



**HOLZBAU
DEUTSCHLAND
BUND DEUTSCHER
ZIMMERMEISTER**

im Zentralverband
des Deutschen Baugewerbes

TRAGWERKSPLANUNG GRUNDLAGEN

TECHNIK IM HOLZBAU



Vorwort

Die vorliegende 2. Auflage der Schrift „Tragwerksplanung – Grundlagen“ aus der Reihe „Technik im Holzbau“ berücksichtigt die Bemessungsnorm DIN EN 1995-1-1:2010 (Eurocode 5 bzw. EC 5). Sie ersetzt die 1. Auflage aus dem Jahr 2009 die noch auf der DIN 1052:2008 basierte. Seit dem 1. Juli 2012 ist die Anwendung sämtlicher Eurocodes verbindlich. Somit sind Holzbauwerke bundesweit nach Eurocode 5 und den zugehörigen nationalen Anhängen zu bemessen.

Die Schriftenreihe „Technik im Holzbau“ stellt Planern und Ausführenden ein Grundlagenwerk für die berufliche Praxis zur Verfügung. Sie unterstützt sie bei der fachgerechten Planung und Ausführung von Konstruktionen im Holzbau. Die Schriftenreihe ist als Beratungsunterlage und Nachschlagewerk konzipiert. Hierfür werden Fachinformationen zusammengestellt sowie Forschungsergebnisse für die praxisgerechte Anwendung aufbereitet. Grundlagen der Ausführung werden vielfach durch detaillierte Abbildungen erläutert. In der Aus- und Weiterbildung im Holzbau hat die Schriftenreihe inzwischen einen festen Platz.

Herausgeber der Schriftenreihe „Technik im Holzbau“ ist Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes. Sie wird von dem bei Holzbau Deutschland zuständigen Ausschuss Technik und Umwelt sowie unter der Mitwirkung des Holzbau Deutschland Instituts erstellt.

Berlin, Juli 2019

Holzbau Deutschland
Bund Deutscher Zimmermeister
im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes

Zimmermeister Peter Aicher

Vorsitzender Holzbau Deutschland

Zimmermeister Michael Schöck

Vorsitzender
Ausschuss Technik und Umwelt

In der Schriftenreihe „Technik im Holzbau“ sind folgende Titel erschienen:

- Arbeitshilfen Grundlagen
- Bauphysik Grundlagen
- Bauordnung und Bauaufsicht
- Technische Grundlagen
- Tragwerksplanung Grundlagen
- Aussteifungssysteme Grundlagen

Mitglieder in der Verbandsorganisation von Holzbau Deutschland können die in der Schriftenreihe „Technik im Holzbau“ erschienenen Schriften kostenlos als pdf-Dokument in der Infoline von Holzbau Deutschland (www.holzbau-deutschland.de/mitgliederbereich) abrufen. In gedruckter Fassung sind die Schriften beim Zeittechnik-Verlag erhältlich.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
Inhaltsverzeichnis	3
Formelzeichen und Fußzeiger.....	5
1 Einleitung.....	7
2 Einwirkungen und Tragwiderstand	9
2.1 Allgemeines	9
2.2 Grenzzustände und Bemessungssituationen.....	11
2.3 Einwirkungen	13
2.4 Grenzzustand der Tragfähigkeit	18
2.4.1 Charakteristische Werte der Baustoffeigenschaften	18
2.4.2 Bemessungswert einer Baustoffeigenschaft.....	19
2.4.3 Nutzungsklasse (NKL).....	20
2.4.4 Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED)	23
2.4.5 Modifikationsbeiwert k_{mod}	25
2.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	28
2.6 Statistische Gegenüberstellung von Beanspruchung und Beanspruchbarkeit.....	30
3 Lastannahmen	31
3.1 Allgemeines	31
3.2 Eigenlasten	31
3.3 Nutzlasten.....	31
3.4 Windlasten.....	32
3.5 Schneelasten	33
3.6 Lastrichtung und Lasttransformation bei geneigten Dächern	33
4 Bemessung von Tragsystemen	35
4.1 Allgemeines	35
4.2 Nachweise nach EC 5 + EC 5-NA	38
4.2.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit	38
4.2.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	45
4.3 Biegeträger	49
4.3.1 Allgemeines.....	49
4.3.2 Balken aus Vollholzprodukten.....	52
4.3.3 Brettschichtholzträger	52
4.4 Fachwerkträger	57
4.5 Stützen.....	59

4.6	Durchbrüche und Ausklinkungen	63
4.6.1	Allgemeines	63
4.6.2	Ausklinkungen.....	63
4.6.3	Durchbrüche	66
4.7	Querzugbeanspruchungen bei Anschlüssen.....	68
5	Verbindungen.....	71
5.1	Allgemeines.....	71
5.2	Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln	73
5.2.1	Allgemeines	73
5.2.2	Stiftförmige Verbindungsmittel	75
5.2.3	Konstruktive Hinweise.....	82
5.2.4	Tragfähigkeit bei Beanspruchungen rechtwinklig zur Stiftachse	88
5.2.5	Tragfähigkeit bei Beanspruchungen in Richtung der Stiftachse	95
5.3	Sonstige mechanischen Verbindungsmitteln	96
5.3.1	Dübel besonderer Bauart	96
5.3.2	Verbindungen mit Stahlblechen und Stahlblechformteilen (ingenieurmäßige Verbindungen).....	105
5.3.3	Nagelplattenverbindungen.....	108
5.4	Klebungen	109
5.5	Zimmermannsmäßige Verbindungen	112
5.5.1	Allgemeines	112
5.5.2	Kontaktanschluss	112
5.5.3	Versätze.....	114
5.5.4	Zapfenverbindungen	117
5.6	Einfluss der Nachgiebigkeit von Verbindungen	118
5.7	Beispiel: Gegenüberstellung einiger Ausführungsvarianten eines Zugstoßes	120
5.8	Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel.....	123
	Beispielberechnung: Lastannahmen und Bemessung eines Sparrens.....	125
	Abbildungsverzeichnis.....	135
	Tabellenverzeichnis.....	139
	Impressum	141

Formelzeichen und Fußzeiger

Fußzeiger (am Beispiel der Festigkeiten)

F	Festigkeit
f_m	Biegefestigkeit (moment)
f_t	Zugfestigkeit (tension)
$f_{t,0}$	Zugfestigkeit in Faserrichtung
$f_{t,90}$	Zugfestigkeit senkrecht zur Faserrichtung
f_c	Druckfestigkeit (compression)
f_v	Schubfestigkeit (vertical load)
f_R	Rollschubfestigkeit
$f_{,k}$	charakteristischer Wert
$f_{,d}$	Bemessungswert (design)

Beiwerte

γ_M	Teilsicherheitsbeiwert Material
$Y_{G,Q}$	Teilsicherheitsbeiwert Einwirkung
KLED	Klasse der Lasteinwirkungsdauer
NKL	Nutzungsklasse
k_{mod}	Modifikationsbeiwert
k_{def}	Verformungsbeiwert
ψ_0	Kombinationsbeiwert
ψ_2	Beiwert für quasi-ständigen Lastanteil

Großbuchstaben

C	Nadelholz (coniferous tree)
D	Laubholz (deciduous tree)
GL	Brettschichtholz (glue laminated); h: homogene Festigkeit (homogenous); c: kombinierte Festigkeit (combined)
E_{mean}	E-Modul (Mittelwert)
$E_{0,05}$	E-Modul (5%-Quantilwert)
G	Schubmodul
G_R	Rollschubmodul
E	Einwirkung; G: ständig Q: veränderlich
F	Kraft (Force)
R	Tragwiderstand (Resistance)
C	Gebrauchstauglichkeit
M	Moment
N	Normalkraft
V	Querkraft
W	Widerstandsmoment
I	Flächenträgheitsmoment
F_v	Verbindungsmitteltragfähigkeit auf Abscheren
F_{ax}	Verbindungsmitteltragfähigkeit auf Herausziehen

Kleinbuchstaben

a	Abstand
b	Breite
d	Durchmesser
k_c	Knickbeiwert
n_{ef}	wirksame Verbindungsmittelzahl
w_G	Verformung infolge ständiger Einwirkungen
w_Q	Verformung infolge veränderlicher Einwirkungen
w_0	Überhöhung im lastfreien Zustand
w_{inst}	Anfangsdurchbiegung
w_{creep}	Durchbiegung infolge Kriechen
w_{fin}	Enddurchbiegung

Kleinbuchstaben, griechisch

σ	Normalspannung, Längsspannung
τ	Schubspannung
ρ	Rohdichte
α	Einkel zwischen Kraft und Faserrichtung
λ	Schlankheitsgrad

1 Einleitung

Holzbauwerke sind in den meisten Bundesländern seit Juli 2012 nach DIN EN 1995 (Eurocode 5 bzw. EC 5) und den zugehörigen nationalen Anhängen zu bemessen. Die letzten Bundesländer mit abweichenden Übergangsregeln sind im Dezember 2013 gefolgt.

Der EC 5 „Bemessung und Konstruktion von Holzbauten“ besteht aus drei Teilen:

- DIN EN 1995-1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- DIN EN 1995-1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall
- DIN EN 1995-2: Brücken

Der EC 5 stellt ein Grundgerüst dar und ist daher kein vollständiger Ersatz für DIN 1052. Der EC 5 wird ergänzt durch die Nationalen Anhänge (NA). Diese enthalten national festgelegte Parameter (NDP) sowie zusätzliche, dem Eurocode nicht widersprechende Regelungen (NCI) wie beispielsweise

- Werte und / oder Klassen, für die im Eurocode Alternativen zugelassen werden, z.B. Teilsicherheitsbeiwerte, Klassen der Lasteinwirkungsdauer
- länderspezifische Angaben, z.B. Schneekarten
- Ergänzung fehlender oder unzureichend definierter Bemessungsregeln, z.B. Verstärkungen von Queranschlüssen, Ausklinkungen und Durchbrüchen

Die Inhalte der nationalen DIN 1052:2008-12, die bislang nicht im Eurocode geregelt sind, wurden im nationalen Anhang DIN EN 1995-1-1/NA aufgenommen. Festlegungen die nicht aufgenommen werden durften, wurden in DIN 1052-10 verlagert. Hierbei handelt es sich um ergänzende Anforderungen an Verbindungsmittel sowie um Festlegungen für die Ausführung und Überwachung von Klebungen bei Holztragwerken.

Der Eurocode enthält, anders als DIN 1052, keine Produktregelungen und auch keine Tabellen mit Materialkennwerten wie beispielsweise Festigkeits- oder Steifigkeitswerte. Waren die wesentlichen Materialkennwerte in DIN 1052:2008 anwenderfreundlich zusammengestellt, muss sich der Planer heute die erforderlichen Werte aus diversen Normen heraussuchen.

Tabelle 1 zeigt für die wesentlichen Holzprodukte eine Zusammenstellung der zu beachtenden Normen (Deckelnormen, Produktnormen, Anwendungsnormen sowie Normen mit Bemessungswerten).

Tabelle 1: Zusammenstellung von Produktnormen

Produkt	„Deckelnorm“	Anwendungs- norm	Produktnorm	Werte für Bemessung		
Vollholz	DIN EN 14081-1	DIN 20000-5	DIN EN 14081-1	DIN EN 338		
Brettschichtholz	DIN EN 14080	DIN 20000-3	DIN EN 14080	DIN EN 14080		
Balkenschichtholz	DIN EN 14080	DIN 20000-3	DIN EN 14080 Zulassungen	DIN EN 14080 Zulassungen		
Furnierschichtholz	DIN EN 13986	DIN 20000-1	DIN EN 14374 DIN EN 14279	Zulassungen		
Sperrholz			DIN EN 636	DIN EN 12369-2		
OSB-Platten			DIN EN 300	DIN EN 12369-1		
Spanplatten			DIN EN 312	DIN EN 12369-1		
Holzfaserverleimplatten - hart - mittelhart - MDF			DIN EN 622-2 DIN EN 622-3 DIN EN 666-5	EC5/NA EC5/NA DIN EN 12369-1		
Massivholzplatten			Zulassungen DIN EN 13353	Zulassungen DIN EN 12369-3		
zementgebundene Spanplatte			Zulassungen DIN EN 634-2	Zulassungen EC5/NA		
Gipsplatten			DIN EN 520	-	DIN 18180	EC5/NA
Gipsfaserverleimplatten			DIN EN 15283-2	-	DIN EN 15283-2	Zulassungen
Stiftförmige Verbindungsmittel	DIN EN 14592	DIN 20000-6	DIN EN 14592	EC5/NA		
Nicht Stiftförmige Verbindungsmittel	DIN EN 14545	DIN 20000-6	DIN EN 14545	EC5/NA Zulassungen		
Nagelplattenbinder	DIN EN 14250	DIN 20000-4	DIN EN 14250 Zulassungen	EC5/NA Zulassungen		

Durfte nach DIN 1052 für Bauteile und Verbindungen, die offensichtlich ausreichend tragfähig und gebrauchstauglich sind, noch auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden, sind nach EC 5 i.d.R. alle tragenden Bauteile zu bemessen. Für tragende Bauteile, für die explizit andere anerkannte Regeln der Technik existieren – beispielsweise die „Vereinbarung über Dachlatten mit CE-Zeichen aus Nadelholz“ oder das Regelwerk „Handwerkliche Holztreppen“ – kann der rechnerische Nachweis entfallen.

Diese Schrift basiert auf den Regelungen der DIN EN 1995-1-1: 2010-12 [EC 5] und dem zugehörigen A2 Papier aus 2014-07 sowie DIN EN 1995-1-1/NA: 2013-08 [EC 5-NA].

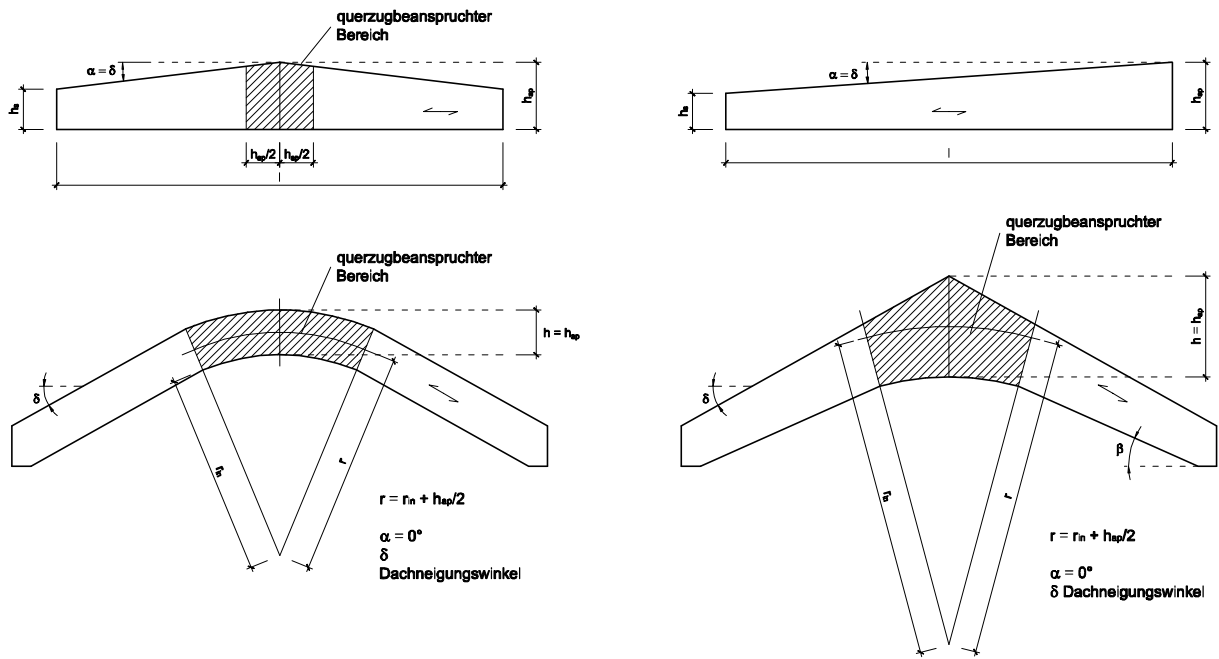


Abbildung 28: Querzuggefährdete Bereiche üblicher BS-Holz-Binder



Abbildung 29: außen liegende Verstärkung im Firstbereich – aus optischen Gründen nur für Sanierungszwecke empfehlenswert

Bei geraden Einfeldträgern mit konstantem Querschnitt und somit konstantem Widerstandsmoment liegt die Stelle der maximalen Biegespannung dort, wo das Biegemoment seinen maximalen Wert aufweist. Ist die Querschnittshöhe veränderlich wie beispielsweise beim Pultdach- oder Satteldachbinder, so liegt diese nicht mehr in Trägermitte, sondern die Stelle der größten Biegelängsspannungen verlagert sich Richtung Auflager, bedingt durch die Veränderung des Widerstandsmomentes.

veränderliche Querschnittshöhe

Um die maximalen Momente aus den vorhandenen Einwirkungen zu berechnen, wird für jede Belastung der senkrecht auf den Sparren wirkende Anteil ermittelt, durch den ein Moment erzeugt wird. Die Umrechnung erfolgt wie in Tabelle 15 beschrieben:

$$g_{\perp,k} = g_k \cdot \cos \alpha = 0,91 \text{ kN/m} \cdot \cos 30^\circ = 0,79 \text{ kN/m}$$

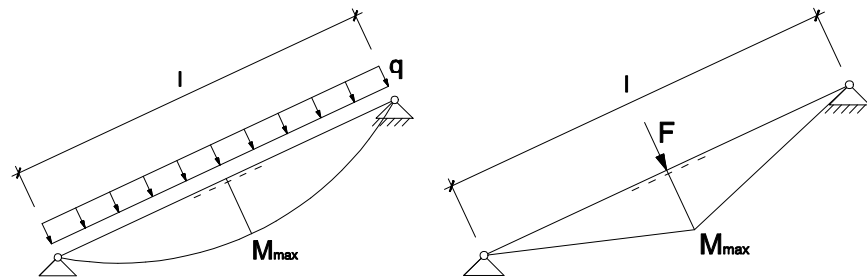
$$Q_{\perp,k} = P_{\perp,k} = P_k \cdot \cos \alpha = 1,00 \text{ kN} \cdot \cos 30^\circ = 0,87 \text{ kN}$$

$$s_{\perp,k} = \bar{s}_k \cdot \cos^2 \alpha = 1,00 \text{ kN/m} \cdot \cos^2 30^\circ = 0,59 \text{ kN/m}$$

$$w_{\perp,k} = w_k$$

Schnittkräfte

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die qualitativen Schnittkraftverläufe für das Moment, das durch eine über die gesamte Länge l des Stabes angreifende konstante Linienlast q bzw. eine in Stabmitte wirkende Einzelast F entsteht. Das aus der Windlast resultierende Moment wird mithilfe von Formelwerken ermittelt.



$$\max M = \frac{q \cdot l^2}{8} \text{ [kNm]}$$

$$\max M = \frac{F \cdot l}{4} \text{ [kNm]}$$

Abbildung B.8: Biegemomentenverlauf

Entsprechend ergeben sich für die vorhandenen Einwirkungen die folgenden maximalen Momente:

$$\max M_{g,k} = \frac{g_{\perp,k} \cdot l^2}{8} = \frac{0,79 \text{ kN/m} \cdot 4,62^2 \text{ m}^2}{8} = 2,11 \text{ kNm}$$

$$\max M_{P,k} = \frac{Q_{\perp,k} \cdot l}{4} = \frac{0,87 \text{ kN} \cdot 4,62 \text{ m}}{4} = 1,00 \text{ kNm}$$

$$\max M_{s,k} = \frac{s_{\perp,k} \cdot l^2}{8} = \frac{0,59 \text{ kN/m} \cdot 4,62^2 \text{ m}^2}{8} = 1,57 \text{ kNm}$$

$$\max M_{w,k} = 0,43 \text{ kNm (s. Abbildung B.6)}$$

Einwirkungskombination

In der folgenden Tabelle sind die Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED), die Modifikationsbeiwerte k_{mod} und die Kombinationsbeiwerte ψ_0 für die einzelnen Einwirkungen zusammengestellt.

Impressum

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie, detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://www.ddb.de> abrufbar.

Herausgeber:

Holzbau Deutschland
Bund Deutscher Zimmermeister
im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V.

Verlag und Vertrieb:

Zeittechnik Verlag GmbH
Friedhofstraße 13, 63263 Neu-Isenburg
und
Fördergesellschaft Holzbau und Ausbau mbH
Kronenstraße 55-58, 10117 Berlin

© 2019 Holzbau Deutschland - Bund Deutscher Zimmermeister
Alle Rechte vorbehalten. / All rights strictly reserved.
Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.

Das Werk einschließlich seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder eines anderen Verfahrens) auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Für Irrtümer, Satz- oder Druckfehler übernimmt der Herausgeber keine Haftung.

Die technischen Informationen dieser Schrift entsprechen zum Zeitpunkt der Ausgabe den anerkannten Regeln der Technik. Eine Haftung für den Inhalt kann trotz sorgfältigster Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen werden.

2. Auflage

ISBN 978-3-939216-27-8