



**Gesellschaft
zur Förderung des Zimmerer-
und Holzbaugewerbes mbH**

Fachvortrag

**Das neue Sicherheitskonzept der DIN 1052
Das Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte**

Dr.-Ing. Karin Lißner
Ingenieurbüro Dr. Lißner, Dresden

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rug
Fachhochschule Eberswalde

Das neue Sicherheitskonzept der DIN 1052- Das Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte

Dr.-Ing. Karin Lißner, Ingenieurbüro Dr. Lißner, Dresden; (www.altbauplanung.de)
Prof. Dr.- Ing. Wolfgang Rug, FH Eberswalde; (www.holzbau- statik. de)

Achtung: Die nachfolgenden Aussagen zur DIN 1052 neu beziehen sich auf die z. Zt letzte Fassung. Es können sich noch einige Änderungen ergeben. Daher kann sich der Beitrag auch nur auf den Entwurf beziehen und Tendenzen aus den bisherigen Ergebnissen aus Forschung [1], [2], [3], [4] und Praxis aufzeigen .

1. Sicherheitskonzept

Die neue DIN 1052 entstand in Anlehnung an den EC 5 und gilt als deutsche Holzbaunorm, wenn der EC 5 nicht rechtzeitig in eine europäische Norm überführt wird (zur Anwendung des EC 5 im Vergleich zur alten DIN 1052 siehe [1]- [4]).

Die Bemessung nach der neuen DIN 1052 beruht im Gegensatz zur Bemessung nach der DIN 1052 (Ausgabe 04/1988/1996) auf einem veränderten Sicherheitskonzept. Grundlage bildet die mit den Eurocodes eingeführte Methode der Grenzzustände. D. h., man ermittelt unter Verwendung probabilistischer Methoden Extremwerte der Beanspruchung und der Beanspruchungsfähigkeit und vergleicht diese.

Damit wurde das bisher der DIN 1052 zugrundeliegende Sicherheitskonzept der zulässigen Spannungen verlassen. Kern dieses bewährten Sicherheitskonzeptes war die Festlegung von zulässigen Festigkeits- und Tragfähigkeitswerten, die beim Nachweis der Tragfähigkeit nicht überschritten werden durften. Auch für die Gebrauchsfähigkeit 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 zwar 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 eingeführte Bemessung nach Grenzzuständen dadurch, dass nunmehr definierte Sicherheitsbeiwerte 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.

Sowohl die Beanspruchungen als auch die Beanspruchungsfähigkeit der Materialien sind statistische Größen, deren mögliche Überschreitung und Unterschreitung durch entsprechende Teilsicherheitsbeiwerte rechnerisch erfasst wird. Erstmals werden hierzu international vereinheitlichte Grundsätze und Prüfvorschriften zur Bildung von statistisch abgesicherten Baustoffwerten und Einwirkungen festgelegt. Es handelt sich um begründete Quantilwerte aus statistischen Verteilungen. Weiterhin werden einheitliche Faktoren zur Modifizierung von Last- und Umweltbedingungen zur weiteren Differenzierung der Nutzungsbedingungen verwendet

Der Vorteil des neuen Sicherheitskonzeptes liegt eindeutig in einer genaueren Differenzierung bzw. wirklichkeitsnäheren Betrachtung des Sicherheitsniveaus durch Verwendung von Teilsicherheits- und Modifikationsbeiwerten. Damit verbunden ist aber ein höherer Rechenaufwand, welcher durch die Einführung entsprechender Computerprogramme wieder ausgeglichen werden kann.

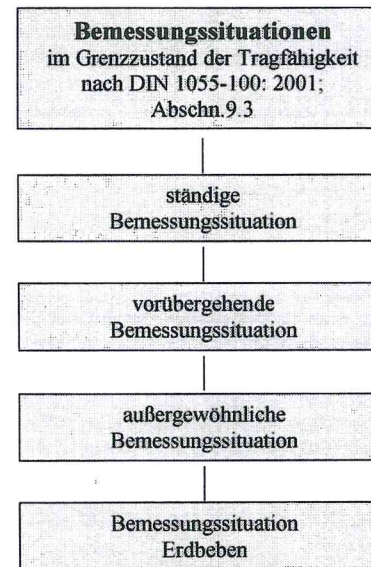
2. Bemessungssituation

Jedes Tragwerk muss für die maximal möglichen Beanspruchungszustände ausreichend bemessen werden. Zur Klassifizierung der während der Ausführung und Nutzung

auftretenden Beanspruchungsbedingungen wurden in DIN 1055-100: 2001 Bemessungssituationen definiert. Dazu gehören im Einzelnen die ständige, vorübergehende und außergewöhnliche Bemessungssituation sowie die Bemessungssituation infolge Erdbeben.

Maßgebend für den rechnerischen Entwurf des Tragwerkes ist die Bemessungssituation, die alle während der Ausführung und Nutzung auftretenden Bedingungen berücksichtigt. Nach der DIN 1055-100: 2001, Abschn. 9.3 werden vier Arten von Beanspruchungssituationen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit unterschieden (s. Bild 1).

Bild 1 Bemessungssituationen



Die **ständige Bemessungssituation** repräsentiert den Zustand des Tragwerkes unter normalen Nutzungsbedingungen. Als **vorübergehende Bemessungssituation** definiert man zeitlich bedingte Zustände wie z. B. während des Bauens oder der Instandsetzung. Die **außergewöhnliche Bemessungssituation** bezieht sich auf die Einwirkungen Brand, Explosion oder Anprall. Die Bemessungssituation **Erdbeben** umfasst alle seismischen Einwirkungen auf Tragwerke.

3. Grenzzustand

Unter dem Grenzzustand versteht man einen Zustand des Tragwerkes, bei dessen Überschreitung die im Zuge der Tragwerksplanung festgelegten Anforderungen nicht mehr erfüllt sind.

Jeder rechnerische Tragwerksentwurf ist eine prognostische Betrachtung.

Bei dem Verfahren nach Grenzzuständen werden Zustände definiert, bei denen ein Tragwerk die angenommenen Entwurfsanforderungen gerade noch erfüllt bzw. bei deren Überschreitung das Tragwerk die angenommenen Entwurfsanforderungen nicht mehr erfüllt.

Es werden unterschieden (s. Tabelle 1):

- Grenzzustand der Tragfähigkeit (s. DIN 1055-100: 2001, Abschn. 3.4.8.1)
- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (s. DIN 1055-100: 2001, Abschn. 3.4.8.2).

Die Bemessung beinhaltet den Nachweis der Nichtüberschreitung der maßgebenden Grenzzustände.

Tabelle 1 Einteilung der Grenzzustände (s. auch DIN 1055-100: 2001, Abschn.9)

Grenzzustände der Tragfähigkeit	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit
- Verlust der Lagesicherheit, durch Kippen, Gleiten, Abheben, Auftrieb	- unzulässige Verformungen infolge Biegung, Verdrehung oder Baugrundsetzungen
- allgemeiner Verlust der Stabilität	- unzulässige Schwingungen
- Verlust der Festigkeit durch Bruch beliebiger Art, Übergang in eine kinematische Kette (kinematisch veränderliches System) oder Gleiten	- unzulässige Lageänderungen (Verschiebungen, Richtung, Länge und Weite von unzulässigen Rissen)
- Verlust der Gebrauchstauglichkeit (infolge plastischer Verformungen, Gleiten in Verbindungen, Erweiterung von Rissen)	- Schäden, die die Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit nachteilig beeinflussen
- Versagen des Tragwerkes durch Materialermüdung oder andere zeitabhängige Auswirkungen	- sichtbare Schäden durch Materialermüdung oder andere zeitabhängige Auswirkungen

4. Charakteristische Werte für Einwirkungen und 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 für Einwirkungen** F_k können beschrieben werden als:

- Mittelwert
- oberer oder unterer Wert
- Nennwert

Für die **ständigen Einwirkungen** G (z. B. Eigengewicht) gilt i. Allg.. als grundlegender Quantilwert der Mittelwert, wenn die Variationsbreite $V_G \leq 0,1$ ist. Die Eigenlast wird dann aus dem Mittelwert der Wichte und den Geometriewerten des Bauteils berechnet.

Ist jedoch bei den ständigen Einwirkungen die Variationsbreite $V_G \geq 0,1$, so gelten für die Ermittlung oberer ($G_{k,sup}$) und unterer ($G_{k,inf}$) Werte. Der obere Wert ist dann als 95%-Quantilwert und der untere Wert als 5%-Quantilwert festgelegt. Auch wenn $V_G \leq 0,1$, das Tragwerk aber empfindlich gegen Änderung der ständigen Einwirkung ist, so ist die ständige Einwirkung mit $G_{k,sup}$ bzw. $G_{k,inf}$ zu ermitteln.

Für **Einwirkungen aus Erddruck und Wasserdruck** ist der rechnerische Maximalwert wie eine ständige Einwirkung anzusetzen.

Für die **veränderlichen Einwirkungen** Q (z. B. Verkehrs-, Schnee- oder Windlast) sind die charakteristischen Werte obere Werte, die während der festgelegten Wirkungsdauer mit vorgegebener Wahrscheinlichkeit nicht überschritten werden. Weiterhin darf der charakteristische Wert in 50 Jahren nicht häufiger als einmal erreicht oder überschritten werden.

Für zeitabhängige veränderliche Einwirkungen gilt als charakteristischer Wert der 98%-Quantilwert, d.h. der Wert darf mit einer Wahrscheinlichkeit von 98% während einer Bezugsdauer nicht unterschritten werden.

Ist die statistische Verteilung der Einwirkung nicht bekannt, so wird der Nennwert festgelegt.

Für **außergewöhnliche Einwirkungen und seismische Einwirkungen** gelten i Allg.. keine charakteristischen Werte, sondern definierte Bemessungswerte.

Die **charakteristischen Werte der Baustoffeigenschaften** X_k sind statistische Werte aus normierten Versuchen. Als charakteristische Werte der Baustoffeigenschaft gelten bestimmte Quantilwerte einer angenommenen statistischen Verteilung. Die charakteristischen Festigkeits- und Tragfähigkeitswerte sind als 5%-Quantilwert der Grundgesamtheit definiert, und zwar bezogen auf vereinheitlichte Versuchsdurchführungen bei einer Einwirkungsdauer der im Versuch festgelegten Beanspruchung von 300 s bei Testbedingungen mit einer Temperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte von 65 %.

Die charakteristischen Steifigkeitswerte sind als 5%-Quantilwert (benötigt für Grenzzustand der Tragfähigkeit) oder als Mittelwert (50%-Quantilwert, benötigt für Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit) unter Beachtung der obigen Testbedingungen definiert.

5. Einwirkungen

Es werden **direkte** oder **indirekte** bzw. **räumlich veränderliche** Einwirkungen unterschieden (Tab. 2).

Äußere Kräfte und Lasten aktivieren direkt den Bauteilwiderstand und beeinflussen so die Schnittgrößen des Bauwerkes. Indirekte Einwirkungen sind Einflüsse, die Zwangungen im Bauwerk hervorrufen, die je nach Verformungsbehinderung und Steifigkeit weitere Schnittgrößen verursachen können.

Tabelle 2 Unterteilung der Einwirkungen

Wirkung auf die Schnittgrößen eines Tragwerkes	Art der Einwirkung
direkt	Kräfte
	Lasten
indirekt	aufgezwungene oder behinderte Verformung, wie z. B. Setzungen, Quellen / Schwinden

Aufgrund des stochastischen Charakters werden nach der zeitlichen Veränderlichkeit die Einwirkungen in drei Gruppen klassifiziert (Tab. 3). Die räumliche Veränderlichkeit wird durch ortsfeste und ortsveränderliche Einwirkungen charakterisiert.

Tabelle 3 Klassifizierung der Einwirkungen nach ihrer zeitlichen und räumlichen Veränderlichkeit (n. DIN 1055-100: 2001, Abschn. 11)

zeitliche Veränderlichkeit	Beispiele
ständige (G) (Einwirkungen)	- Eigenlast von Tragwerken - Ausrüstungen - feste Einbauten - haustechnische Anlagen - Vorspannung
veränderliche (Q) (Einwirkungen)	- Einwirkungen langer Dauer: z.B. Nutzlasten - Einwirkungen mittlerer Dauer: z.B. Verkehrslasten auf Decken - Einwirkungen kurzer Dauer: z.B. Windlasten oder Schneelasten - Einwirkungen sehr kurzer Dauer, z.B. Explosion oder Anprall von Fahrzeugen
außergewöhnliche (A) (Einwirkungen)	- Brand - Erdbeben - Explosion - Anprall von Fahrzeugen

räumliche Veränderlichkeit	Beispiele
ortsfeste (Einwirkungen)	- Eigenlast
ortsveränderliche (Einwirkungen)	- Verkehrslasten - Windlasten - Schneelasten

Für die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit werden je nach Einwirkungsdauer 5 Klassen der **Lasteinwirkungsdauer** unterschieden (s. Tabelle 4). Dies steht im Zusammenhang mit den Eigenschaften des Baustoffes Holz. Die Festigkeit von Holz ist von der Einwirkungsdauer der Beanspruchung abhängig. In der noch gültigen DIN 1052, 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.

Für die Anwendung der DIN 1052neu enthält Tabelle 5 die Zuordnung der in der DIN 1055 genormten Einwirkungen zur Wirkungsdauer.

Tabelle 4 Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1052: 2001, Abschnitt 7.1.2

Klasse KLED	akkumulierte Dauer der charakteristischen Lasteinwirkung	Beispiele für Lasten gemäß DIN 1052: 2001, Abschn. 7.1.2 (weitere Zuordnungen siehe Tabelle 5)
ständig ²⁾	länger als 10 Jahre	Eigenlasten von Tragwerken, Ausrüstungen, festen Einbauten und haustechnischen Anlagen
lang	6 Monate bis 10 Jahre	Nutzlasten in Lagerhäusern
mittel ¹⁾	1 Woche bis 6 Monate	Verkehrslasten auf Decken, Schnee
kurz	kürzer als 1 Woche	Wind, Schnee
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.

Tabelle 5 Einteilung der Einwirkungen nach DIN 1055-1: 1978-07 und -3:1971-06 bis -5:1975-06, E DIN 1055-9:2000-03 und DIN 1055-100 in die Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED)

Einwirkung	KLED
Eigenlasten nach DIN 1055-1:1978-07	ständig
Lotrechte Nutzlasten für Decken, Treppen und Balkone nach DIN 1055-3:1971- 06	
A Wohnflächen	mittel
B Büroflächen	mittel
C Flächen, die der Ansammlung von Personen dienen können (mit Ausnahme von unter A, B, D und E festgelegten Kategorien)	kurz
D Ladenflächen	mittel
E Fabriken und Werkstätten, Ställe, Flächen, auf denen Anhäufungen von Gütern stattfinden können, und deren Zugänge	lang
F Balkone	kurz
G Treppen	mittel
H nicht begehbare Dächer, außer für übliche Erhaltungsmaßnahmen, Reparaturen	kurz
J Verkehrs- und Parkflächen für leichte Fahrzeuge (Gesamtlast: ≤ 30 kN)	mittel
K Flächen für den Betrieb mit Gegengewichtsstaplern	mittel
L Hubschrauber-Regellasten	kurz
Horizontale Nutzlasten nach DIN 1055-3: 1971- 06	
A Horizontale Nutzlasten infolge von Personen auf Brüstungen, Geländern und anderen Konstruktionen, die als Absperrung dienen	kurz
B Horizontallasten zu Erzielung einer ausreichenden Längs- und Quersteifigkeit	Entsprechend den zugehörigen Lasten
C Horizontallasten für Hubschrauberlandeplätze auf Dachdecken, für horizontale Nutzlasten, für den Überrollschutz	kurz sehr kurz
Windlasten nach DIN 1055-4:1987-08	kurz
Schneelast und Eislast nach DIN 1055-5:1975-06	
Geländehöhe des Bauwerkstandortes über NN ≤ 1000 m	kurz
Geländehöhe des Bauwerkstandortes über NN > 1000 m	mittel
Anpralllasten nach E DIN 1055-9:2000-03	sehr kurz
Horizontallasten aus Kran- und Maschinenbetrieb nach E DIN 1055-100:2001	kurz

6. Charakteristische Werte und Bemessungswerte der Einwirkungen

Den Bemessungswert einer Einwirkung (F_d) erhält man aus dem Produkt des charakteristischen Wertes F_k und dem Teilsicherheitsfaktor γ_f . Die charakteristischen Werte F_k werden zukünftig im EC 1 definiert.

Als charakteristische Werte der Einwirkungen gelten vorerst die Werte der DIN 1055. Weiterhin können diese in bauaufsichtlichen Ergänzungen und Richtlinien festgelegt sein. Werte, die nicht in der DIN 1055 oder in bauaufsichtlichen Richtlinien enthalten sind, müssen in Zusammenarbeit mit den zuständigen Bauaufsichtsbehörden festgelegt werden.

Ständige Einwirkungen sind i. Allg. . durch einen charakteristischen Wert (G_k) definiert, der aus den Nennmaßen des Tragwerkes und der mittleren Dichte des Stoffes errechenbar ist.

In Ausnahmefällen ($V_G > 0,1$) kann es angebracht sein, die ständige Einwirkung in ihrer möglichen Schwankungsbreite (d. h. ein unterer charakteristischer Wert = $G_{k,sup}$ oder ein oberer charakteristischer Wert = $G_{k,inf}$) zu berücksichtigen. Der Bemessungswert der ständigen Einwirkung ergibt sich dann zu

$$G_{d,sup} = \gamma_{G,sup} \cdot G_k \quad \text{n. DIN 1055-100, A.9.5, Gl(18)}$$

$$G_{d,inf} = \gamma_{G,inf} \cdot G_k \quad \text{n. DIN 1055-100, A.9.5, Gl(19)}$$

Die veränderlichen Einwirkungen sind den einschlägigen Vorschriften zu entnehmen (zur Zeit nur DIN 1055) und diese sind ebenfalls i. Allg.. durch einen charakteristischen Wert (Q_k) definiert. Definiert ist der charakteristische Wert als in den Lastnormen angegebener oberer Wert, der während der Wirkungsdauer mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird. Müssen Schwankungen über eine bestimmte Nutzungsdauer berücksichtigt werden, wird auch hier ein unterer (k_{sup}) und oberer ($Q_{k,inf}$) charakteristischer Wert festgelegt.

Außergewöhnliche Einwirkungen werden i. Allg. durch einen festgelegten charakteristischen Wert (A_k) definiert.

Repräsentative Werte für veränderliche Einwirkungen

Zur Bildung des maßgebenden Lastfalls in der jeweiligen Bemessungssituation sind die veränderlichen Einwirkungen in ihrer ungünstigsten Wirkung (Laststellung) zu berücksichtigen. Dies geschieht häufig durch die Bildung von Lastfallkombinationen (s. auch Abschnitt 7). Dafür werden sogenannte repräsentative Werte der Einwirkungen gebildet. Zum einen ist der charakteristische Wert ($Q_{k,i}$) der wichtigste repräsentative Wert. Weitere repräsentative Werte ergeben sich aus dem Produkt des charakteristischen Wertes ($Q_{k,i}$) und dem Kombinationsbeiwert ψ_i . Man unterscheidet dann

$$\text{Kombinationsbeiwert} \quad \psi_0 \cdot Q_k$$

$$\text{häufiger Wert} \quad \psi_1 \cdot Q_k$$

$$\text{quasi-ständiger Wert} \quad \psi_2 \cdot Q_k$$

Bemessungswerte der Einwirkungen

Den Bemessungswert der Einwirkungen F_d erhält man aus dem Produkt des repräsentativen Wertes F_{rep} mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_F .

$$F_d = \gamma_F \cdot F_{rep}$$

Je nach betrachtetem Grenzzustand und Kombination der Einwirkungen ergeben sich die Bemessungswerte für bestimmte Einwirkungen.

$$G_d = \gamma_G \cdot G_k \text{ oder } G_k$$

$$Q_d = \gamma_Q \cdot Q_k, \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k, \gamma_Q \cdot \psi_1 \cdot Q_k, \gamma_Q \cdot \psi_2 \cdot Q_k \text{ oder } Q_k$$

$$A_d = A_k$$

Einwirkungen auf Tragwerke aktivieren Beanspruchungen, für die die Bemessungswerte der Beanspruchung E_d analog der Berechnung der Bemessungswerte der Einwirkung erfolgt, wobei die aus dem Bemessungswerten der Einwirkung F_d , der geometrischen Größen a_d und - wenn erforderlich - aus den Baustoffeigenschaften X_d zu errechnen sind:

$$E_d = E(F_{d,1}, F_{d,2}, \dots, a_{d,1}, a_{d,2}, X_{d,1}, X_{d,2}) \quad \text{n. DIN 1055-100, A. 8.5 Gl(6)}$$

Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen γ_F bei verschiedenen Bemessungssituationen

Für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation enthält Tabelle 6 die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F . Für außergewöhnliche Bemessungssituationen ist $\gamma_F = 1,0$ für ungünstige veränderliche Einwirkungen.

Tabelle 6 Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für Einwirkungen in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen¹⁾ (siehe DIN 1055-100, Abschnitt 11.3, Tabelle 6)

	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 und veränderliche Einwirkungen $\gamma_{QA} = 1,0$.

Erst, wenn eine zweite veränderliche Last zu berücksichtigen ist, kommt bei der Berechnung der Einwirkung der Kombinationsbeiwert ψ_i zur Anwendung. Dieser reduziert i. Allg. den Bemessungswert, weil die Wahrscheinlichkeit, dass mehrere veränderliche Einwirkungen in extremer Intensität gleichzeitig auftreten, relativ gering ist.

Die Kombinationsbeiwerte ψ_i sind in Tabelle 7 enthalten.

Tabelle 7 Kombinationsbeiwerte ψ_0, ψ_1, ψ_2 für Einwirkungen nach DIN 1055-100: 2001, Abschnitt 11.4, Tabelle 5

Einwirkung	Kombinationsbeiwert		
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nutzlasten für Hochbauten^{1) 5)}			
<i>Kategorie A - Wohn- und Aufenthaltsräume</i>	0,7	0,5	0,3
<i>Kategorie B - Büros</i>	0,7	0,5	0,3
<i>Kategorie C - Versammlungsräume</i>	0,7	0,7	0,6
<i>Kategorie D - Verkaufsräume</i>	0,7	0,7	0,6
<i>Kategorie E - Lagerräume</i>	1,0	0,9	0,8
Verkehrslasten für Hochbauten			
<i>Kategorie F - Fahrzeuggewicht $\leq 30 \text{ kN}$</i>	0,7	0,7	0,6
<i>Kategorie G - $30 \text{ kN} < \text{Fahrzeuggew.} \leq 160 \text{ kN}$</i>	0,7	0,5	0,3
<i>Kategorie H - Dächer</i>	0,0	0,0	0,0
<i>Windlasten für Hochbauten</i>	0,6 ²⁾	0,5 ²⁾	0,0 ²⁾
<i>Schneelasten</i>	0,6 ²⁾	0,2 ²⁾	0,0 ²⁾
<i>Temperatureinwirkungen (nicht Brand) für Hochbauten³⁾</i>	0,6 ²⁾	0,5 ²⁾	0,0 ²⁾
<i>Baugrundsetzungen</i>	1,0	1,0	1,0
<i>sonstige Einwirkungen⁴⁾</i>	0,8	0,7	0,5

¹⁾ Abminderungswerte für Nutzlasten in mehrgeschossigen Hochbauten siehe DIN 1055-3

²⁾ Abänderungen für unterschiedliche geografische Gegenden können erforderlich sein

³⁾ Siehe DIN 1055-7

⁴⁾ ψ -Beiwerte für unabhängige Einwirkungen infolge von Erd- oder Wasserdruck sind standortbedingt festzulegen, oder es gilt 11.1 (3)

⁵⁾ ψ -Beiwerte für Maschinenlasten sind betriebsbedingt festzulegen

7. Kombination der Einwirkungen

In Abhängigkeit von der Art des Grenzzustandes und der Anzahl der pro Lastfall zu berücksichtigenden Einwirkungen gelten Kombinationsregeln, die zu beachten sind (s. Tab. 8).

Neben der allgemeinen Grundregel dürfen auch zwei vereinfachte Kombinationsregeln genutzt werden. Der jeweils größte Werte aller Kombinationen ist maßgebend. Die vereinfachte Berechnung eignet sich vor allem bei mehreren veränderlichen Einwirkungen, bei denen die größte veränderliche Einwirkung sehr viel größer ist als die anderen (i. Allg. bei $Q_{k,i}/Q_{k,i} > 5$).

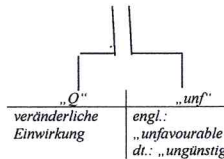
Tabelle 8: Regeln zur Kombination der Einwirkungen zur Ermittlung der Bemessungswerte E_d der Beanspruchungen n. DIN 1055-100:2001, Abschnitte 9, 10 und Anhang A.4 (ohne Vorspannung)

Bemessungssituation	ständige Einwirkung	veränderliche Einwirkungen	
		eine (vorherrschende)	alle anderen
Grenzzustand der Tragfähigkeit Grundregel ¹⁾ n. DIN 1055-100, Abschn. 9.4, Gleichung (14)	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus$	$\cdot \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus$	$\sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i}$
außergewöhnliche Bemessungssituation ⁵⁾ n. DIN 1055-100, Abschn. 9.4, Gleichung (15)	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} \oplus A_d \oplus$ $\sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$		$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \oplus$
vereinfachte Regeln für den Hochbau ²⁾ 1. Grundkombination n. DIN 1055-100, Anhang A.4, Gleichung (A.5) 2. außergewöhnliche Kombination n. DIN 1055-100, Anhang A.4, Gleichung (A.6)	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + 1,50 \left[Q_{k,1}^{(3)} + \right.$ $\left. \psi_{0,Q}^{(4)} \cdot \sum_{i \geq 1} Q_{k,i} \right]$		$\psi_{0,Q}^{(4)} \cdot \sum_{i \geq 1} Q_{k,i}$
Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit charakteristische (seltene) Kombination n. DIN 1055, Abschn. 10.4, Gleichung (22)	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus$	$Q_{k,1}^{(3)} \oplus$	$\sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$
quasi-ständige Kombination n. DIN 1055, Abschn. 10.4, Gleichung (24)	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus$		$\sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

⊕ → „in Kombination mit“
 1) ständige und vorübergehende Bemessungssituation
 2) nur bei linear-elastischer Schnittgrößenermittlung
 3) $Q_{k,1}$ ist die vorherrschende, also die am ungünstigsten wirkende Beanspruchung
 4) der bauwerksbezogene Größtwert ψ_0 bzw. ψ_1 nach Tab. 4.4-2
 5) sofern nicht anders angegeben, ist $\gamma_{GA} = 1,0$

DIN 1055-100, Abschn. 9, 10 und Anhang A

repräsentative Einwirkung:
 Q_{unf}



Zusammenfassung aller ungünstig wirkenden, veränderlichen Beanspruchungen zu einer einzigen, genügend genau repräsentativen Einwirkung.

Es kann in der Regel nicht automatisch geschlussfolgert werden, dass der maximale Wert der charakteristischen Einwirkungen auch die tatsächlich vorhandene größte Beanspruchung des zu untersuchenden Tragwerkes darstellt, da die Widerstandsgrößen des Materials maßgeblich

von der Klasse der Lasteinwirkungsdauer abhängig sind. Letztlich gibt nur der Vergleichswert E_d/k_{mod} als Bemessungswert der einzelnen Beanspruchungen (innere Kraft, Momente und Spannungen) Aufschluss über die maßgebende Beanspruchung des zu untersuchenden Bauteils.

z.B. bei Annahme eines sehr schweren Flachdaches:

Last auf einen Sparren:

$$g=2,0 \text{ kN/m; } s=0,75 \text{ kN/m}$$

$$\text{LFK 1 (g): } 1,35 \cdot 2,0 = 2,70 \text{ kN/m}$$

$$\text{LFK 2 (g+s): } 1,35 \cdot 2,0 + 1,5 \cdot 0,75 = 3,83 \text{ kN/m}$$

Vergleichswert E_d/k_{mod} :

$$\text{LFK 1: } \rightarrow 2,70/0,6 = 4,50$$

Vergleichswert E_d/k_{mod} :

$$\text{LFK 2: } \rightarrow 3,83/0,9 = 4,25 < 4,50$$

Fazit: Durch die unterschiedlichen Modifikationsbeiwerte entsteht die größte Beanspruchung in der LFK 1, obwohl die LFK 2 betragsmäßig den größeren Last-Wert liefert!

Für einfache Tragwerke und gleichartige Einwirkungen (z. B. nur Linienlasten) ist ein Vergleich der Einwirkungskombinationen unter Beachtung des zugehörigen Modifikationsfaktors k_{mod} sinnvoll. In allen anderen Fällen bietet es sich an, zuerst die Schnittgrößen der einzelnen Lastarten (Eigengewicht, Schnee, Verkehr, Wind usw.) zu ermitteln und im Folgenden zu überlagern.

8. Nutzungsklassen

Holzbaustoffe haben die Eigenschaften, Feuchte aus der sie umgebenden Umwelt aufzunehmen oder auch abzugeben. Je nach Klimaverhältnissen und Einbauzustand stellt sich ein hygroskopisches Gleichgewicht ein. Die sich einstellende Holzfeuchte beeinflusst jedoch die technischen Eigenschaften des Holzes (zum Beispiel nimmt die Festigkeit, der Elastizitätsmodul oder auch die Tragfähigkeit einer Holzbaueinbindung mit zunehmender Holzfeuchte ab).

Deshalb müssen für Holzbaueinbindungen **Nutzungsklassen** definiert werden, die die klimatischen Verhältnisse der Umgebung des Bauwerkes während seiner Lebensdauer kennzeichnen. Sie sind hauptsächlich zur Modifikation von Festigkeits- und Tragfähigkeitswerten und zur Berechnung von Verformungen unter festgelegten Umweltbedingungen notwendig. In Tabelle 9 (n. E DIN 1052, Abschn. 7.1.1) werden drei Nutzungsklassen festgelegt, die mit der Klassifizierung der alten Norm übereinstimmen.

Tabelle 9 Nutzungsklassen zur Berücksichtigung des Einflusses der klimatischen Verhältnisse auf die Baustoffeigenschaften (s. E DIN 1052, Abschn. 7.1.1)

Nutzungs-klasse	Gleich-gewichts-feuchte u des Holzes ¹⁾ (Wert ²⁾	Umgebungsklima	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. Tabelle 3 in Anlage M in den meisten Nadelhölzern nicht überschritten wird
 2) für Holz und holzhaltige Werkstoffe enthält die Tabelle 3 in Anlage M Bereichsangaben - (...) - Wert
 3) in Ausnahmefällen auch Nutzungsklasse 3 möglich

Auch in der bisherigen DIN 1052 waren Abminderungswerte für die zulässigen Festigkeiten und Tragfähigkeiten festgelegt. Bei Nutzungsklasse 3 betrug der Abminderungsfaktor 0,83. Bei Bauteilen, die dauernd im Wasser stehen waren die zulässigen Werte um den Faktor 0,67 zu vermindern.

9. Modifikationsbeiwert k_{mod}

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

Bei Lastkombinationen mit Einwirkungen, die zu unterschiedlichen Klassen der Lasteinwirkungsdauer gehören, wird die Einwirkung mit der kürzesten Dauer maßgebend (siehe DIN 1052, Abschnitt 7.1.3).

10. Bemessungswert der Baustoffeigenschaft und des Tragwiderstandes X_d

Den **Bemessungswert der Festigkeitseigenschaft X_d** erhält man aus:

$$X_d = \frac{X_k}{\gamma_M} \cdot k_{mod} \quad \text{n. DIN 1052, Abschn. 5.2 GL (1)}$$

mit

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

γ_M = Teilsicherheitsbeiwert für die Festigkeitseigenschaft

k_{mod} = Modifikationsbeiwert zur Berücksichtigung des Einflusses der Lasteinwirkungsdauer und der Holzfeuchte auf die Baustoffeigenschaft (s. z. B. Bild 2).

Für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation enthält die Norm gleiche Teilsicherheitsbeiwerte γ_M (s. Tabelle 10). Für die außergewöhnliche Bemessungssituation ist $\gamma_M = 1,0$. Beim Nachweis der Stahlteile gelten die Teilsicherheitsbeiwerte der DIN 18800-1.

Tabelle 10 Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Festigkeitseigenschaften für die Bildung der Bemessungswerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit n. DIN 1052, Abschnitt 5.3, Tab. 1

Baustoffart	Grenzzustand der Tragfähigkeit		Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ²⁾
	ständige und vorübergehende Bemessungssituation	außergewöhnliche Bemessungssituation	
Bauholz und Holzwerkstoffe	1,3	1,0	1,0
Stahl in Holzverbindungen ¹⁾ Beanspruchung auf Biegung	1,1		
Auf Zug oder Abscheren beanspruchte Teile beim Nachweis gegen die Streckgrenze im Nettoquerschnitt	1,25		

¹⁾ siehe auch DIN 18800-1
²⁾ sofern nichts anderes festgelegt ist (siehe DIN 1052, A 3.6.2.)

Die charakteristischen Werte der Baustoffeigenschaften sind statistische Werte aus normierten Versuchen. Die genormten charakteristischen Baustoffkennwerte für Vollholz, Brettschichtholz, Sperrholz, Spanplatten, OSB - Platten und Faserplatten sind mit den Begleitvorschriften (wie z. B. Holzartenverwendung, Sortierung, Querschnittsaufbau, materialabhängige Verwendung) im Anhang M zur DIN 1052 geregelt.

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

In der DIN 1052 neu sind charakteristische Werte für Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtewerte für folgende Werkstoffe enthalten:

- Baustoffe aus Vollholz
- Vollholz aus Nadel- und Laubhölzern
- Brettschichtholz aus Nadelhölzern
- Baustoffe aus Holzwerkstoffen
- Baufurniersperrholz
- OSB- Platten
- Kunstharzgebundene Spanplatten
- Zementgebundene Holzspanplatten
- Holzfaserplatten
- Gipskartonplatten

Die charakteristischen Festigkeitseigenschaften von Vollholz und Brettschichtholz sind nach Festigkeitsklassen gruppiert.

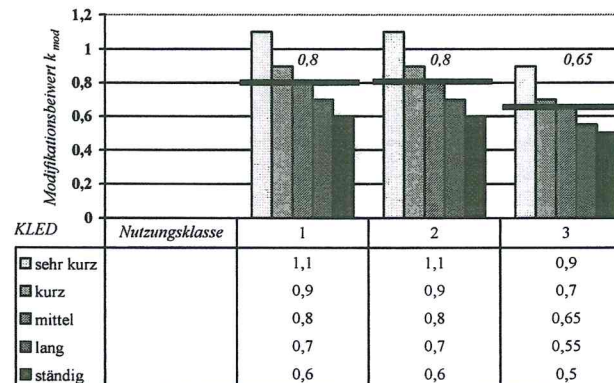
Ihre Zuordnung zu den einzelnen Klassen erfolgt nach der Herkunft des Holzes sowie der Sortiermethode (visuell oder maschinell sortiert) und bei Brettschichtholz auch nach dem Querschnittsaufbau (homogenes Brettschichtholz = Alle Brettlagen entsprechen einer Festigkeitsklasse; kombiniertes Brettschichtholz = die äußeren Brettlagen im Bereich 1/6 der Trägerhöhe an beiden Seiten und die inneren Brettlagen entsprechen unterschiedlichen Festigkeitsklassen).

Die Anforderungen an die Holzwerkstoffe mit den in der DIN 1052, Anhang M ausgewiesenen Festigkeitseigenschaften sind in europäischen oder noch deutschen Begleitnormen geregelt.

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

Das Bild 2 zeigt die Modifikationsbeiwerte k_{mod} am Beispiel der in der DIN 1052 neu geregelten Holzbaustoffe Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz, Furnierschichtholz, Brettsperrholz und Baufurniersperrholz in Abhängigkeit von der Nutzungsklasse (d.h. Feuchtebeanspruchung) und der Lastwirkungsdauer. Die Werte für die in der Praxis häufig vorkommenden Lastwirkungsdauer „mittel“ wurden in der grafischen Darstellung besonders hervorgehoben.

Bild 2 Modifikationsbeiwerte k_{mod} in Abhängigkeit von Nutzungsklasse und Klasse der Lasteinwirkungsdauer nach DIN 1052, Anlage M, Tabelle 1 für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz, Furnierschichtholz, Brettsperrholz und Baufurniersperrholz



Die Anwendung bestimmter Holzwerkstoff-Plattentypen ist von den Nutzungsbedingungen abhängig. Unter den Bedingungen der Nutzungsklasse 3 darf nur Furniersperrholz oder die zementgebundene Spanplatte eingesetzt werden.

Man erhält den Bemessungswert des Tragwiderstandes für ein Bauteil aus den Bemessungswerten der Baustoffeigenschaft, der geometrischen Größe und, sofern maßgebend, der Beanspruchungen. Es gilt:

$$R_d = R(X_d, a_d, \dots) \quad \text{n. DIN 1055-100, Abschn. 8.6 Gl(8)}$$

Man kann diesen Wert auch aus Versuchen ableiten. Dabei wird der charakteristische Wert R_k aus statistisch abgesicherten Versuchen durch Division mit einem Teilsicherheitsbeiwert (γ_R) bestimmt ($R_d = R_k / \gamma_R$). Die aus Versuchen abgeleiteten Bauteilwiderstände bedürfen der Zustimmung der zuständigen Bauaufsichtsbehörde.

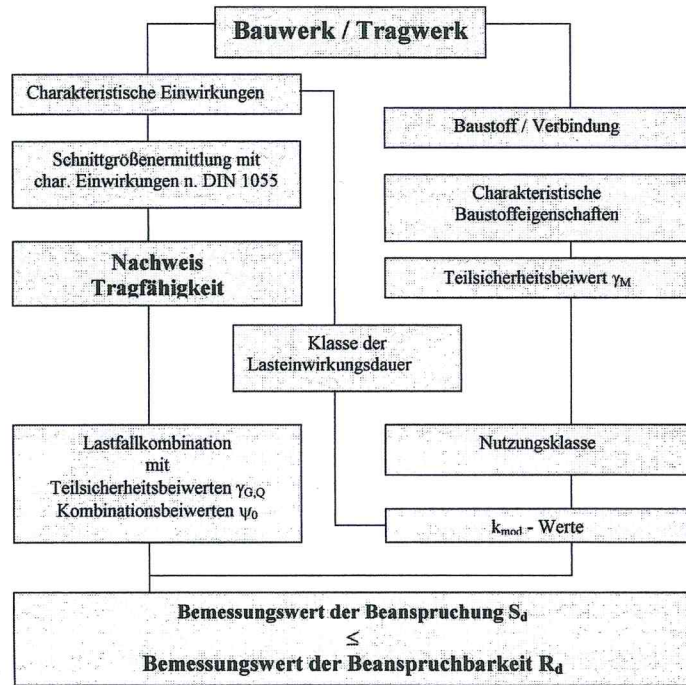
Die geometrischen Größen sind Nennwerte mit $a_d = a_{nom}$. Dies gilt für eine Holzfeuchte von 20% (s. DIN 1052, Abschnitt 7.2.3 (3))

11. Nachweis der Tragfähigkeit / Standsicherheit

Die Standsicherheit 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 Einwirkungen und die Bemessungswerte der Festigkeit eingeführt. Das prinzipielle Vorgehen beim rechnerischen Nachweis zeigt Bild 3.

Bild 3 Ablauf der Bemessung beim Nachweis der Tragfähigkeit in Anlehnung an [3]



12. Grenz Zustand 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 ($\gamma_F = 1,0$; $\gamma_M = 1,0$). Es gilt die Gleichung

$$E_d \leq C_d$$

E_d Bemessungswert der Einwirkungen
 C_d für die Bemessung maßgebender Nennwert, z. B. Grenzwert der Durchbiegung oder Wert der Grundschwingung bei Decken

12.1 Kombination der Einwirkungen (siehe auch Tabelle 8)

Es sind die folgenden Kombinationen zu untersuchen:

1. charakteristische (seltene) Kombination

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

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 Tragwerkes. Erfasst werden alle charakteristischen ständigen Einwirkungen und die dauerhaft wirkenden veränderlichen Einwirkungen mit ihren repräsentativen Werten $\psi_2 \cdot Q_k$.

12.2. Durchbiegungsgrenzwerte

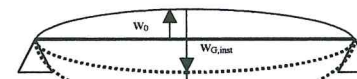
Der Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte (s. Tabelle 11) ist nicht mehr zwingend vorgeschrieben. Der Tragwerksplaner kann ihn dort führen, wo er ihn für notwendig hält, was allerdings eine entsprechende Erfahrung voraussetzt.

Definiert werden nach Bild 4 drei Durchbiegungsanteile. Die Gesamtdurchbiegung setzt sich zusammen aus den Werten infolge ständiger und veränderlicher Einwirkung minus der geplanten Überhöhung:

Bild 4: Anteile der Durchbiegung eines Biegeträgers in Anlehnung an E DIN 1052, Abschn. 9.3

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

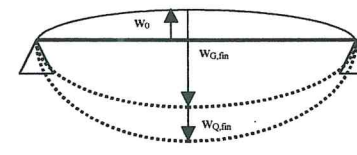
Anfangsdurchbiegung zum Zeitpunkt $t \rightarrow 0$



- 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

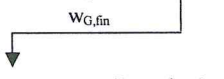
Relaxation
(Kriechen)

Enddurchbiegung zum Zeitpunkt $t \rightarrow \infty$



$$w_{fin} - w_0$$

Tabelle 11 Grenzwerte der Durchbiegung ¹⁾ (n. E DIN 1052, Abschn. 9.3)

Durchbiegung	Grenzwert ²⁾	Kragträger
Durchbiegung in der charakteristischen (seltenen) Bemessungssituation		
elastische Anfangsdurchbiegung aus veränderlicher Einwirkung $w_{Q,inst}$	$< l/300$	$\leq l_k/150$
Enddurchbiegung „minus“ elastische Anfangsdurchbiegung aus Eigenlast $w_{fin} - w_{G,inst}$	$\leq l/200$	$\leq l_k/100$
$\{ w_{fin} = \underbrace{w_{G,inst} \cdot (1+k_{def})}_{w_{G,fin}} + w_{Q,inst}$  $w_{G,fin} = w_{G,inst} (1+\psi_2 \cdot k_{def}),$ vgl. auch DIN 1052, Abschn. 9.2 (5)		
Durchbiegung in der quasi-ständigen Bemessungssituation		
Gesamtdurchbiegung „minus“ Überhöhung $w_{fin} - w_0$	$\leq l/200$	$\leq l_k/100$

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 Gesamtsystem und Einzelstäbe zwischen den Knotenpunkten

12.3. Schwingungsgrenzwerte

Schwingungen können die Funktionsfähigkeit eines Bauwerkes oder Bauteiles beeinflussen. Deshalb fordert z.B. der EC 5, Teil 1-1 in Abschn. 4.4 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.

12.3.1. Schwingungen von Maschinen

Diese sind für die ungünstigste Beanspruchungskombination von ständiger und veränderlicher Last zu begrenzen. Das zulässige Niveau von maschineninduzierten Deckenschwingungen kann ISO 2631-2 (aus Bild 5c der ISO-Norm) entnommen werden. Als Multiplikationsfaktor ist 1 anzunehmen.

12.3.2. Schwingungen von Wohnungsdecken

Als Frequenzkriterium unterscheidet der EC 5 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 (n. [3] ≥ 6 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. Während der erste Nachweis eine ausreichende Steifigkeit bei niederfrequenten Belastungen sichert, wird mit dem zweiten Nachweis eine ausreichende Masse gegenüber impulsartiger Belastung nachgewiesen. Da die Eigenfrequenzberechnung in Eurocode 5 auf Einfeldträger ausgerichtet ist, wird in [3] die Nachweisführung auf den Zweifeldträger ausgerichtet. Außerdem wird aus baupraktischen Gründen empfohlen, das Nachweisverfahren auf Decken mit $f_1 > 6$ Hz auszuweiten.

Die DIN 1052 enthält hierzu keine differenzierten Festlegungen. Es ist allerdings festgelegt, dass, wenn kein genauerer Nachweis geführt wird, die Durchbiegung bei Decken in Wohngebäuden am Einfeldträger ermittelt, auf $w_{G,inst} = 5$ mm zu begrenzen ist. Damit wird eine Eigenfrequenz von mindestens 8 Hz sichergestellt:

$$w_{G,inst} = 5\text{mm} \cong 8\text{Hz, da } f_0 = \frac{5}{\sqrt{\alpha \cdot w}} [\text{Hz}] \text{ (mit } \alpha=0,8 \text{ für Einfeldträger, } w \text{ in cm)}$$

Für eine Eigenfrequenz von mindestens 6Hz wäre

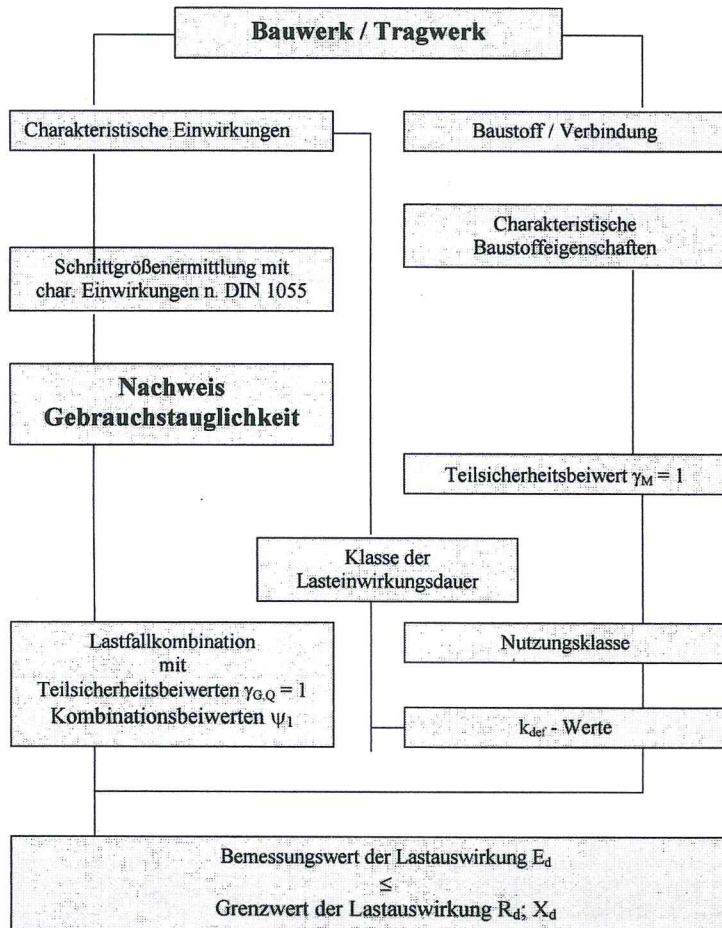
$$w_{G,inst} = 8\text{mm} \cong 6\text{Hz}$$

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.

12.4 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Den prinzipiellen Ablauf bei der Nachweisführung zeigt Bild 5

Bild 5 prinzipieller Ablauf der Nachweisführung beim Nachweis auf Gebrauchstauglichkeit in Anlehnung an [3]



12.5. Verformungsnachweis:

Die Enddurchbiegung eines Holzbauteiles wird unter Berücksichtigung des Kriechens berechnet

$$w_{fin} = w_{G,inst} \cdot (1+k_{def}) + w_{Q,fin}$$

mit $w_{Q,fin} = (1+\psi_2) \cdot k_{def}$,

w_{fin} - Endverformung

w_{inst} - elastische Anfangsverformung, berechnet aus den Mittelwerten der Steifigkeitswerte der gewählten Baustoffe

Wird hierbei die Nachgiebigkeit von Verbindungen berücksichtigt, dürfen die Rechenwerte K_{ser} n. DIN 1052, Anhang G verwendet werden.

k_{def} berücksichtigt das Materialkriechen bei ständigen Lasteinwirkungen in Abhängigkeit von der Holzfeuchte und der Lastwirkungsdauer (siehe Tabelle 12 nach E DIN 1052, Anhang F, Tabelle F 2)

Tabelle 12 Rechenwerte für die Verformungsbeiwerte k_{def} in Abhängigkeit von Nutzungskategorie für die KLED „ständig“ nach E DIN 1052, Anhang F, Tabelle F.2

Baustoffe	Nutzungskategorie		
	1	2	3
Vollholz ¹⁾ , Furnierschichtholz ²⁾ , Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Brettspertholz	0,6	0,8	2
Baufurnierspertholz und Furnierschichtholz ³⁾	0,8	1,0	2,5
kunstharzgebundene zementgebundene Holzfaserplatten ⁴⁾ (Typ HFH DIN 68754-1) (Typ HBH.LA2 DIN EN 622-2)	2,25	3,0	4,0
Holzfaserplatten (Typ HFM n. DIN 68754-1) (Typ MBH.LA2 DIN EN 622-3 und Gipskartonplatten	3,0	4,0	-
OSB – Platten	1,5	2,25	-

- 1) Die Werte für k_{def} für Vollholz, dessen Feuchte beim Einbau im Fasersättigungsbereich oder darüber liegt und im eingebauten Zustand austrocknen kann, sind um 1,0 zu erhöhen
 2) mit allen Furnieren faserparallel
 3) mit Quernurnieren
 4) nicht in der Nutzungsklasse 3 zugelassen

Anders als in der DIN 1052 (alt) ist der Einfluss des lastabhängigen Kriechens für den Eigenlastanteil 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.

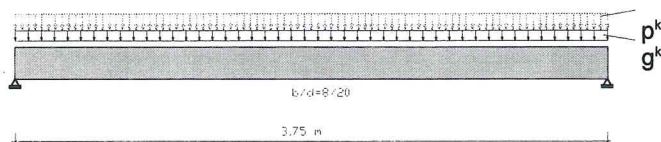
Werden Baustoffe mit unterschiedlichen Kriecheigenschaften (k_{def1} , k_{def2}) über Verbindungen gehalten, berechnet sich die Endverformung der Verbindung aus:

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

13. Beispiel: Deckenbalken

gegeben:

- Deckenbalken Konstruktionsvollholz C24 (NH S10)
 Nutzungsklasse: 1
 $b/d = 8/20$ cm
- Balkenabstand $e \leq 70$ cm
- Stützweite $\ell = 3,75$ m



Lastannahmen

•ständige Last (gemäß DIN 1055-1:1978-07)

Fußbodenbelag 15 mm	[geschätzt]	$\approx 0,05$ kN/m ²
Estrich 50 mm	[22,0 kN/m ² · 0,05 m]	$\approx 1,10$ kN/m ²
Trittschalldämmung 40 mm	[1,0 kN/m ³ · 0,04 m]	$= 0,04$ kN/m ²
OSB-Platte 22 mm	[7,5 kN/m ³ · 0,022 m]	$\approx 0,17$ kN/m ²
Lattung	[geschätzt]	$\approx 0,05$ kN/m ²
Dämmung 20 cm	[1,0 kN/m ³ · 0,20 m]	$\approx 0,20$ kN/m ²
GKF – Platte 12,5 mm	[11,0 kN/(m ² ·cm) · 1,25 cm]	$\approx 0,14$ kN/m ²

ständige Last Deckenaufbau: $\sum g_k = 1,75$ kN/m²

•veränderliche Last (gemäß DIN 1055-3:1971-06)

Verkehr inkl. Trennwandzuschlag $\Delta p = 0,75$ kN/m²: $\sum p_k = 2,75$ kN/m²

Ermittlung der Bemessungswerte der Einwirkungen (siehe auch Abschnitt 4.4.5)

(LFK = „Lastfallkombination“)

LFK (g): $q_{d,1} = \gamma_G \cdot g_k \cdot e = 1,35 \cdot 1,75 \cdot 0,7 = 1,66$ kN/m

LFK (g+p): $q_{d,2} = (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot p_k) \cdot e = (1,35 \cdot 1,75 + 1,5 \cdot 2,75) \cdot 0,7 = 4,54$ kN/m (maßgebend)

Ermittlung der Bemessungswerte der Bauteilwiderstandsrößen für die maßgebende Lastfallkombination 2

Diese Lastfallkombination enthält die Lastfälle „Eigengewicht“ und „Verkehr“. Der LF „Verkehr“ ist in die KLED „mittel“ einzuordnen (siehe auch Tab. 4.2-6). Nach DIN 1052, Abschnitt 7.1.3 (1) ist für die LFK (Lastfallkombination) 2 die KLED mit der kürzesten Dauer maßgebend, also die KLED „mittel“. Nach Tabelle F.1 in der DIN 1052 ist der Modifikationsbeiwert für die Nutzungsklasse 1 $k_{mod} = 0,8$ (siehe auch Bild 4.4-2a). Die charakteristischen Festigkeitswerte des Nadelholzes der Festigkeitsklasse CD 24 für Schub $f_{v,k}$ und Biegung $f_{m,k}$ erhält man aus Tabelle F.5 der DIN 1052 mit $f_{v,k} = 2,7$ N/mm² und $f_{m,k} = 24$ N/mm². Der Teilsicherheitsbeiwerte γ_M ist nach Tabelle 4.4-5 $\gamma_M = 1,3$.

$f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot f_{v,k} = \frac{0,8}{1,3} \cdot 2,7$ N/mm² = 1,66 N/mm²

$f_{m,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot f_{m,k} = \frac{0,8}{1,3} \cdot 24$ N/mm² = 14,76 N/mm²

Ermittlung der Bemessungsschnittgrößen für die maßgebende Lastfallkombination 2

Lastfallkombination 2	
Querkraft V_d	$V_d = \frac{q_{d,2} \cdot \ell}{2} = \frac{4,54 \cdot 3,75}{2} = 8,51$ kN
Biegemoment M_d	$M_d = \frac{q_{d,2} \cdot \ell^2}{8} = \frac{4,54 \cdot 3,75^2}{8} = 7,98$ kNm

Ermittlung der vorhandenen Spannungen für die maßgebende Lastfallkombination 2

Lastfallkombination 2	
Schubspannung τ_d $\tau_d \approx 1,5 \cdot \frac{V_d}{A} = 1,5 \cdot \frac{8510 \text{ N}}{80 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm}} = 0,80 \text{ N/mm}^2$	
Biegespannung $\sigma_{m,d}$ $\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 7,98 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{80 \text{ mm} \cdot 200^2 \text{ mm}^2} = 14,96 \text{ N/mm}^2$	

Nachweis der Tragfähigkeit für die maßgebende Lastfallkombination 2

Lastfallkombination 2	
Schubspannungsnachweis $\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,8}{1,66} = 0,48 < 1,0$	
Biegespannungsnachweis $\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{14,96}{14,76} = 1,01 \approx 1,0$	

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

gegeben:

$$G_k = g_k \cdot e = 1,75 \cdot 0,7 = 1,23 \text{ kN/m (Eigenlastanteil)}$$

$$Q_k = p_k \cdot e = 2,75 \cdot 0,7 = 1,93 \text{ kN/m (Verkehrslastanteil)}$$

} vgl. Abschnitt 4.2.9

Vorwerte

-Flächenträgheitsmoment 2. Grades

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{80 \cdot 200^3}{12} = 5,33 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

-Elastizitätsmodul

Beim Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist mit dem Mittelwert des Elastizitätsmoduls zu rechnen,

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2 \text{ (siehe auch DIN 1052, Tabelle M.5)}$$

-
 Deformationsbeiwert k_{def}

Der Wert des Deformationsbeiwertes ist nach Tabelle M.2 DIN 1052 zu bestimmen:

Vollholz, NKL 1: $k_{def} = 0,6$

Bildung der Bemessungskombinationen

mit der charakteristischen (seltenen) Kombinationsregel:

DIN 1055-100,
 Abschn. 10.4

$\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{i,j} \cdot Q_{k,i}$ ergibt sich also:

$$G_{k,1} = 1,23 \text{ kN/m und}$$

$$Q_{k,1} = 1,93 \text{ kN/m (einzige und damit vorherrschende veränderliche Einwirkung!)}$$

mit der Regel für die quasi-ständige Kombination

$\sum G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ ergibt sich also:

$$G_{k,1} = 1,23 \text{ kN/m und}$$

$$Q_{k,1} = \psi_2 \cdot Q_{k,1} = 0,3 \cdot 1,93 \text{ kN/m} = 0,58 \text{ kN/m}$$

$\psi_2 = 0,3$ für Wohn- und Aufenthaltsräume, siehe auch Tabelle 4.4-2

Berechnung der Durchbiegungsanteile

- elastische Anfangsdurchbiegung infolge ständiger Einwirkungen (für alle Bemessungssituationen gleich)

$$w_{G,inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{G_{k,1} \cdot \ell^4}{E_{0,mean} \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,23 \text{ N/mm} \cdot 3750^4 \text{ mm}^4}{11000 \text{ N/mm}^2 \cdot 5,33 \cdot 10^7 \text{ mm}^4} = 5,4 \text{ mm}$$

- elastische Anfangsdurchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen bei charakteristischer (seltener) Bemessungssituation

$$w_{Q,inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{k,1} \cdot \ell^4}{E_{0,mean} \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,93 \text{ N/mm} \cdot 3750^4 \text{ mm}^4}{11000 \text{ N/mm}^2 \cdot 5,33 \cdot 10^7 \text{ mm}^4} = 8,5 \text{ mm}$$

- elastische Anfangsdurchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen bei quasi-ständiger Bemessungssituation

$$w_{Q,inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{k,1} \cdot \ell^4}{E_{0,mean} \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,58 \text{ N/mm} \cdot 3750^4 \text{ mm}^4}{11000 \text{ N/mm}^2 \cdot 5,33 \cdot 10^7 \text{ mm}^4} = 2,5 \text{ mm}$$

Kontrolle der Einhaltung der empfohlenen Durchbiegungsgrenzwerte gemäß Tabelle 11:

allgemeine Gleichung	mit Werten	vorhandene Durchbiegung	Grenzwert
Durchbiegung in der charakteristischen (seltenen) Bemessungssituation			
$w_{Q,inst}$	8,47 mm	8,47 mm	12,5 mm (ℓ/300)
$w_{fin} - w_{G,inst} = w_{G,inst} \cdot (1+k_{def}) + w_{Q,inst} \cdot (1+\psi_2 \cdot k_{def}) - w_{G,inst}$	5,4 mm · (1+0,6) + 8,5 mm · (1+0,3·0,6) - 5,4 mm	13,27 mm	18,75 mm (ℓ/200)
Durchbiegung in der quasi-ständigen Bemessungssituation			
$w_{fin} - w_0 = w_{G,inst} \cdot (1+k_{def}) + w_{Q,inst} \cdot (1+\psi_2 \cdot k_{def}) - w_0$	5,4 mm · (1+0,6) + 2,5 mm · (1+0,3·0,6) - 0	11,59 mm	18,75 mm (ℓ/200)

Kontrolle der Einhaltung der empfohlenen Eigenfrequenzgrenzwerte

Empfehlung nach E DIN 1052, Abschnitt 9.3 ohne genauen Nachweis, wenn $w_{G,inst} \leq 5 \text{ mm}$.
 Da jedoch vorh. $w_{G,inst} = 5,4 \text{ mm} > 5,0 \text{ mm}$ ist ein genauerer Nachweis erforderlich!

1. Eigenfrequenz

$$f_1 = \frac{\pi}{2\ell^2} \sqrt{\frac{(EI)_\ell}{\bar{m}}}$$

mit: $(EI)_\ell$ äquivalente Plattensteifigkeit in Spannrichtung [Nm²/m]
 \bar{m} Flächengewicht [kg/m²]
 ℓ Spannweite [m]

-äquivalente Plattensteifigkeit:

$$(EI)_\ell = \frac{EI_x}{e} = \frac{11 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \cdot 0,08 \text{ m} \cdot 0,20^3 \text{ m}^3}{12} = 8,38 \cdot 10^5 \text{ Nm}^2/\text{m}$$

- \bar{m} für die quasi - ständige Bemessungssituation:

$$\bar{m} = 100 \cdot (g + \psi_2 \cdot p) = 100 \cdot (1,75 \text{ kN/m}^2 + 0,3 \cdot 2,75 \text{ kN/m}^2) = 257,5 \text{ kg/m}^2$$

- 1. Eigenfrequenz

$$f_1 = \frac{\pi}{2\ell^2} \sqrt{\frac{(EI)_\ell}{\bar{m}}} = \frac{\pi}{2 \cdot 3,75^2} \sqrt{\frac{8,38 \cdot 10^5}{257,5}} = 6,37 \text{ Hz} < 8 \text{ Hz} > 6 \text{ Hz nach [3]}$$

Literatur:

- [1] Werner, G; Zimmer, K.: Holzbau Teil 1 und 2; 2. Auflage, neubearbeitet von Zimmer, K. und Lißner, K., Springer Verlag Berlin, Heidelberg 1999 (www. altbauplanung.de)
- [2] Mönck, W.; Rug, W.: Holzbau; 14. Auflage, Verlag Bauwesen, Berlin 2000; (www. holzbau- statik.de)
- [3] Colling u. a.: EC 5- Holzbauwerke, Bemessungsgrundlagen und Beispiele. Informationsdienst Holz, Holzbau- Handbuch, Reihe 2, Teil1, Folge 1 Arge Holz, Düsseldorf 1995
- [4] Blaß, H. J., Görlacher, R., Steck, G.: Hrsg.: Holzbauwerke nach Eurocode 5, Step 1-4, Arge Holz, Düsseldorf 1995
- [5] BDZ., Hrsg.: Holzbau DIN 1052 Praxishandbuch, Berlin 2004 (in Vorbereitung)



**Gesellschaft
zur Förderung des Zimmerer-
und Holzbaugewerbes mbH**

**12. Forum
Holzbau und Ausbau 2003**

**DIN 1052 -
Holzbau auf einer neuen
technischen Grundlage**

18. – 20. September 2003

Lenggries