit einer sehr viel kürzeren Lastdauer um Faktoren zwischen 1,25 und 2,0 erhöhen.

In der DIN 1052:2004 werden in Tabelle 4 der Norm die in der DIN 1055 genormten Einwirkungen den Klassen der Lastwirkungsdauer zugeordnet (s. Tabelle 14).

Bei der Kombination von Lasten werden Lasten mit sehr unterschiedlichen Lastdauerintensitäten miteinander kombiniert, und es ergibt sich die Frage, welcher k_{mod} -Wert dann zu verwenden ist. DIN 1052:2004, Abschnitt 7.1.3 (1) legt dazu fest, dass bei Kombinationen, die zu verschiedenen Klassen der Lasteinwirkungsdauer gehören, für den zu wählenden k_{mod} -Wert die Einwirkung mit der **kürzesten Lasteinwirkungsdauer** maßgebend ist.

Tabelle 13. Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) nach DIN 1052:2004, Abschnitt 7.1.2

Table 13. Load duration classes according to DIN 1052:2004

Klasse KLED	akkumulierte Dauer der charakteristischen Lasteinwirkung	Beispiele für Lasten gemäß DIN 1052, Tab. 4
ständig ²⁾	länger als 10 Jahre	Eigenlasten von Tragwerken, Ausrüstungen, festen Einbauten und haustechnischen Anlagen
lang	6 Monate bis 10 Jahre	Nutzlasten in Lagerhäusern, Fabriken, Werkstätten
mittel ¹⁾	1 Woche bis 6 Monate	Verkehrslasten auf Decken, Schnee für Gebäude über NN > 1000 m
kurz	kürzer als 1 Woche	Wind, Schnee für Gebäude über NN ≤ 1000 m
sehr kurz	kürzer als eine Minute	außergewöhnliche Einwirkungen wie Explosion, Anprall von Fahrzeugen

- 1) Indirekte Einwirkungen aus Temperatur- und Feuchteänderungen sind der KLED „mittel“ zuzuordnen.
- 2) Indirekte Einwirkungen aus ungleichmäßigen Setzungen sind der KLED „ständig“ zuzuordnen.

Modifikationsbeiwerte k_{mod}

Bild 6 zeigt die Modifikationsbeiwerte k_{mod} am Beispiel der in der DIN 1052:2004 geregelten Holzbaustoffe Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz, Furnierschichtholz, Brettsperrholz und Baufurniersperrholz in Abhängigkeit von der Nutzungsklasse (d. h. der zu erwartenden Feuchtebeanspruchung) und der Lasteinwirkungsdauer. Die Werte für die in der Praxis häufig zu verwendende Lastwirkungsdauer „mittel“ wurden in der grafischen Darstellung besonders hervorgehoben.

Bild 7 zeigt die Modifikationsbeiwerte k_{mod} am Beispiel der in DIN 1052:2004 geregelten OSB-Platten. In Nutzungsklasse 3 ist eine Anwendung von OSB-Platten nicht möglich (s. auch Tabelle 11).

Weitere Modifikationsbeiwerte k_{mod} sind Tabelle F.1 der DIN 1052:2004 zu entnehmen.

Tabelle 12. Nutzungsklassen zur Berücksichtigung des Einflusses der klimatischen Verhältnisse auf die Baustoffeigenschaften (s. DIN 1052:2004, Abschnitt 7.1.1)

Table 12. Service classes to account the influence of climate on the material properties

Nutzungsklasse	Gleichgewichtsfeuchte u des Holzes ¹⁾ (Feuchtebereich ²⁾)	Umgebungs-klima	Beispiel
1	$u \leq 12 \%$ (5...15 %)	20 °C und 65 % rel. Luftfeuchte, die nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird	Allseitig geschlossene Gebäude und beheizte Bauwerke
2	$u \leq 20 \%$ (10...20 %)	20 °C und 85 % rel. Luftfeuchte, die nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird	überdachte offene Bauwerke ³⁾
3	$u > 20 \%$ (12...24 %)	Klimabedingungen, die zu höheren Holzfeuchten führen als in Nutzungsklasse 2	frei der Witterung ausgesetzte Bauteile

- 1) mittlere Gleichgewichtsfeuchte, die n. DIN 1052:2004, Tabelle F.3 in den meisten Nadelhölzern nicht überschritten wird
- 2) für Holz und holzhaltige Werkstoffe enthält DIN 1052:2004, Tabelle F.3 Bereichsangaben – (von bis)-Werte
- 3) in Ausnahmefällen auch Nutzungsklasse 3 möglich

Tabelle 14. Einteilung der Einwirkungen nach DIN 1055-1 und DIN 1055-3 bis DIN 1055-5, DIN 1055-9 in die Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) nach DIN 1052:2004, Tabelle 4

Table 14. Classification of actions according to DIN 1055 into load duration classes according to DIN 1052:2004

Einwirkung	KLED
Eigenlasten nach DIN 1055-1	ständig
Lotrechte Nutzlasten für Decken, Treppen und Balkone nach DIN 1055-3	
A Spitzböden, Wohn- und Aufenthaltsräume	mittel
B Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure	mittel
C Räume, Versammlungsräume und Flächen, die der Ansammlung von Personen dienen können (mit Ausnahme von unter A, B, D und E festgelegten Kategorien)	kurz
D Verkaufsräume	mittel
E Fabriken und Werkstätten, Ställe, Lagerräume und Zugänge, Flächen mit erheblichen Menschenansammlungen	lang
F Verkehrs- und Parkflächen für leichte Fahrzeuge (Gesamtlast ≤ 25 kN), Zufahrtsrampen	kurz
G Flächen für den Betrieb mit Gegengewichtstaplern	mittel
H nicht begehbare Dächer, außer für übliche Erhaltungsmaßnahmen, Reparaturen	kurz
J Verkehrs- und Parkflächen für leichte Fahrzeuge (Gesamtlast: ≤ 30 kN)	mittel
K Hubschrauber Regellasten	kurz
T Treppen und Treppenpodeste	kurz
Z Zugänge, Balkone und Ähnliches	
Horizontale Nutzlasten nach DIN 1055-3	
Horizontale Nutzlasten infolge von Personen auf Brüstungen, Geländern und anderen Konstruktionen, die als Absperrung dienen	kurz
Horizontallasten zu Erzielung einer ausreichenden Längs- und Quersteifigkeit	entsprechend den zugehörigen Lasten
Horizontallasten für Hubschrauberlandeplätze auf Dachdecken, für horizontale Nutzlasten, für den Überrollschutz	kurz sehr kurz
Windlasten nach DIN 1055-4	kurz
Schneelast und Eislast nach DIN 1055-5	
Geländehöhe des Bauwerkstandortes über NN ≤ 1000 m	kurz
Geländehöhe des Bauwerkstandortes über NN > 1000 m	mittel
Anpralllasten nach DIN 1055-9	sehr kurz
Horizontallasten aus Kran- und Maschinenbetrieb nach DIN 1055-10	kurz

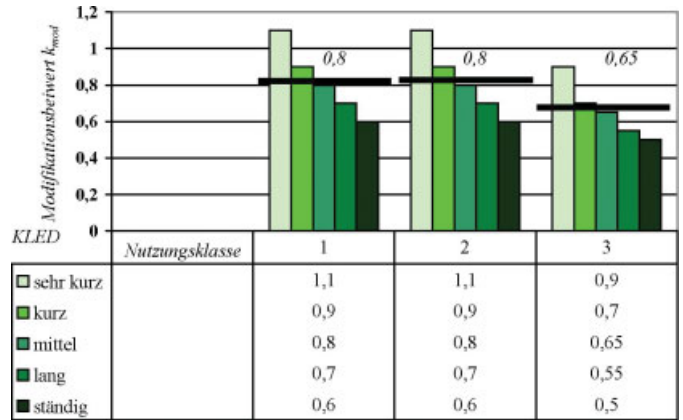


Bild 6. Modifikationsbeiwerte k_{mod} in Abhängigkeit von Nutzungsklasse und Klasse der Lasteinwirkungsdauer nach DIN 1052:2004 Anlage F, Tabelle 1 für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz, Furnierschichtholz, Brettsperrholz und Baufurniersperrholz

Fig. 6. Strength modification factors for service classes and load duration classes for several kinds of timber

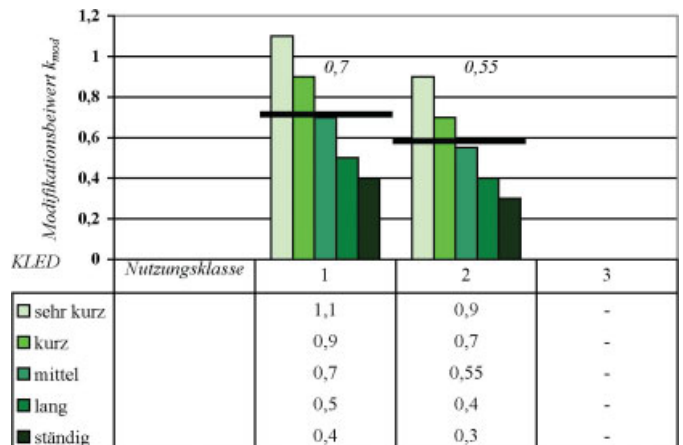


Bild 7. Modifikationsbeiwerte k_{mod} in Abhängigkeit von Nutzungsklasse und Klasse der Lasteinwirkungsdauer nach DIN 1052:2004, Anhang F, Tabelle F.1 für OSB-Platten n. DIN EN 13986 in Verbindung mit DIN V 20000-1 (Typen OSB/2, OSB/3 und OSB/4 n. DIN EN 300)

Fig. 7. Strength modification factors for service classes and load duration classes for several kinds of timber based panels

5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Werden über die gesamte Nutzungszeit bestimmte Grenzwerte der Verformungen oder Schwingungen eingehalten, so ist die Gebrauchstauglichkeit gewährleistet. **Dieser Nachweis ist stets ohne Berücksichtigung des Teilsicherheitsfaktors für die Einwirkungen (γ_F) und für die Baustoffeigenschaft (γ_M) zu führen (d. h. $\gamma_F = 1,0$; $\gamma_M = 1,0$).**

Es gilt die Gleichung: $E_d \leq C_d$, mit E_d = Bemessungswert der Einwirkungen und C_d = für die Bemessung maßgebender Nennwert, z. B. Grenzwert der Durchbiegung oder Wert der Grundschwingung bei Decken. Den prinzipiellen Ablauf bei der Nachweisführung zeigt Bild 8.

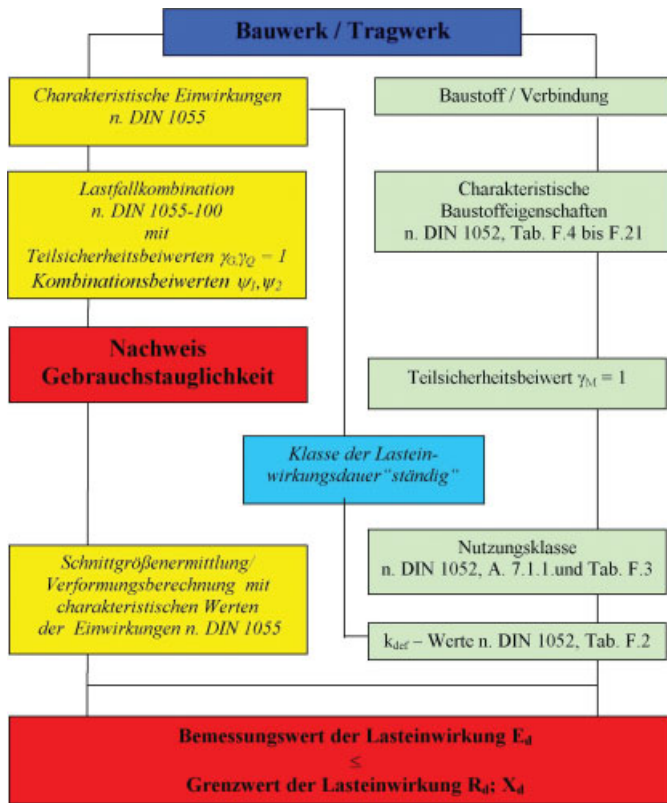


Bild 8. Prinzipieller Ablauf der Nachweisführung beim Nachweis auf Gebrauchstauglichkeit (in Anlehnung an [2])
Fig. 8. Principle Steps for serviceability limit states design

Kombination der Einwirkungen

Es sind nach DIN 1055-100:2001, Abschnitt 10.4 Gl. (22) und Gl. (24) die folgenden Kombinationen zu untersuchen:

1. charakteristische (seltene) Kombination

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

2. quasi-ständige Kombination

$$\sum G_{k,j} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Bei der charakteristischen (seltenen) Bemessungssituation werden alle extremen Nutzungsbedingungen mit bleibenden Auswirkungen auf das Tragwerk untersucht. Es werden die charakteristischen ständigen Einwirkungen zusammen mit der vorherrschenden veränderlichen Einwirkung und weiteren unabhängigen Einwirkungen mit den repräsentativen Werten $\psi_0 \cdot Q_k$ berücksichtigt.

Die quasi-ständige Kombination berücksichtigt die dauernd wirkenden Nutzungsbedingungen eines Tragwerks (betrachtet wird das Erscheinungsbild und die generelle Benutzbarkeit). Erfasst werden alle charakteristischen ständigen Einwirkungen und die dauerhaft wirkenden veränderlichen Einwirkungen mit ihren repräsentativen Werten $\psi_2 \cdot Q_k$.

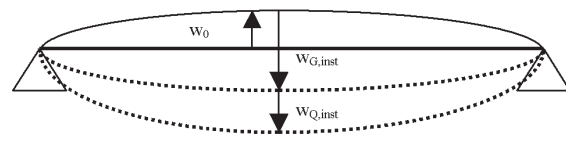
Durchbiegungsgrenzwerte

Der Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte (s. Tabelle 15) ist nicht mehr zwingend vorgeschrieben. Der Tragwerksplaner kann ihn dort führen, wo er ihn für notwendig hält, was allerdings eine entsprechende Erfahrung voraussetzt.

Definiert werden nach Bild 9 drei Durchbiegungsanteile. Die Gesamtdurchbiegung setzt sich zusammen aus den Werten infolge ständiger und veränderlicher Einwirkung minus der geplanten Überhöhung:

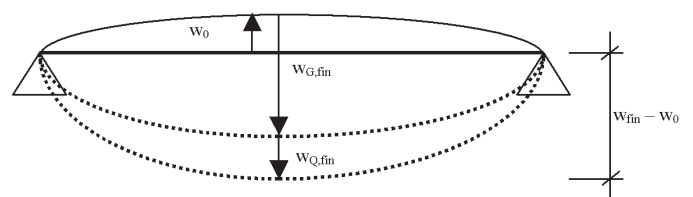
Gesamt-Enddurchbiegung = $w_{fin} - w_0$

Anfangsdurchbiegung zum Zeitpunkt $t \rightarrow 0$



Relaxation
(Kriechen)

Enddurchbiegung zum Zeitpunkt $t \rightarrow \infty$



- w_0 Überhöhung
- $w_{G,inst}$ Anfangsdurchbiegung infolge ständiger Last
- $w_{Q,inst}$ Anfangsdurchbiegung infolge veränderlicher Last
- $w_{G,fin}$ Enddurchbiegung infolge ständiger Last
- $w_{Q,fin}$ Enddurchbiegung infolge veränderlicher Last

Bild 9. Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (Durchbiegungen) nach DIN 1052:2004, Abschnitt 8.3 und 9.2
Fig. 9. Verification of load deflection according to DIN 1052:2004

Verformungsnachweis

Die Enddurchbiegung eines Holzbauteils wird unter Berücksichtigung des Kriechens nach DIN 1052:2004, Abschnitt 8.3 Gl. (6) bis Gl. (9) berechnet.

k_{def} berücksichtigt das Materialkriechen bei ständigen und quasi-ständigen Lasteinwirkungen in Abhängigkeit von der Holzfeuchte (DIN 1052:2004, Tabelle F.2).

Unter ständig wirkenden Einwirkungen kommt es zur Zunahme von Formänderungen infolge plastischer Verformungen der Holzfasern, z. B. bei Biegeträgern zur Vergrößerung der Durchbiegung. Näherungsweise wird die Verformungszunahme durch Vergrößerung der rechnerisch ermittelbaren elastischen Verformung mit dem Faktor $(1 + k_{def})$ berechnet. Dieser Faktor wird auch als Kriechfaktor bezeichnet. Das Kriechverhalten von Holzbauteilen ist von sehr verschiedenen Faktoren abhängig. Wesentlich wird es bestimmt durch die Art des Holzbaustoffs und die Art der Beanspruchung, die Größe der ständigen bzw. quasi-ständigen Beanspruchung, die Umweltbedingungen, die Bauteilgröße und eventuell vorhandene Schutzsysteme auf den Bauteilen (s. Bilder 10 und 11).

Anders als in der DIN 1052:1988/1996 ist der Einfluss des lastabhängigen Kriechens für den Eigenlastanteil

Tabelle 15. Grenzwerte der Durchbiegung (n. DIN 1052:2004, Abschn. 9.2)
Table 15. Limit values of deflection

Durchbiegung	Grenzwert ^{1), 2)}	
	Träger	Kragträger
Durchbiegung in der charakteristischen (seltenen) Bemessungssituation		
elastische Anfangsdurchbiegung aus veränderlicher Einwirkung	$< \ell/300$	$\leq \ell_K/150$
$w_{Q,inst}$ Enddurchbiegung „minus“ elastische Anfangsdurchbiegung aus Eigenlast $w_{fin} - w_{G,inst}$ $w_{fin} = \underbrace{w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def})}_{w_{G,fin}} + w_{Q,fin}$ $w_{Q,fin} = w_{Q,1,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def})^3 + \left[\sum_{i>1} (w_{Q,i,inst} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def})) \right]^4,$ (vgl. auch DIN 1052:2004, Abschn. 8.3, Gl. (6) bis Gl. (8))	$\leq \ell/200$	$\leq \ell_K/100$
Durchbiegung in der quasi-ständigen Bemessungssituation		
Gesamtdurchbiegung „minus“ Überhöhung		
$w_{fin} - w_0$ $w_{fin} = \underbrace{w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def})}_{w_{G,fin}} + w_{Q,i,fin}$ $w_{Q,i,fin} = \sum_{i>0} (\psi_{2,i} \cdot w_{Q,i,inst} \cdot (1 + k_{def}))^5,$ (vgl. auch DIN 1052:2004, Abschn. 8.3, Gl. (9))	$\leq \ell/200$	$\leq \ell_K/100$

w_{fin} – Endverformung

w_{inst} – elastische Anfangsverformung, berechnet aus den **Mittelwerten** der Steifigkeitswerte ($E_{0,mean}$) der gewählten Baustoffe

- 1) Je nach Nutzung des Tragwerkes können auch andere Anforderungen (größere oder kleinere Grenzwerte) vereinbart werden.
- 2) Empfehlung, falls nicht besondere Bedingungen und Anforderungen zu beachten sind; für Fachwerkträger gültig für Durchbiegung des Gesamtsystems und Einzelstäbe zwischen den Knotenpunkten
- 3) vorherrschende veränderliche Einwirkung
- 4) [...] wenn weitere veränderliche Einwirkungen vorhanden
- 5) alle veränderliche Einwirkungen

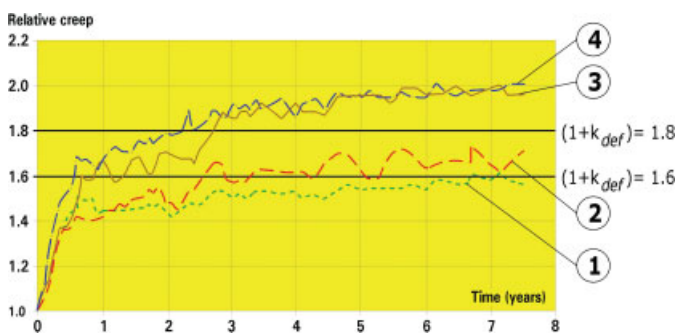


Bild 10. Kriechverformungen von Balken (relative creep) aus unterschiedlichen Holzwerkstoffen bei einer Dauerbeanspruchung von 20 N/mm² gemessen über 8 Jahre; Nr. 1: Vollholz-Fichte; Nr. 2: Brettschichtholz; Nr. 3: Furnierschichtholz; Nr. 4: Holzwerkstoffträger Doppel-T (aus [7] – Lagerung im Freien unter Dach)

Fig. 10. Creep deflection of several kinds of Timber beams over a time of 8 years and a flexural stress of 20 N/mm²

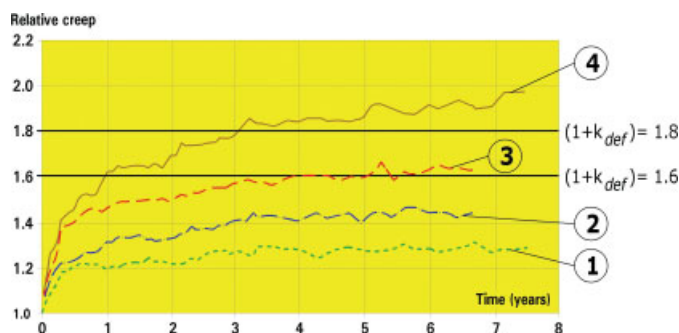


Bild 11. Einfluss verschiedener Schutzsysteme auf die Kriechverformungen von Balken (relative creep); Nr. 1: Teeröl-anstrich; Nr. 2: Alkydanstrich; Nr. 3: Emulsionsanstrich; Nr. 4: unbehandelt (aus [7] – Lagerung im Freien unter Dach)

Fig. 11. Influence of protecting coatings on the creep of timber beams

unabhängig von seinem Anteil an der Gesamtlast zu berücksichtigen.

Besteht ein Bauteil aus Einzelteilen mit unterschiedlichen Kriecheigenschaften (z. B. Träger aus Vollholz und Holzwerkstoffen), so darf mit dem arithmetischen Mittel gerechnet werden.

Beispiel 3: Eine Wohnhausdecke bestehend aus Hybridträgern (Typ: Finnjoist)

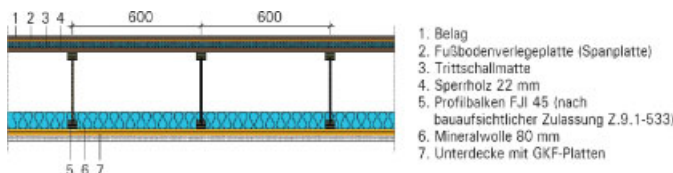


Bild 12. Konstruktion der Decke
Fig. 12. Floor construction

Die Gurte dieser bauaufsichtlich zugelassenen Träger (Z9.1-533) bestehen aus Furnierschichtholz und die Stege aus OSB-Platten. Für die Decke gilt Nutzungsklasse 1. Nach DIN 1052:2004 erhält man für k_{def} zwei Werte:

$k_{def,1} = 0,6$ für Furnierschichtholz ohne Querlagen
 $k_{def,2} = 1,5$ für die OSB-Platte

Nach DIN 1052:2004, Abschnitt 8.3. (6) darf der Mittelwert der Verformungsbeiwerte verwendet werden:

$$k_{def,mittel} = \left[\frac{k_{def,1} + k_{def,2}}{2} \right] = \left[\frac{0,6 + 1,5}{2} \right] = 1,05$$

Werden Baustoffe mit unterschiedlichen Kriecheigenschaften (k_{def1} , k_{def2}) über Verbindungen gehalten, berechnet sich die Endverformung der Verbindung ebenfalls nach den Regeln in DIN 1052:2004, Abschnitt 8.3. (6):

$$w_{fin} = w_{inst} \cdot \left[\frac{(1 + k_{def1})(1 + k_{def2})}{2} \right]$$

Die bisher in den bautechnischen Tafelwerken angegebenen Formeln für die Durchbiegungen oder erforderlichen Trägheitsmomente bei Einhaltung bestimmter Durchbiegungsgrenzwerte, z. B. $\ell/200$, können nach wie vor verwendet werden. Dabei ist für q [kN/m] die jeweilige Ein-

Tabelle 16. Elastizitätsmoduln nach DIN 1052 und Verhältniswerte n_i ($n_i = E_{0,mean}/10000$)
Table 16. Elastic moduli according to DIN 1052 and relations n_i

Material	$E_{0,mean}$ [N/mm ²]	n_i
C 24	11000	1,10
C 30	12000	1,20
GL 24	11600	1,16
GL 28	12600	1,26
GL 32	13700	1,37
GL 36	14700	1,47

wirkung einzusetzen. Soweit sich die Formeln auf den Werkstoff Holz beziehen, ist zu beachten, dass in der Neufassung der Norm für die einzelnen Werkstoffe genauere Elastizitätsmoduln angegeben sind.

Beispiel 4: Durchbiegung eines Sparrens

Duobalken (Nadelholz Festigkeitsklasse C 24): Nutzungsklasse 2; $\ell = 4,84$ m

Durchbiegungen aus der statischen Berechnung:

$w_{G,inst} = 10,2$ mm; $w_{Q,S} = 10,4$ mm; $w_{Q,W} = 4,8$ mm

- aus DIN 1052 Tabelle F.1 $k_{def} = 0,8$
- aus DIN 1055-100 Tabelle A.2 für die Schneelast und die Windlast $\psi_2 = 0$

$w_{Q,inst} = w_{Q,S} + \psi_0 \cdot w_{Q,W} = 10,4 + 0,6 \cdot 4,8 = 13,3$ mm < 16,1 mm

$w_{fin} - w_{G,inst} = 0,8 \cdot 10,2 + 10,4 + 0,6 \cdot 4,8 = 21,4$ mm < 24,2 mm

$w_{fin} - w_0 = (1 + k_{def}) \cdot w_G - w_0 = (1 + 0,8) \cdot 10,2 - 0 = 18,4$ mm < 24,2 mm

Die zur Einhaltung der erforderlichen Trägheitsmomente können für Einfeldträger aus der nachstehenden Gleichung entnommen werden. Die Faktoren $k_{w,i}$ sind in der Tabelle 17 zusammengestellt.

$erf I = k_{w,i} \cdot \max M_{w,i} \cdot \ell/n_i$

Tabelle 17. Faktoren $k_{w,i}$ zur Ermittlung des erforderlichen Flächenmomentes 2. Grades (für Einfeldträger)
Table 17. Factors $k_{w,i}$ to calculate the required second moment of area (single beam)

Bemessungssituation	Faktor $k_{w,i}$	Moment $M_{w,i}$ aus
charakteristisch	313	$Q_1 + \psi_{0,i} \cdot Q_i$
charakteristisch	208	$k_{def} \cdot G_k + (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \cdot Q_{k,1} + (\psi_{0,i} + \psi_{2,i}) \cdot Q_{k,i}$
quasi-ständig	208	$(1 + k_{def}) \cdot G_k + \Sigma(1 + k_{def}) \cdot \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$

Beispiel 5: Erforderliches Flächenmoment 2. Grades für einen Deckenbalken

Bürogebäude; Nadelholz der Festigkeitsklasse C 24; Einfeldträger Spannweite $\ell = 4,96$ m; Ständige Last $G_k = 1,60$ kN/m²; Trennwände $Q_{K,Tr} = 0,80$ kN/m²; Nutzlast $Q_{K,N} = 2,00$ kN/m²

$\max M_G = 4,92$ kNm/m; $\max M_{Q,Tr} = 2,46$ kNm/m; $\max M_Q = 6,15$ kNm/m

aus DIN 1052 Tabelle F-5 $E_{0,mean} = 11000$ N/mm²

- $n_i = E_i/10000 = 11000/10000 = 1,1$
- aus DIN 1052 Tabelle F.1 $k_{def} = 0,6$
 - aus DIN 1055-100 Tabelle A.2 für die Nutzlast $\psi_2 = 0,3$

Erforderliches Flächenmoment 2. Grades aus der Nutzlast alleine:

$$\text{erf } I = k_{w,i} \cdot \max M_{w,i} \cdot \ell / n_i = 313 \cdot (2,46 + 6,15) \cdot 4,96 / 1,1 = 12152 \text{ cm}^4/\text{m}$$

Erforderliches Flächenmoment 2. Grades aus der Enddurchbiegung – Anfangsdurchbiegung

$$\text{erf } I = k_{w,i} \cdot \max M_{w,i} \cdot \max M_{w,i} \cdot \ell / n_i = 208 \cdot [0,6 \cdot (4,92 + 2,46) + (1 + 0,3) \cdot 6,15] \cdot 4,96 / 1,1 = 11651 \text{ cm}^4/\text{m}$$

Erforderliches Flächenmoment 2. Grades aus der quasi-ständigen Bemessungssituation

$$\text{erf } I = k_{w,i} \cdot \max M_{w,i} \cdot \ell / n_i = 208 \cdot [(1 + 0,6) \cdot (4,92 + 2,46) + 0,3 \cdot 6,15] \cdot 4,96 / 1,1 = 8652 \text{ cm}^4/\text{m}$$

Maßgebend ist in diesem Fall die Beschränkung der Durchbiegung unter der Einwirkung der Nutzlast.

Schwingungen

Schwingungen können die Funktionsfähigkeit eines Bauwerks oder Bauteils beeinflussen. Deshalb fordert z. B. der EC 5, Teil 1-1:2004 den Nachweis, dass eine Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit durch Schwingungen nicht eintritt.

Man unterscheidet

1. Decken-Schwingungen durch Maschinen und
2. Schwingungen von Wohnungsdecken

Untersuchungen zum Schwingungsverhalten können durch Messung oder Berechnung durchgeführt werden. Zu berücksichtigen sind die erwartete Steifigkeit der Decke und der Dämpfungsgrad.

Schwingungen von Maschinen

Diese sind für die ungünstigste Beanspruchungskombination von ständiger und veränderlicher Last zu begrenzen.

Schwingungen von Wohnungsdecken

Holzbalkendecken können schon durch eine normale Nutzung zu Schwingungen angeregt werden, die als unangenehm empfunden werden.

Als Frequenzkriterium unterscheidet der EC 5 Teil 1-1: 2004 zwei Fälle. Liegt die Eigenfrequenz der Decke unter 8 Hz, ist eine besondere Untersuchung notwendig, worauf in der Norm nicht weiter eingegangen wird.

Decken mit einer Eigenfrequenz von größer 8 Hz müssen zwei Anforderungen erfüllen:

1. Nachweis der Durchbiegung unter einer konzentrierten vertikalen Last F
2. Nachweis der Geschwindigkeitsreaktion.

Die Berechnung ist unter der Annahme einer Decke ohne Verkehrslasten zu führen (s. auch [10]). Während der erste Nachweis eine ausreichende Steifigkeit bei niederfrequenten Belastungen sichert, wird mit dem zweiten Nachweis eine ausreichende Masse gegenüber impulsartiger Belastung nachgewiesen. Die DIN 1052:2004 enthält hierzu keine differenzierten Festlegungen. Es ist allerdings festgelegt, dass, wenn kein genauere Nachweis ge-

führt wird, die Durchbiegung bei Decken in Wohngebäuden auf

$$w_{G,inst} + \psi_2 \cdot w_{Q,inst} \leq 6 \text{ mm}$$

zu begrenzen ist (s. DIN 1052:2004, Abschnitt 9.3. (2) bzw. [10]).

Damit wird eine Eigenfrequenz von mindestens 7,2 Hz sichergestellt (s. Bild 13).

Im Schwingungsfall verhalten sich auch Durchlaufträger ähnlich wie Einfeldträger. Die Formel für Einfeldträger ist daher näherungsweise auch für Mehrfeldsysteme anwendbar, wenn die Feldweiten gleich sind. Die elastische Einspannung in den Nachbarfeldern darf dann bei der Berechnung der Durchbiegung berücksichtigt werden.

Unterliegen Holzbauteile, die nicht in Wohnungsdecken verbaut sind, einer vorwiegend ruhenden Belastung entsprechend DIN 1055-3, Abschnitt 3, darf der Schwingungsnachweis in der Regel entfallen.

Schwingungsnachweis beim Einfeldträger

Beim Einfeldträger kann aus der Durchbiegungsbeschränkung nach DIN 1052:2004, Abschnitt 9.3(2) direkt ein erforderliches Flächenmoment 2. Ordnung angegeben werden.

$$\text{erf } I_{Sch} = \frac{173,6}{n_i} \cdot M^* \cdot \ell^2,$$

$$M^* [\text{kNm}]; \ell [\text{m}]; \Rightarrow \text{erf } I [\text{cm}^4]$$

mit

$$M^* = M_{G,k} + (M_{k,TR}) + \psi_2 \cdot M_{Q,k,N},$$

($M_{k,Tr}$ = Moment aus den Trennwänden)

$$n_i = E_i / E_c = E_i / 10000$$

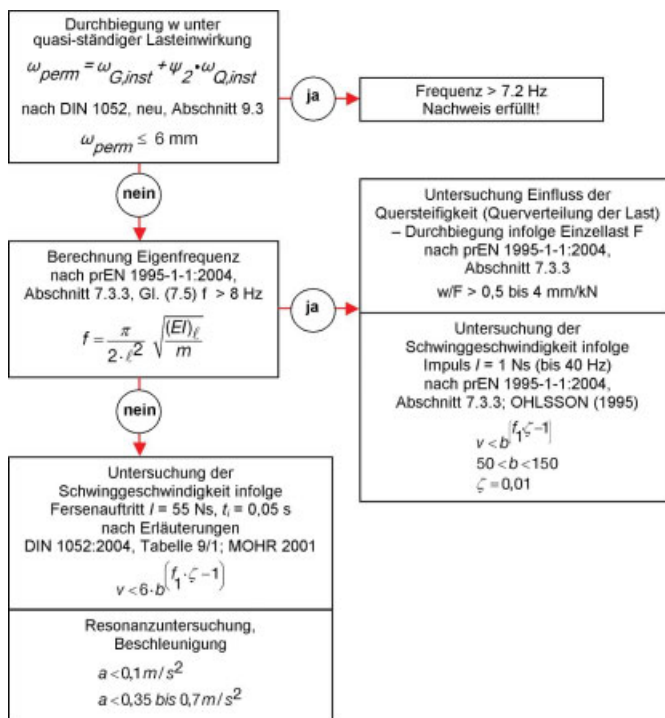


Bild 13. Nachweisführung Schwingungen bei Wohnungsdecken

Fig. 13. Rules for the verification of floor vibrations

Geht man davon aus, dass Trennwände permanent eingebaut werden, so ist der Trennwandzuschlag beim Schwingungsnachweis der ständigen Last zuzuschlagen. (Trennwandzuschlag als Ersatz für die genaue Verteilung der Beanspruchung der Deckenbalken durch die Trennwände).

Beispiel 6: Erforderliches Flächenmoment 2. Grades für einen Deckenbalken

Nadelholz C 24; $E = 11000 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow n_i = 1,1$
 Bürogebäude; Spannweite $\ell = 4,96 \text{ m}$
 Ständige Last $G_k = 1,60 \text{ kN/m}^2$;
 Trennwände $Q_{k,Tr} = 0,80 \text{ kN/m}^2$;
 Nutzlast $Q_{k,N} = 2,00 \text{ kN/m}^2$

aus DIN 1055-100; Tabelle A.2 $\Rightarrow \psi_2 = 0,3$

$$M_G^* = \frac{(1,60 + 0,80 + 0,3 \cdot 2,00) \cdot 4,96^2}{8} = 9,23 \text{ kNm/m}$$

$$\text{erf } I = \frac{173,6}{1,1} \cdot 9,23 \cdot 4,96^2 = 35836 \text{ cm}^4/\text{m}$$

Aus dem Schwingungsverhalten ergibt sich im Vergleich mit dem Wert aus der Durchbiegung (Beispiel 5) eine Vergrößerung um 195 %. Nach DIN 1052:1988-04 beträgt das erforderliche Flächenmoment 2. Grades $\text{erf } I = 21005 \text{ cm}^4/\text{m}$

Die Schwingungsbegrenzung wird für den Einfeldträger maßgebend, wenn:

$$\frac{M_G^*}{M_{Q,k,N}} > \left\{ \frac{1,80}{\ell}; \frac{1,20}{\ell - 0,72}; \ell > 1,92 \text{ m} \right\}$$

mit ℓ Stützweite des Einfeldträgers

$$M_G^* = M_G + M_{Q,Tr} + \psi_2 \cdot M_{Q,k,N}$$

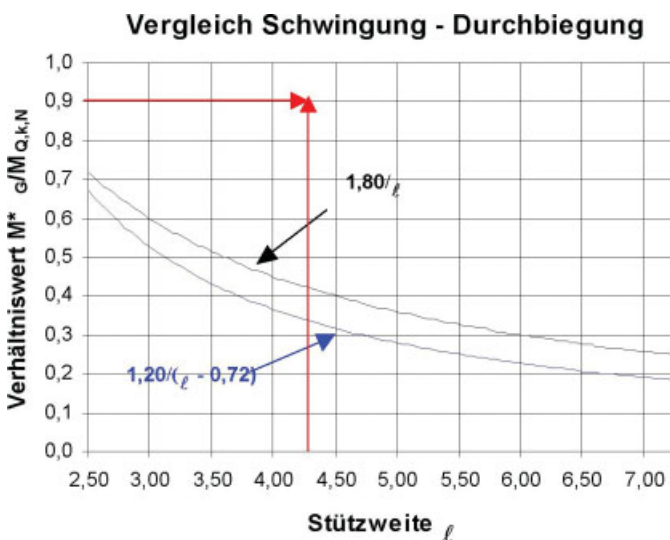


Bild 14. Vergleich der Faktoren zur Bestimmung der Grenzwerte; für alle Verhältniswerte $M_G^*/M_{Q,k,N}$ bei Einfeldträgern. Im oberen Bereich ist das Schwingungsverhalten maßgebend Fig. 14. Factor for the verification of the relationship $M_G^*/M_{Q,k,N}$ for single beams. Vibrations are significant in the upper area

Beispiel 7: Erforderliches Flächenmoment 2. Grades zur Einhaltung der Schwingungsbedingung

$\ell = 4,24 \text{ m}$; Nutzungsklasse 1; Deckenbalken $h = 22 \text{ cm}$;
 $e = 62,5 \text{ cm}$
 $G_k = 1,20 \text{ kN/m}^2$; $M_G = 2,70 \text{ kNm/m}$
 $Q_{k,N} = 2,00 \text{ kN/m}^2$, $\psi_2 = 0,3$; $M_{Q,k,N} = 4,49 \text{ kNm/m}$

$$M_G^* = 2,70 + 0,3 \cdot 4,49 = 4,05 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Verhältnis } M_G^*/M_{Q,k,N} = 4,05/4,49 = 0,9$$

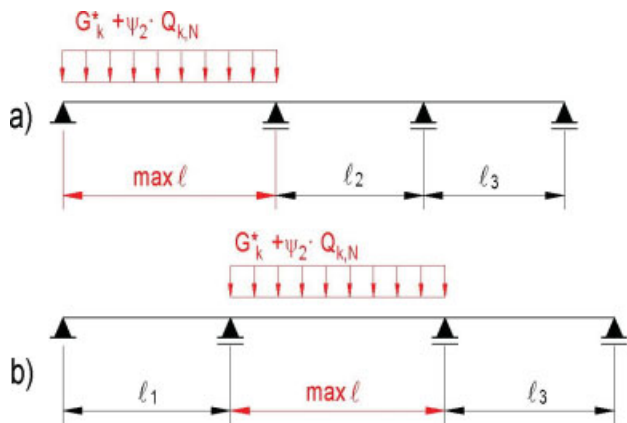
Aus Bild 14 ist deutlich erkennbar, dass der Schnittpunkt – lotrecht $4,24 \text{ m}$; waagrecht $0,9$ – über der Kurve $1,80/\ell$ liegt. Damit wird der Schwingungsnachweis maßgebend.

$$\text{erf } I = 173,6 \cdot 4,05 \cdot 4,24^2/1,1 = 11491 \text{ cm}^4/\text{m}$$

$$\text{erf } b = \frac{12 \cdot \text{erf } I \cdot e}{h^3} = \frac{12 \cdot 11491 \cdot 0,625}{22^3} = 8,1 \text{ cm}$$

Schwingungsnachweis beim Mehrfeldträger

Die Durchbiegung ist am „ideellen Einfeldträger“ zu ermitteln, d. h., die Einspannverhältnisse des Trägers dürfen bei der Ermittlung der Durchbiegung mit berücksichtigt werden. Bei Mehrfeldträgern ist die quasi-ständige Last nur auf dem betrachteten Feld anzusetzen, die restlichen Felder bleiben unberücksichtigt.



Lastansatz zur Ermittlung der Durchbiegung beim Mehrfeldträger

$$G_k^* = G_k + Q_{k,Tr}$$

Bild 15. statische Systeme für den Schwingungsnachweis Fig. 15. Static system for verification of vibrations

Beispiel 8: Erforderliches Flächenmoment 2. Grades für einen durchlaufenden Deckenbalken aus der Schwingungsbegrenzung

Wohnhaus; Spannweite $\text{max } \ell = 4,50 \text{ m}$, Nadelholz C 24
 Ständige Last $G_k = 1,40 \text{ kN/m}^2$;
 Nutzlast $Q_{k,N} = 2,00 \text{ kN/m}^2$
 aus DIN 1055-100 \Rightarrow für die Nutzlast $Q_{k,N}$ $\psi_2 = 0,3$

$$E_{d,quasi} = G_k + \psi_2 \cdot Q_{k,N} = 1,40 + 0,3 \cdot 2,00 = 2,00 \text{ kN/m}^2$$

Mit Hilfe eines Stabwerkprogramms wird mit einem Querschnitt $12/10 \text{ cm}$ im Abstand $e = 1,00 \text{ m}$ ($I = 1000 \text{ cm}^4$) im

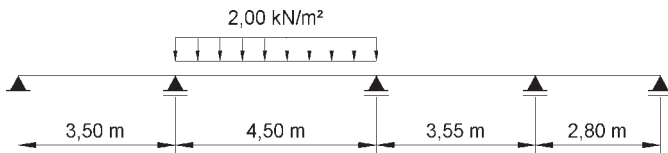


Bild 16. System und Belastung des Durchlaufträgers
Fig. 16. Static system and loads on the continuous beams

Feld 2 eine Durchbiegung $w_{12/10} = 44,9$ mm errechnet. Das erforderliche Trägheitsmoment ergibt sich dann zu:

$$\text{erf } I = 1000 \cdot \frac{w_{12/10}}{6} = 1000 \cdot \frac{44,9}{6} = 7483 \text{ cm}^4 / \text{m}$$

Literatur

- [1] Lißner, K., Rug, W., Steinmetz, D.: DIN 1052:2004 – Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teil 1: Material- und Werkstoffverhalten. In: Bautechnik 84 (2007), H. 8, S. 544–558.
- [2] Colling u. a.: EC 5 – Holzbauwerke, Bemessungsgrundlagen und Beispiele. Informationsdienst Holz, Holzbau-Handbuch, Reihe 2, Teil 1, Folge 1 Arge Holz, Düsseldorf 1995.
- [3] Lißner, K., Felkel, A., Hemmer, K., Radovic, B., Rug, W., Steinmetz, D.: DIN 1052 Praxishandbuch Holzbau (BDZ, Hrsg.), Beuth- und WEKA-Verlag, Berlin/Augsburg 2005.
- [4] Rug, W., Mönck, W.: Holzbau; 15. Auflage, Verlag Bauwesen, Berlin 2007; (www.holzbau-statik.de).
- [5] Werner, G., Zimmer, K.: Holzbau Teile 1 und 2; 3. Auflage, neubearbeitet von Zimmer, K. und Lißner, K., Springer Verlag Berlin, Heidelberg 2004/2005.
- [6] Lißner, K., Rug, W.: Ergänzende Erläuterungen zum Bauen im Bestand. In: Bläß, H., Ehlbeck, J., Kreuzinger, H., Steck, G.: Erläuterungen zu DIN 1052:2004-08, DGfH, 2. Aufl., München 2005.
- [7] Martensson, A.: Short and Long-term Deformations of Timber structures. In: Thelandersson, S., Larsen, H.-J.: Timber Engineering, WILEY, West Sussex 2003.
- [8] Kuhweide, P.: DIN 4074, Qualitätskriterien für konstruktive Vollholzprodukte, holzbau handbuch, Reihe 4, Teil 2, Folge 1; informationsdienst holz, Bonn 2004.
- [9] Bläß, H., Denzler, J. u. a.: Biegefestigkeit von Brettschicht-holz aus Buche. In: Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau, Band 1, Universität Karlsruhe 2005.
- [10] Bläß, H. J., Ehlbeck, J., Kreuzinger, H., Steck, G.: Erläuterungen zu DIN 1052:2004-08, 2. Auflage, DGfH, Bruder-Verlag, München Karlsruhe 2005.

Autoren dieses Beitrages:

Dr.-Ing. Karin Lißner, Ingenieurbüro Lißner, Forststraße 35, 01099 Dresden
 Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rug, Ingenieurbüro Prof. Rug,
 Wilhelmstraße 25, 19322 Wittenberge
 Prof. Dipl.-Ing. Dieter Steinmetz, SUS-Ingenieure GmbH,
 Pforzheimer Straße 53, 76275 Ettlingen