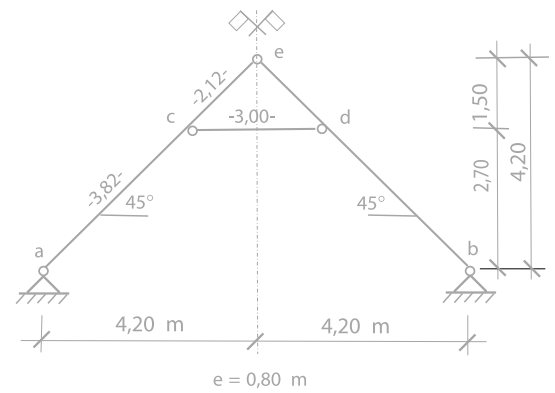
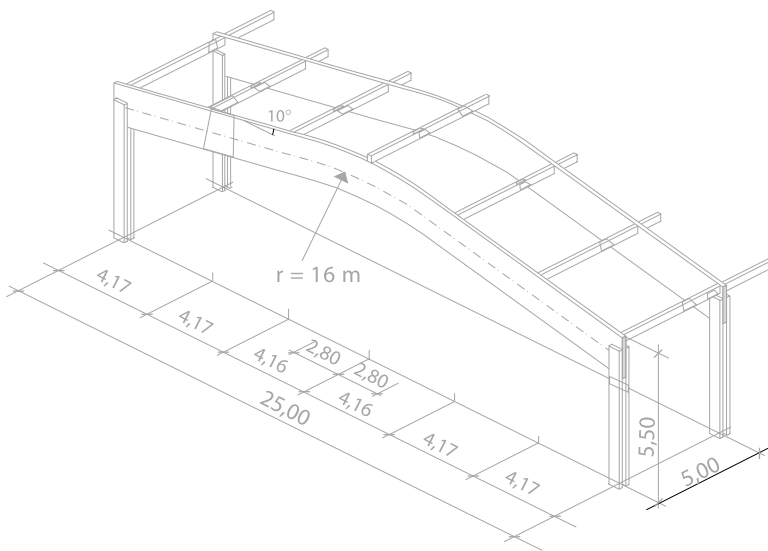


Einführung in die Bemessung nach DIN 1052:2004



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
2	Nachweisverfahren	4
2.1	Allgemeines	4
2.2	Grenzzustand der Tragfähigkeit	4
2.3	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	4
3	Baustoffe	6
3.1	Nutzungsklassen	6
3.2	Bemessungswerte der Festigkeiten für NKL 1 und 2	7
3.3	Steifigkeitskennwerte und Rohdichten	7
4	Querschnittsnachweise	9
4.1	Zug in Faserrichtung des Holzes	10
4.2	Druck in Faserrichtung des Holzes	10
4.3	Druck rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes	10
4.4	Druck unter einem Winkel α	10
4.5	Biegung	10
4.6	Biegung und Normalkraft	10
4.7	Schub aus Querkraft	10
5	Druckstäbe und Biegeträger	11
5.1	Druckstäbe aus VH und BSH	12
5.2	Biegestäbe	13
6	Scheibenbeanspruchung von Tafeln	14
6.1	Allgemeines	15
6.2	Dach- und Deckentafeln	15
6.3	Wandtafeln	16
6.4	Tragfähigkeitsnachweise	16
7	Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln	17
7.1	Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln (Allgemeines)	17
7.2	Verbindungen mit Stabdübeln	19
7.3	Verbindungen mit (Pass)Bolzen und Gewindestangen	19
7.4	Verbindungen mit Nägeln	19
7.5	Tragfähigkeit bei Beanspruchung in Richtung der Stiftachse (Herausziehen)	20
7.6	Kombinierte Beanspruchung	21
7.7	Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart	22
7.8	Verschiebungsmodul	22
8	Zimmermannsmäßige Verbindungen	23
8.1	Nachweisverfahren	23
8.2	Beispiel Versatz	24
8.3	Beispiel Zapfen	24
9	Beispiele	25
9.1	Wohnhaus	27
9.2	Hallenbinder	37
	Bildnachweis	40

Abkürzungen und Formelzeichen (Auswahl)

A_n	Nettoquerschnittsfläche
a_1	Abstand der Verbindungsmittel untereinander in Faserrichtung
a_2	Abstand der Verbindungsmittel untereinander rechtwinklig zur Faserrichtung
BSH	Brettschichtholz
E	Einwirkung; Elastizitätsmodul
$f_{c,0,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit parallel zur Faserrichtung
$f_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung
$f_{t,90,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung
$f_{m,d}$	Bemessungswert der Biegefestigkeit
$f_{t,0,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit parallel zur Faserrichtung
$f_{v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit
G	Ständige Einwirkung; Schubmodul
GKB	Gipskartonbauplatte
h_{ap}	Querschnittshöhe im First
h_s	Querschnittshöhe am Auflager
k_c	Knickbeiwert
$k_{c,90}$	Querdruckbeiwert
k_{def}	Verformungsbeiwert
k_m	Kippbeiwert
k_{mod}	Modifikationsbeiwert
k_{red}	Doppelbiegungsbeiwert
KLED	Klasse der Lasteinwirkungsdauer
KVH	Konstruktionsvollholz
l_{ef}	Ersatzstablänge, Profilierungslänge
NKL	Nutzungsklasse
OSB	Oriented Strand Board
Q	Veränderliche Einwirkung
R	Widerstand
R_d	Bemessungswert des Widerstandes
R_k	Charakteristischer Wert des Widerstandes
t_{req}	Mindesteinbindetiefe
V	Querkraft
VH	Vollholz
w_0	Überhöhung
w_{fin}	Endverformung
w_{inst}	Anfangsverformung
α	Winkel zwischen Faserrichtung und Beanspruchungsrichtung
γ	Teilsicherheitsbeiwert
η	Ausnutzungsgrad
ρ_k	Charakteristische Rohdichte
ψ	Beiwert

Impressum

Herausgeber:

Absatzförderungs fonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft
– HOLZABSATZFONDS –
Anstalt des öffentlichen Rechts
Godesberger Allee 142–148, D-53175 Bonn und
DGfH Innovations- und Service GmbH
Postfach 31 01 31, D-80102 München
mail@dgfh.de
www.dgfh.de

Redaktion:

Wilfried Schneider, Bonn
Martin Fischer, München

Bearbeitung:

Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Blaß,
Universität Karlsruhe
Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ehlbeck, Freiburg
Prof. Dr.-Ing. Heinrich Kreuzinger,
Technische Universität München
Fachgebiet Holzbau
Prof. Dr.-Ing. Günter Steck,
Fachhochschule München
Fachbereich Bauingenieurwesen

Technische Anfragen an:

Überregionale Fachberatung:
0 18 02/46 59 00 (0,06 €/Gespräch)
fachberatung@infoholz.de
www.informationsdienst-holz.de

Hinweise zu Änderungen, Ergänzungen und Errata unter:
www.informationsdienst-holz.de

Die technischen Informationen dieser Schrift entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung den anerkannten Regeln der Technik. Eine Haftung für den Inhalt kann trotz sorgfältigster Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen werden.
In diese Broschüre sind Ergebnisse aus zahlreichen Forschungsprojekten eingeflossen. Für deren Förderung danken wir der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), der Arbeitsgemeinschaft Bau-forschung (ARGE BAU), den Forst- und Wirtschaftsministerien des Bundes und der Länder und der Holzwirtschaft.

Erschienen: 09/2004
ISSN-Nr. 0466-2114

holzbau handbuch
Reihe 2: Tragwerksplanung
Teil 1: Allgemeines
Folge 10: Einführung in die Bemessung nach DIN 1052:2004

1 Einführung

Diese Informationsschrift basiert auf der neuen **DIN 1052:2004 „Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau“**, die beim Deutschen Institut für Normung (DIN) erschienen ist. Nach Aufnahme in die Listen der Technischen Baubestimmungen der Bundesländer ist zu erwarten, dass diese Bemessungsnorm für eine bestimmte Übergangszeit gleichzeitig mit der DIN 1052-1 bis DIN 1052-3 (Ausgabe 1988-04) mit den jeweiligen Änderungen A1 (Ausgabe 1996-10) Gültigkeit haben wird. Mit dem Beginn der Übergangszeit wird DIN V ENV 1995-1-1 (Eurocode 5) einschließlich des Nationalen Anwendungsdokuments (NAD) zurückgezogen. Aus rechtlichen Gründen darf diese Informationsschrift vor der bauaufsichtlichen Einführung der neuen DIN 1052 jedoch nur in Ausnahmefällen zur konkreten Lösung von Bauaufgaben herangezogen werden. In der Übergangszeit dürfen entweder das alte oder das neue Normenwerk angewendet werden, allerdings ist dabei eine gleichzeitige Anwendung beider Normen für eine Bauaufgabe unzulässig. Erst nach einer Übergangsfrist wird die „neue“ DIN 1052 als einzige nationale Norm gültig sein. Dann sind auch die bei der bauaufsichtlichen Einführung eventuell erteilten zusätzlichen Einführungsbestimmungen zu beachten. Die Zeitdauer der Übergangsfrist ist noch nicht festgeschrieben.

In dieser Übergangsfrist müssen alle zugehörigen bauaufsichtlich relevanten Normen (das sind insbesondere die Produktnormen) auf die neue DIN 1052 umgestellt werden. Ähnliches gilt auch für die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen, von denen sich viele gegenwärtig nur auf die DIN 1052 aus dem Jahre 1988 mit ihren A1-Ergänzungen beziehen.

Da mit der neuen DIN 1052 das bisherige Bemessungsverfahren mit zulässigen Spannungen durch ein Verfahren der Bemessung nach Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit nach einem semiprobabilistischen Konzept abgelöst wird, ergibt sich für die Tragwerksplaner die Notwendigkeit, die Bemessung von Holzbauwerken innerhalb der o.g. Frist auf das neue System umzustellen. Es ist dabei von Vorteil, dass mit der neuen DIN 1052 die Möglichkeiten für die Planung, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken aufgrund der eingearbeiteten neuen Erkenntnisse aus Forschung und Praxis erheblich erweitert worden sind.

Bei den Regeln für die Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen wurden für Stabtragwerke sowohl genauere als auch verein-

fachte Verfahren aufgenommen. Für die Scheibenbeanspruchungen von Tafeln enthält die Norm neue Berechnungs- und Nachweisverfahren. Für Flächentragwerke wurden neue Erkenntnisse nutzbar gemacht.

Erhebliche Verbesserungen bringt die neue DIN 1052 im Bereich der Verbindungen. Einerseits wurden Regeln für die Behandlung von Queranschlüssen neu aufgenommen, zum anderen wurden die Nachweisverfahren für Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln durch wirklichkeitsnähere Verfahren ersetzt, so dass die Einflüsse der Werkstoffeigenschaften der verschiedenen Holzbaustoffe durch ihre Lochleibungsfestigkeiten und der vielfältigen stiftförmigen Verbindungsmittel durch Berücksichtigung ihrer Fließmomente zum Tragen kommen. Hierzu gibt es vereinfachende Nachweisverfahren, während in einem Anhang zur Norm auch genauere Nachweise ermöglicht werden. Bei Nagelplattenverbindungen und Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart wurden die durch gemeinsame internationale Forschungsarbeiten gewonnenen verbesserten Nachweismöglichkeiten aufgenommen.

Schließlich ist auch der Bereich der Verstärkungen von Queranschlüssen, rechtwinkligen Ausklinkungen, Durchbrüchen und planmäßig querzugbeanspruchten Brettschicht-holzbauteilen ebenso neu in die Norm aufgenommen worden wie beispielsweise die wirkungsvolle Verwendung von eingeklebten Stahlstäben.

Diese Informationsschrift soll nicht die Grundlagen des neuen Bemessungskonzeptes erklären und erläutern. Sie soll auch nicht in ausführlicher Form alle nach der neuen DIN 1052 möglichen Bemessungsmethoden behandeln, durch die in der Tragwerksplanung auch die neuesten Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis wirtschaftlich nutzbar gemacht werden können. Sie soll hingegen unter vollständiger Einhaltung der Bestimmungen der neuen DIN 1052 aufzeigen, wie im Regelfall in einfacher Weise Holzbauwerke des Hochbaus berechnet und bemessen werden können, ohne den Aufwand zu überziehen und dennoch zu wirtschaftlichen Konstruktionen zu gelangen.

Durch den vorgegebenen Zweck dieser Schrift ist auch nicht der gesamte Anwendungsbe-
reich der DIN 1052 erfasst. Es werden nur die wichtigsten Fälle beim Bau von Wohngebäuden und Hallen in Holzbauweise aufgezeigt. Es werden damit auch nur Konstruktionen behandelt, die den Nutzungsklassen 1 und 2 bei

geringer Korrosionsbelastung zugewiesen werden können und die nur vorwiegend ruhenden Einwirkungen ausgesetzt sind. Damit beziehen sich alle Aussagen in diesem Heft auch ausschließlich auf trockenes Bauholz.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass zusätzlich nähere Bestimmungen aus der DIN 1052 zu beachten und heranzuziehen sind, sobald der genannte eingeschränkte Anwendungsbereich verlassen wird.

Für die überwiegend zum Einsatz kommenden Baustoffe und Verbindungsmittel werden bei genauer Angabe der zu beachtenden Randbedingungen unmittelbar die Bemessungswerte der Festigkeiten bzw. der Tragfähigkeiten angegeben. Dazu werden für die wichtigsten Querschnittsnachweise, für Druckstabnachweise nach dem Ersatzstabverfahren, für die Nachweise bei oft vorkommenden Scheiben sowie für Gebrauchstauglichkeitsnachweise die Rechenverfahren gezeigt.

Besondere Schwerpunkte dieser Informationsschrift sind je ein Beispiel für ein Wohnhaus und für eine Halle in Holzbauweise, für die die Berechnung und Bemessung ausführlich dargelegt werden.

2 Nachweisverfahren

2.1 Allgemeines

Einwirkungen E werden mit Widerständen R verglichen. Als Vergleichsgrößen dienen Spannungen im Holz oder in Holzwerkstoffen bzw. Kräfte bei Verbindungsmitteln. Charakteristische Einwirkungen nach DIN 1055 werden mit Teilsicherheitsbeiwerten multipliziert. Am statischen System werden damit Schnittgrößen berechnet (E_d). Diese werden mit Bemessungswerten der Widerstände (R_d) verglichen. Dieser Widerstand ist der charakteristische Wert der Festigkeit geteilt durch den Teilsicherheitsbeiwert für die Festigkeit γ_M und multipliziert mit dem Modifikationsbeiwert k_{mod} :

$$E_d \leq R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M}$$

2.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit

2.2.1 Einwirkungen

Die in DIN 1055 angegebenen Eigenlasten und veränderlichen Lasten sind charakteristische Werte. Eine Multiplikation mit Sicherheitsbeiwerten nach Tabelle 2.1 ist somit zwingend notwendig.

Tabelle 2.1: Teilsicherheitsbeiwerte γ

Einwirkung	ständig	veränderlich
günstig	$\gamma_G = 1,0$	0
ungünstig	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_Q = 1,5$

Die verschiedenen Einwirkungen sind meistens Eigenlast g , Nutzlast p , Wind w und Schnee s .

Für die genannten Lastfälle ergeben sich die in Tabelle 2.2 angegebenen Lastfallkombinationen nach DIN 1055-100. Die Eigenlast wird hier als immer ungünstig wirkend angenommen und die Lastfälle g , p , s und w bewirken Schnittgrößen mit gleichem Vorzeichen an der Bemessungsstelle. Der Bemessungswert des Widerstandes richtet sich nach der Klasse der Lasteinwirkungsdauer KLED (siehe 3.1). Von den Lastfallkombinationen in den Zeilen 3 bis 9 ist dann nur eine der Zeilen 7, 8 oder 9 maßgebend. Die größte der drei Spannungen wird als führende Einwirkung mit dem Faktor 1,0, die restlichen mit dem Beiwert ψ_0 , der hier für die Lastfälle p , s und w noch mit dem entsprechenden Index versehen ist, multipliziert. Für die Überlagerung gelten auch vereinfacht die nach DIN 1055-100 zusammengefassten Gleichungen (A.1) und (A.5):

$$E_d = \gamma_G \cdot E_{G,k} + \gamma_Q \cdot \left(E_{Q,k,1} + \psi_{0,Q} \cdot \sum_{i>1(\text{unf})} E_{Q,k,i} \right)$$

Tabelle 2.2: Lastfallkombinationen nach DIN 1055-100, Gl. (14) mit Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten

	Eigenlast g	Nutzlast p	Schneelast s	Windlast w	KLED	
1	1,35				ständig	
2	1,35	1,5			mittel	
3	1,35	1,5	$1,5 \cdot \psi_{0,s}$		kurz	$p > s$
4	1,35	$1,5 \cdot \psi_{0,p}$	1,5		kurz	$s > p$
5	1,35	1,5		$1,5 \cdot \psi_{0,w}$	kurz	$p > w$
6	1,35	$1,5 \cdot \psi_{0,p}$		1,5	kurz	$w > p$
7	1,35	1,5	$1,5 \cdot \psi_{0,s}$	$1,5 \cdot \psi_{0,w}$	kurz	$p > s, w$
8	1,35	$1,5 \cdot \psi_{0,p}$	1,5	$1,5 \cdot \psi_{0,w}$	kurz	$s > p, w$
9	1,35	$1,5 \cdot \psi_{0,p}$	$1,5 \cdot \psi_{0,s}$	1,5	kurz	$w > p, s$

Dabei steht G für ständige, Q für veränderliche Einwirkung und unf (= unfavourable) für ungünstig. $E_{Q,k,1}$ ist die Einwirkung mit der größten Wirkung und $E_{Q,k,i}$ sind die übrigen. Als Beiwert $\psi_{0,Q}$ ist aus Tabelle A.2 der DIN 1055-100 der auf das Bauteil und die Lasten bezogene Größtwert von ψ_0 zu verwenden. In Tabelle 2.8 sind einige ψ -Beiwerte angegeben.

Für Hochbauten wird in DIN 1052 nach Abschnitt 5.2 eine vereinfachte Überlagerung erlaubt.

DIN 1052, 5.2, Gleichung (1):

$$\gamma_G \cdot \sigma_G + 1,5 \cdot \sigma_{\text{ungünstig}} \leq \frac{k_{\text{mod}}(\text{ungünstig}) \cdot f_{m,k}}{\gamma_M}$$

Dabei ist $\sigma_{\text{ungünstig}}$ die aus den einzelnen Lastfällen ungünstigste Spannung. Dies ist aber im Zusammenhang mit dem zugehörigen k_{mod} Wert zu sehen. DIN 1052, 5.2, Gleichung (2):

$$\gamma_G \cdot \sigma_G + 1,35 \cdot \sum \sigma \leq \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M}$$

Der Nachweis darf mit dem größten k_{mod} -Wert der aufsummierten Lastfälle geführt werden.

2.2.2 Widerstand

Der Widerstand eines Bauteiles, als Kraft oder Spannung angegeben, wird als charakteristischer Wert R_k bezeichnet. Es ist die durch Versuche ermittelte 5%-Quantile. Das bedeutet auch: von 100 Bauteilen dürfen dann 5 Bauteile einen geringeren Wert des Widerstandes haben. Dies erfordert wiederum zwingend, dass der Wert durch einen Sicherheitsbeiwert γ_M geteilt wird, um einen Bemessungswert R_d zu erhalten, der mit einem Bemessungswert der Einwirkung verglichen werden kann. Für Holz und Holzwerkstoffe ist $\gamma_M = 1,3$.

Die Festigkeit von Holz ist von den Umgebungsbedingungen und auch der zeitlichen Dauer der Last abhängig. Die Berücksichtigung beim Nachweis der Tragsicherheit erfolgt durch einen Modifikationsbeiwert k_{mod} , der in

der Tabelle F.1 der DIN 1052 in Abhängigkeit der Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED) und der Nutzungsklasse für die einzelnen Baustoffe angegeben ist. Durch die Nutzungsklasse wird das Umgebungsklima berücksichtigt. In Abschnitt 3.2 sind für die Klasse der Lasteinwirkungsdauer „mittel“ Bemessungswerte angegeben.

2.2.3 Beispiel

Die Biegespannung in einem Querschnitt wird für die Lastfälle (LF) g , p , s und w berechnet. Es werden die Bemessungswerte der Einwirkung mit den Bemessungswerten der Biegefestigkeit verglichen.

Gegeben:

Widerstand: $f_{m,k} = 28,0 \text{ N/mm}^2$

Einwirkungen: In Tabelle 2.3 sind für die Lastfälle g , p , s und w die charakteristischen Spannungen, die Klasse der Lasteinwirkungsdauer und der zugehörige Modifikationsbeiwert k_{mod} für die Nutzungsklasse 1 angegeben.

Tabelle 2.3: Lastfälle

Lastfall	σ_k in N/mm^2	KLED	k_{mod}
g	4,0	ständig	0,6
p	5,0	mittel	0,8
s	2,6	kurz	0,9
w	2,8	kurz	0,9

Die Überlagerung wird nach den vereinfachten Regeln der DIN 1055-100 und DIN 1052 geführt.

Für die vereinfachte Überlagerung nach DIN 1055-100 wird mit $\psi_{0,Q} = 0,7$ als ungünstigstem Beiwert nach Tab. A.2 der DIN 1055-100 gerechnet. Auszugsweise sind ψ -Werte in Tabelle 2.8 angegeben. Für jeden k_{mod} -Wert ist ein Nachweis entsprechend Tabelle 2.4 zu führen.

Tabelle 2.4: Lastfallkombinationen (LK) mit den veränderlichen Einwirkungen

LK	$\sigma_{Q,k,1}$	$\psi_{0,Q} \cdot \sum \sigma_{Q,k,i}$	$\sigma_{Q,k,\text{unf}}$
p	5,0	0	5,0
$p+s+w$	5,0	$0,7 \cdot (2,6 + 2,8) = 3,8$	8,8

Die Spannung $\sigma_{Q,k,unf}$ ist die Summe aus der größten Einzelspannung und den mit dem Beiwert ψ_0 multiplizierten anderen Spannungen infolge veränderlicher Einwirkungen. Mit $\gamma_G = 1,35$ und $\gamma_Q = 1,5$ folgt:

Tabelle 2.5: Nachweise

$1,35 \cdot \sigma_{G,k}$	$1,5 \cdot \sigma_{Q,k,unf}$	Σ	$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{k_{mod} \cdot \gamma_M}$	$\eta = \frac{\Sigma}{f_{m,d}}$
5,4	0	5,4	$0,6 \cdot 28/1,3 = 12,9$	0,42
5,4	7,5	12,9	$0,8 \cdot 28/1,3 = 17,2$	0,75
5,4	13,2	18,6	$0,9 \cdot 28/1,3 = 19,4$	0,96

Die vereinfachten Überlagerungen nach DIN 1052 und die zugehörigen Nachweise sind in den Tabellen 2.6 und 2.7 zusammengestellt.

Tabelle 2.6: Vereinfachter Nachweis nach DIN 1052, 5.2 Gleichung (1)

$1,35 \cdot \sigma_{G,k}$	$1,5 \cdot \sigma_{Q,k,unf}$	Σ	$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{k_{mod} \cdot \gamma_M}$	$\eta = \frac{\Sigma}{f_{m,d}}$
5,4	$1,5 \cdot 5 = 7,5$	12,9	$0,8 \cdot 28/1,3 = 17,2$	0,75

Tabelle 2.7: Vereinfachter Nachweis nach DIN 1052, 5.2 Gleichung (2)

$1,35 \cdot \sigma_{G,k}$	$1,5 \cdot \sigma_{Q,k,unf}$	Σ	$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{k_{mod} \cdot \gamma_M}$	$\eta = \frac{\Sigma}{f_{m,d}}$
5,4	$1,35 \cdot (5,0 + 2,6 + 2,8) = 14,0$	19,4	$0,9 \cdot 28/1,3 = 19,4$	1,0

Der Ausnutzungsgrad ist η . Maßgebend für den Nachweis wird hier die Überlagerung aller beteiligten Lastfälle. Dies muss aber wegen der unterschiedlichen k_{mod} -Beiwerte nicht sein. Bei vergleichsweise großer ständiger Einwirkung und kleiner Windeinwirkung kann der Lastfall Eigenlast alleine maßgebend sein. Dies ist hier der Fall, wenn

$$\sigma_{Q,unf} < \sigma_G \cdot \frac{1,35}{1,5} \cdot \left(\frac{k_{mod}(kurz)}{k_{mod}(ständig)} - 1 \right) = \sigma_G \cdot 0,45$$

Die Bemessungswerte der Festigkeit z. B. für BS-Holz sind in Abschnitt 3 für $k_{mod} = 0,8$ und $\gamma_M = 1,3$ tabelliert. Für andere k_{mod} -Werte folgt der Bemessungswert aus der Umrechnung:

$$f_{m,d}(k_{mod}) = f_{m,d}(0,8) \cdot \frac{k_{mod}}{0,8}$$

2.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit wird durch die Begrenzung der Durchbiegungen geführt. Die Durchbiegungen sind mit den Mittelwerten der Steifigkeiten zu berechnen. Der Kriecheinfluss wird durch den Beiwert k_{def}

in Tabelle F.2 der DIN 1052 berücksichtigt. Bei ständig einwirkender Last wird die elastische Durchbiegung mit $(1+k_{def})$ multipliziert. Für nicht ständige Einwirkungen darf nach 8.3 (8) der DIN 1052 der Verformungsbeiwert k_{def} mit dem Beiwert ψ_2 nach Tab. A.2 der DIN 1055-100 multipliziert werden. $\psi_2 \cdot Q_k$ ist der quasi-ständige Anteil der veränderlichen Einwirkung Q_k .

Auch die Verformungszunahmen von Verbindungen werden mit diesen Beiwerten ermittelt, da die holzhaltigen Baustoffe auch unter den Lochleibungsbeanspruchungen von metallischen Verbindungsmitteln kriechen. Bestehen die zu verbindenden Bauteile aus Baustoffen mit unterschiedlichen Kriecheigenschaften, dann wird der Mittelwert der Verformungsbeiwerte der beteiligten Baustoffe verwendet. Bei Stahlblech-Holz-Verbindungen sind die Verformungsbeiwerte des Holzes zu wählen.

Bei der Berechnung einer durch Kriechen beeinflussten Endverformung w_{fin} eines aus verschiedenen holzhaltigen Baustoffen zusammengesetzten Bauteiles dürfen die wirklichen Steifigkeiten dadurch berechnet werden, dass die Verformungskennwerte $E_{0,mean}$ und G_{mean} der verschiedenen Baustoffe mit den jeweiligen Faktoren $1/(1+k_{def})$ multipliziert werden.

Beispiel: Für einen Stegräger mit symmetrischem Querschnitt aus Vollholzgurten und einem Steg aus einem Holzwerkstoff sollen die Anfangs- und die Enddurchbiegung ermittelt werden. Es werden verwendet:

für die Anfangsdurchbiegung:

$$E_{Inst} = E_{0,mean,Steg} \cdot I_{Steg} + E_{0,mean,gurt} \cdot I_{gurt}$$

$$GA_{Inst} = G_{mean,Steg} \cdot A_{Steg}$$

für die Enddurchbiegung:

$$E_{fin} = \frac{E_{0,mean,Steg} \cdot I_{Steg}}{1+k_{def,Steg}} + \frac{E_{0,mean,gurt} \cdot I_{gurt}}{1+k_{def,gurt}}$$

$$GA_{fin} = \frac{G_{mean,Steg} \cdot A_{Steg}}{1+k_{def,Steg}}$$

Tabelle 2.9: Beiwerte und empfohlene Grenzwerte für die Durchbiegungsnachweise

	w_g	w_p $\psi_0 = 0,7; \psi_2 = 0,3;$	w_s $\psi_0 = 0,5; \psi_2 = 0;$	w_w $\psi_0 = 0,6; \psi_2 = 0;$	empfohlene Grenzwerte
$w_{G,inst}$	1				
$w_{G,fin}$	$1 + k_{def}$				
Seltene Bemessungssituation nach Gleichungen (7) und (8) der DIN 1052					
$w_{Q,inst}$	1	0,5	0,6	1	//300
	0,7	1	0,6	1	//300
	0,7	0,5	1	1	//300
w_{fin}	$1 + k_{def}$	$(1 + 0,3 \cdot k_{def})$	$(0,5 + 0 \cdot k_{def})$	$(0,6 + 0 \cdot k_{def})$	
		$(0,7 + 0,3 \cdot k_{def})$	$(1 + 0 \cdot k_{def})$	$(0,6 + 0 \cdot k_{def})$	
		$(0,7 + 0,3 \cdot k_{def})$	$(0,5 + 0 \cdot k_{def})$	$(1 + 0 \cdot k_{def})$	
$w_{fin} - w_{G,inst}$	k_{def}	Größtwert aus den drei Zeilen mit Werten für w_{fin} ohne w_g			//200
Quasi ständige Bemessungssituation nach Gleichung (9) der DIN 1052					
w_{fin}	$1 + k_{def}$	$0,3 \cdot (1 + k_{def})$	0	0	//200 + w_0

Die Schubsteifigkeiten des Steges werden für die Ermittlung der Schubdurchsenkungen benötigt. Für den Nachweis sind zwei Fälle zu unterscheiden:

Seltene Bemessungssituation:

Schäden an Einbauten durch große Verformungen sollen vermieden werden. Die Überlagerungsformel dafür lautet nach DIN 1055-100, Gl. (A.2) ohne Vorspannung ($E_{Pk} = 0$):

$$E_{d,rare} = E_{G,k} + E_{Q,unf}$$

$E_{Q,unf}$ setzt sich aus dem Größtwert und den weiteren mit $\psi_{0,Q}$ multiplizierten Einwirkungen zusammen. Deshalb sind in der Tabelle 2.9 für die Durchbiegungen $w_{Q,inst}$ und $w_{Q,fin}$ n Fälle für n veränderliche Einwirkungen der Reihe nach zu untersuchen.

Quasi-ständige Bemessungssituation:

Die Benutzbarkeit und das Erscheinungsbild sollen gewährleistet werden.

Die Überlagerungsformel dafür lautet nach DIN 1055-100, Gl. (A.4) mit $E_{Pk} = 0$:

$$E_{d,perm} = E_{G,k} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot E_{Q,k,i}$$

Für die Lastfälle p, s und w sind in Tabelle 2.8 die Werte ψ_0 und ψ_2 aus Tabelle A.2 der DIN 1055-100 angeben.

Die Durchbiegungen aus den einzelnen Lastfällen für die charakteristischen Einwirkungen sind w_g, w_p, w_s, w_w . Mit den oben angegebenen Werten werden die Faktoren, mit denen die Durchbiegungen multipliziert werden müssen, für die Nachweise in Tabelle 2.9 zusammengestellt. Bei der quasi-ständigen Bemessungssituation kann eine Überhöhung w_0 berücksichtigt werden.

Tabelle 2.8: ψ -Beiwerte aus DIN 1055-100, Tabelle A.2

Einwirkung	ψ_0	ψ_2
Nutzlasten		
- Kategorie A, B - Wohn-, Aufenthalts- und Büroräume	0,7	0,3
- Kategorie C, D - Versammlungs- und Verkaufsräume	0,7	0,6
- Kategorie E - Lagerräume	1,0	0,8
Schnee- und Eislasten		
Orte bis NN + 1000 m	0,5	0
Orte über NN + 1000 m	0,7	0,2
Windlasten	0,6	0
Sonstige Einwirkungen	0,8	0,5

3 Baustoffe

3.1 Nutzungsklassen

Um dem Einfluss des Umgebungsklimas während der vorgesehenen Nutzungsdauer einer baulichen Anlage Rechnung zu tragen, müssen alle Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen in eine Nutzungsklasse (NKL) eingeordnet werden. Eine Vereinfachung für den Tragwerksplaner ist die Einführung von nur drei Nutzungsklassen.

Die Nutzungsklasse 1 erfasst alle Bauteile, die in einer dauerhaften, geschlossenen Bauhülle gegenüber dem Außenklima geschützt sind. Das trifft mit Ausnahmen (z.B. Gewächshäuser oder Tierhäuser in Zoos) vor allem auf Bauteile in allseitig geschlossenen beheizbaren Bauwerken zu. In den meisten Nadelhölzern wird in der NKL 1 eine mittlere Ausgleichsfeuchte von 12 % nicht überschritten.

In die Nutzungsklasse 2 sind in erster Linie alle Bauteile in offenen, aber überdachten Bauwerken einzuordnen, die der unmittelbaren Bewitterung (Niederschläge) nicht ausgesetzt sind. In den meisten Nadelhölzern wird in der NKL 2 eine mittlere Ausgleichsfeuchte von 20 % nicht überschritten. Es ist zu beachten, dass in einer baulichen Anlage durchaus einzelne Teilbereiche einer Konstruktion verschiedenen Nutzungsklassen zugewiesen werden müssen (z.B. wenn sie die abschließende Gebäudehülle in Teilen durchdringen). Belüftete Dachkonstruktionen gehören daher auch in die NKL 2.

In die Nutzungsklasse 3 fallen alle Bauteile, bei denen während der Nutzungsdauer mit mittleren Holzfeuchten über 20 % gerechnet werden muss. Das sind vor allem Bauteile, die frei der Außenbewitterung ausgesetzt sind, können aber in Sonderfällen auch Teile überdachter Bauten sein (z.B. Eissporthallen). In dieser Informationsschrift werden Bauten in der NKL 3 nicht behandelt. Auf die näheren Bestimmungen der DIN 1052 wird hingewiesen.

Je nach Zugehörigkeit zu einer NKL sind die charakteristischen Festigkeiten der Baustoffe mit einem Modifikationsbeiwert k_{mod} abzumindern. Für Vollholz, einschließlich der aus Vollholz hergestellten Baustoffe, also auch für Brettschichtholz, Balkenschichtholz, Furnierschichtholz, Brettspertholz (mehrschichtige Massivholzplatten), Sperrholz, gelten je nach betrachteter Lasteinwirkungs-Kombination als Rechenwerte die Modifikationsbeiwerte nach Tabelle 3.1. Werte gelten für die NKL 1 und 2.

Tabelle 3.1: Modifikationsbeiwerte k_{mod} für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz, Furnierschichtholz, Brettspertholz und Sperrholz in den NKL 1 und 2

Lastfall-Kombinationen (LFK)		KLED	k_{mod}
Eigenlasten		ständig	0,60
Eigenlasten mit lotrechten Nutzlasten	bei Anhäufungen von Gütern	lang	0,70
	Regelfälle ^a	mittel	0,80
	Balkone, nicht begehbare Dächer	kurz	0,90
Eigenlasten mit horizontalen Nutzlasten	Brüstungen, Geländer, Absperrungen	kurz	0,90
Lastfall-Kombinationen mit Wind- oder Schneelasten ^b		kurz	0,90

- a als Regelfälle der lotrechten Nutzlasten gelten die Werte nach DIN 1055-3 für Wohn-, Büro- und Ladenflächen, Treppen und Flure.
b bei Geländehöhen des Bauwerkstandorts über NN > 1000 m ist für die Lastfall-Kombination mit Schneelasten der Wert wie für Regelfälle anzunehmen.

Tabelle 3.2: Modifikationsbeiwerte k_{mod} für OSB-Platten^c in den NKL 1 und 2

Lastfall-Kombinationen (LFK)	KLED	k_{mod}		
		NKL 1	NKL 2	
Eigenlasten	ständig	0,40	0,30	
Eigenlasten mit lotrechten Nutzlasten	bei Anhäufungen von Gütern	lang	0,50	0,40
	Regelfälle ^a	mittel	0,70	0,55
	Balkone, nicht begehbare Dächer	kurz	0,90	0,70
Eigenlasten mit horizontalen Nutzlasten	Brüstungen, Geländer, Absperrungen	kurz	0,90	0,70
Lastfall-Kombinationen mit Wind- oder Schneelasten ^b		kurz	0,90	0,70

- a siehe Tabelle 3.1
b bei Geländehöhen des Bauwerkstandorts über NN > 1000 m ist für die Lastfall-Kombination mit Schneelasten der Wert $k_{mod} = 0,70$ (NKL 1) bzw. $k_{mod} = 0,55$ (NKL 2) anzunehmen.
c OSB-Platten des Typs OSB/2 dürfen nur in der NKL 1 eingesetzt werden.

Für andere Holzwerkstoffe gelten zum Teil deutlich geringere Rechenwerte für die Modifikationsbeiwerte k_{mod} . Insbesondere sind in den beiden Nutzungsklassen 1 und 2 unterschiedliche Werte in Rechnung zu stellen (siehe beispielsweise Tabelle 3.2). Hier nicht aufgeführte Modifikationsbeiwerte k_{mod} sind der DIN 1052, Anhang F, Tabelle F.1 zu entnehmen.

Mittelharte Faserplatten und Gipskartonplatten der Typen GKB und GKF dürfen auf Grund ihrer Feuchteempfindlichkeit nur in der NKL 1 verwendet werden.

Bei Gebrauchstauglichkeitsnachweisen sind Verformungen der Holzbaustoffe infolge Kriechens zu berücksichtigen. Dies geschieht rechnerisch mit Hilfe von Verformungsbeiwerten

k_{def} , mit denen der Kriecheinfluss bei ständiger Lasteinwirkung zu berechnen ist (siehe Abschnitt 2.3). Die in Rechnung zu stellenden Verformungsbeiwerte k_{def} sind in Tabelle 3.3 zusammengestellt.

Tabelle 3.3: Verformungsbeiwerte k_{def} für Holzbaustoffe und ihre Verbindungen in den NKL 1 und 2, KLED ständig

Baustoff	NKL 1	NKL 2
Vollholz ^a Brettschichtholz, Furnierschichtholz ^b Balkenschichtholz Brettspertholz	0,60	0,80
Furnierschichtholz: Sperrholz	0,80	1,00
OSB-Platten	1,50	2,25
Kunstharzgebundene Spanplatten der Plattentypen P4 bis P7 zementgebundene Spanplatten harte Faserplatten Typ HB.HLA2	2,25	3,00
Gipskartonplatten GKB und GKF sowie mittelharte Faserplatten Typ MBH.LA2 (nur in NKL 1 einsetzbar)	3,00	–

- a die Werte für k_{def} für Vollholz, dessen Feuchte beim Einbau im Fasersättigungsbereich oder darüber liegt und im eingebauten Zustand austrocknen kann, sind um 1,00 zu erhöhen.
b mit allen Furnieren faserparallel
c mit Querfurnieren

3.2 Bemessungswerte der Festigkeiten für die Nutzungsklassen 1 und 2

Die Rechenwerte für die Festigkeiten der Baustoffe sind als sog. charakteristische Werte in DIN 1052 in Anhängen angegeben. Unter Berücksichtigung des für Holz und Holzwerkstoffe in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen festgelegten Teilsicherheitsbeiwertes $\gamma_M = 1,3$ können die Bemessungswerte der Festigkeiten für die einzelnen Klassen der Lasteinwirkungsdauer zusammengefasst werden, so dass sie dem Tragwerksplaner bei der Bemessung unmittelbar zur Verfügung stehen. Für die Lastfall-Kombination „mittel“, die die meisten Fälle bei der Bemessung erfasst, sind diese Bemessungswerte der Festigkeiten in den folgenden Tabellen 3.4 bis 3.12 angegeben.

Tabelle 3.4: Bemessungswerte der Festigkeiten in N/mm² für Vollholz aus Nadelholz, KLED mittel

Festigkeit	C24	C30
Biegung $f_{m,d}$	14,8	18,5
Zug parallel $f_{t,0,d}$	8,62	11,1
Zug rechtwinklig $f_{t,90,d}$	0,246	0,246
Druck parallel $f_{c,0,d}$	12,9	14,2
Druck rechtwinklig $f_{c,90,d}$	1,54	1,66
Schub und Torsion $f_{v,d}$	1,66	1,66
Rollschub $f_{R,d}$	0,615	0,615

Für andere KLED sind die Werte zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Tabelle 3.5: Bemessungswerte der Festigkeiten in N/mm² für Vollholz aus Laubholz, KLED mittel

Festigkeit	D30	D35	D40
Biegung $f_{m,d}$	18,5	21,5	24,6
Zug parallel $f_{t,0,d}$	11,1	12,9	14,8
Zug rechtwinklig $f_{t,90,d}$	0,308		
Druck parallel $f_{c,0,d}$	14,2	15,4	16,0
Druck rechtwinklig $f_{c,90,d}$	4,92	5,17	5,42
Schub und Torsion $f_{v,d}$	1,85	2,09	2,34

Für andere KLED sind die Werte zu multiplizieren mit:
ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Tabelle 3.6: Bemessungswerte der Druckfestigkeiten unter einem Winkel α zur Faserrichtung des Holzes in N/mm² für Vollholz aus Nadel- und Laubholz, KLED mittel

Winkel α	Druck unter einem Winkel α zur Faserrichtung des Holzes				
	Nadelholz		Laubholz		
	C24	C30	D30	D35	D40
0°	12,9	14,2	14,2	15,4	16,0
10°	9,66	10,1	10,8	12,0	12,8
20°	6,08	6,26	7,47	8,36	9,16
30°	4,08	4,24	5,79	6,49	7,15
40°	2,97	3,12	4,98	5,55	6,10
45°	2,60	2,75	4,76	5,29	5,79
50°	2,32	2,46	4,63	5,11	5,58
60°	1,93	2,07	4,57	4,98	5,37
70°	1,70	1,83	4,68	5,02	5,34
80°	1,58	1,70	4,84	5,12	5,39
90°	1,54	1,66	4,92	5,17	5,42

Für andere KLED sind die Werte zu multiplizieren mit:
ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Für die Zugfestigkeiten in Faserrichtung sowie für die Druckfestigkeiten gelten bei kombiniertem Brettschichtholz geringere Werte, die aus der Tabelle F.9 der DIN 1052, Anhang F, zu ermitteln sind.

Tabelle 3.7: Bemessungswerte der Festigkeiten in N/mm² für homogenes Brettschichtholz, KLED mittel

Festigkeit	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
Biegung $f_{m,d}$	14,8	17,2	19,7	22,2
Zug parallel $f_{t,0,d}$	10,2	12,0	13,8	16,0
Zug rechtwinklig $f_{t,90,d}$	0,308			
Druck parallel $f_{c,0,d}$	14,8	16,3	17,8	19,1
Druck rechtwinklig $f_{c,90,d}$	1,66	1,85	2,03	2,22
Schub und Torsion $f_{v,d}$	2,15			
Rollschub $f_{R,d}$	0,615			

Für andere KLED sind die Werte zu multiplizieren mit:
ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Tabelle 3.8: Bemessungswerte der Druckfestigkeiten $\sigma_{c,\alpha,d}$ unter einem Winkel α zur Faserrichtung des Holzes in N/mm² für homogenes Brettschichtholz, KLED mittel

Winkel α	Druck unter einem Winkel α zur Faserrichtung des Holzes			
	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
0°	14,8	16,3	17,8	19,1
10°	11,6	12,3	12,9	13,4
20°	7,37	7,71	7,99	8,21
30°	4,81	5,10	5,35	5,57
40°	3,40	3,66	3,90	4,12
45°	2,94	3,19	3,42	3,64
50°	2,59	2,83	3,05	3,26
60°	2,12	2,34	2,54	2,74
70°	1,85	2,05	2,24	2,43
80°	1,71	1,89	2,08	2,27
90°	1,66	1,85	2,03	2,22

Für andere KLED sind die Werte zu multiplizieren mit:
ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Tabelle 3.9: Bemessungswerte der Festigkeiten in N/mm² für Sperrholz nach DIN EN13986, Biegefestigkeitsklasse F25/10, Rohdichte mind. 400 kg/m³, KLED mittel

Beanspruchung	parallel zur Faserrichtung der Deckfurniere		rechtwinklig zur Faserrichtung der Deckfurniere
	Plattenbeanspruchung		
Biegung $f_{m,d}$	15,4		6,15
Druck $f_{c,90,d}$	4,00		
Schub $f_{v,d}$	0,677	0,400	
Scheibenbeanspruchung			
Biegung $f_{m,d}$	13,5	8,62	
Zug $f_{t,d}$	11,1	5,54	
Druck $f_{c,d}$	11,1	5,54	
Schub $f_{v,d}$	4,92 (3,08) ^a		

Für andere KLED sind Werte zu multiplizieren mit:
ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

a Wert gilt für Sperrholz mit nur drei Lagen

3.3 Steifigkeitskennwerte und Rohdichten

Für die Berechnung und Bemessung von Holzbauteilen und Verbindungen werden die Elastizitäts- und Schubmodul sowie die Rohdichten der Baustoffe benötigt. Sie sind im Anhang F der DIN 1052 in den Tabellen F.5, F.7, F.9 für Vollholz und Brettschichtholz sowie in den Tabellen F.11 bis F.21 für die verschiedenen Holzwerkstoffe angegeben. Für die wichtigsten Festigkeitsklassen der Vollhölzer sind die Werte in Tabelle 3.13 und für homogenes Brettschichtholz in Tabelle 3.14 angegeben. Für Sperrholz und OSB-Platten findet man die Werte in den Tabellen 3.15 und 3.16.

Tabelle 3.13: Steifigkeitskennwerte in N/mm² und Rohdichten in kg/m³ für Vollholz aus Nadel- und Laubholz

	Nadelholz		Laubholz	
	C24	C30	D30	D35
$E_{0,mean}$	11000	12000	10000	10000
$E_{90,mean}$	370	400	640	690
G_{mean}	690	750	600	650
ρ_k	350	380	530	560

Die Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$, $E_{90,05}$ und G_{05} sind anzunehmen mit:
2/3 der Mittelwerte bei Nadelholz
5/6 der Mittelwerte bei Laubholz
Der Rollschubmodul beträgt 10% des mittleren Schubmoduls

Tabelle 3.14: Steifigkeitskennwerte in N/mm² und Rohdichten in kg/m³ für homogenes Brettschichtholz

	Brettschichtholz (homogen)			
	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
$E_{0,mean}$	11600	12600	13700	14700
$E_{90,mean}$	390	420	460	490
G_{mean}	720	780	850	910
ρ_k	380	410	430	450

Die Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$, $E_{90,05}$ und G_{05} sind anzunehmen mit:
5/6 der Mittelwerte des Brettschichtholzes
Der Rollschubmodul beträgt 10% des mittleren Schubmoduls
Bei kombiniertem Brettschichtholz sind für $E_{90,mean}$ und G_{mean} sowie für die Rohdichten geringere Werte zu beachten (siehe DIN 1052, Tabelle F.9)

Tabelle 3.15: Steifigkeitskennwerte in N/mm² und Rohdichte in kg/m³ für Sperrholz

Klasse	F40/40	F50/25	F60/10
	E60/40	E70/25	E90/10
Plattenbeanspruchung			
$E_{0,mean}$	6000	7000	9000
$E_{90,mean}$	4000	2500	1000
G_{mean}	200	200	200
Scheibenbeanspruchung			
$E_{0,mean}$	4400	5500	5500
$E_{90,mean}$	4700	3650	3700
G_{mean}	700	700	700
ρ_k	600		

Die Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$, $E_{90,05}$ und G_{05} sind anzunehmen mit dem 0,8fachen der Mittelwerte

Tabelle 3.16: Steifigkeitskennwerte in N/mm² und Rohdichte in kg/m³ für OSB-Platten

Technische Klasse	OSB/2		OSB/4	
	OSB/3			
Beanspruchung	parallel ^a	rechtwinklig ^a	parallel ^a	rechtwinklig ^a
Plattenbeanspruchung				
E_{mean}	4930	1980	6780	2680
G_{mean}	50	50	60	60
Scheibenbeanspruchung				
E_{mean}	3800	3000	4300	3200
G_{mean}	1080	1080	1090	1090
ρ_k	550			

a zur Spanrichtung der Deckschicht
Die Steifigkeitskennwerte E_{05} und G_{05} sind anzunehmen mit dem 0,85fachen der Mittelwerte

Tabelle 3.10: Bemessungswerte der Festigkeiten in N/mm² für Sperrholz der Biegefestigkeitsklassen F40/40, F50/25 und F60/10 nach DIN EN 13986, Rohdichte mindestens 600 kg/m³, KLED mittel

Klasse	40/40		50/25		60/10	
	parallel zur Faserrichtung der Deckfurniere	rechtwinklig zur Faserrichtung der Deckfurniere	parallel zur Faserrichtung der Deckfurniere	rechtwinklig zur Faserrichtung der Deckfurniere	parallel zur Faserrichtung der Deckfurniere	rechtwinklig zur Faserrichtung der Deckfurniere
Plattenbeanspruchung						
Biegung $f_{m,d}$	24,6	24,6	30,8	15,4	36,9	6,15
Druck $f_{c,90,d}$				6,15		
Schub $f_{v,d}$				1,54		
Scheibenbeanspruchung						
Biegung $f_{m,d}$	17,8	19,1	22,2	14,8	22,2	14,8
Zug $f_{t,d}$	17,8	19,1	22,2	14,8	22,2	14,8
Druck $f_{c,d}$	12,9	13,5	22,2	10,5	16,0	11,1
Schub $f_{v,d}$				6,77 (4,92)*		

* Klammerwert gilt für Sperrholz mit nur drei Lagen für andere KLED sind die Werte zu multiplizieren mit:
 ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

 Tabelle 3.11: Bemessungswerte der Festigkeiten in N/mm² für OSB-Platten der technischen Klassen OSB/2¹ und OSB/3 nach DIN EN 13986, KLED mittel

Beanspruchung	parallel zur Spanrichtung der Deckschicht						rechtwinklig zur Spanrichtung der Deckschicht					
	> 6 bis 10		> 10 bis 18		> 18 bis 25		> 6 bis 10		> 10 bis 18		> 18 bis 25	
Nennstärke der Platten in mm	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Plattenbeanspruchung												
Biegung $f_{m,d}$	9,69	7,62	8,83	6,94	7,97	6,26	4,85	3,81	4,42	3,47	3,98	3,13
Druck $f_{c,90,d}$	5,38	4,23	5,38	4,23	5,38	4,23	5,38	4,23	5,38	4,23	5,38	4,23
Schub $f_{v,d}$	0,538	0,423	0,538	0,423	0,538	0,423	0,538	0,423	0,538	0,423	0,538	0,423
Scheibenbeanspruchung												
Biegung $f_{m,d}$	5,33	4,19	5,06	3,98	4,85	3,81	3,88	3,05	3,77	2,96	3,66	2,88
Zug $f_{t,d}$	5,33	4,19	5,06	3,98	4,85	3,81	3,88	3,05	3,77	2,96	3,66	2,88
Druck $f_{c,d}$	8,56	6,73	8,29	6,52	7,97	6,26	6,95	5,46	6,84	5,37	6,68	5,25
Schub $f_{v,d}$	3,66	2,88	3,66	2,88	3,66	2,88	3,66	2,88	3,66	2,88	3,66	2,88

für andere KLED sind die Werte zu multiplizieren mit:

NKL 1: ständig: 0,571 lang: 0,714 kurz: 1,286
 NKL 2: ständig: 0,545 lang: 0,727 kurz: 1,273

¹ Platten des Typs OSB/2 dürfen nur in NKL 1 verwendet werden

 Tabelle 3.12: Bemessungswerte der Festigkeiten in N/mm² für OSB-Platten der technischen Klassen OSB/4 nach DIN EN 13986, KLED mittel

Beanspruchung	parallel zur Spanrichtung der Deckschicht						rechtwinklig zur Spanrichtung der Deckschicht					
	> 6 bis 10		> 10 bis 18		> 18 bis 25		> 6 bis 10		> 10 bis 18		> 18 bis 25	
Nennstärke der Platten in mm	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Plattenbeanspruchung												
Biegung $f_{m,d}$	13,2	10,4	12,4	9,73	11,3	8,88	7,00	5,50	6,57	5,16	6,14	4,82
Druck $f_{c,90,d}$	5,38	4,23	5,38	4,23	5,38	4,23	5,38	4,23	5,38	4,23	5,38	4,23
Schub $f_{v,d}$	0,592	0,465	0,592	0,465	0,592	0,465	0,592	0,465	0,592	0,465	0,592	0,465
Scheibenbeanspruchung												
Biegung $f_{m,d}$	6,41	5,03	6,14	4,82	5,87	4,61	4,58	3,60	4,42	3,47	4,31	3,38
Zug $f_{t,d}$	6,41	5,03	6,14	4,82	5,87	4,61	4,58	3,60	4,42	3,47	4,31	3,38
Druck $f_{c,d}$	9,75	7,66	9,48	7,45	9,15	7,19	7,70	6,05	7,54	5,92	7,38	5,80
Schub $f_{v,d}$	3,72	2,92	3,72	2,92	3,72	2,92	3,72	2,92	3,72	2,92	3,72	2,92

für andere KLED sind die Werte zu multiplizieren mit:

NKL 1: ständig: 0,571 lang: 0,714 kurz: 1,286
 NKL 2: ständig: 0,545 lang: 0,727 kurz: 1,273

4 Querschnittsnachweise

Der Ausnutzungsgrad wird mit den Spannungen im Querschnitt infolge der Schnittgröße S_d , dem Bemessungswert der Baustofffestigkeit f_d und den Querschnittswerten QW dargestellt:

$$\frac{S_d}{R_d} = \frac{S_d}{f_d \cdot QW} = \frac{\sigma_d}{f_d} \leq 1$$

Bei den Querschnittsnachweisen werden die Auswirkungen des Stabverhaltens wie z. B. Knicken und Kippen auf die Tragfähigkeit noch nicht berücksichtigt.

4.1 Zug in Faserrichtung des Holzes

Die Zugspannung wird mit dem Bemessungswert der mittigen Zugkraft F_d und der Nettoquerschnittsfläche A_n berechnet und mit dem Bemessungswert der Zugfestigkeit $f_{t,0,d}$ verglichen:

$$\frac{F_d}{f_{t,0,d} \cdot A_n} = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

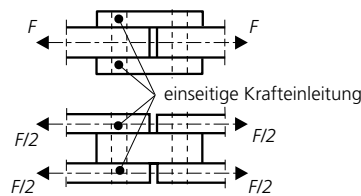


Abb. 4.1: Einseitige Krafteinleitung

Für einseitig beanspruchte Bauteile in symmetrischen Zugverbindungen mit ausziehfesten Verbindungsmitteln wie Schrauben, Bolzen, Passbolzen und Nägeln in nicht vorgebohrten Nagellöchern (siehe Abbildung 4.1) wird die Biegebeanspruchung infolge einseitiger Krafteinleitung durch die Abminderung von $f_{t,0,d}$ um ein Drittel berücksichtigt, sodass der Nachweis lautet:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{0,67 \cdot f_{t,0,d}} \leq 1$$

Werden keine ausziehfesten Verbindungsmittel wie z. B. Stabdübel verwendet, so ist $f_{t,0,d}$ um 60% abzumindern.

4.2 Druck in Faserrichtung des Holzes

Die Tragfähigkeit druckbeanspruchter Querschnitte ist mit der Nettoquerschnittsfläche A_n nachzuweisen:

$$\frac{F_d}{f_{c,0,d} \cdot A_n} = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

mit F_d Bemessungswert der mittigen Druckkraft

$f_{c,0,d}$ Bemessungswert der Druckfestigkeit in Faserrichtung

Querschnittsschwächungen, die dauerhaft mit einem Material satt ausgefüllt sind, dessen Elastizitätsmodul mindestens dem des Querschnittes entspricht, brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

Bei unsymmetrisch angeordneten Querschnittsschwächungen ist der Querschnitt für Druck und Biegung nachzuweisen (siehe 4.6).

4.3 Druck rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes

Für Druckspannungen rechtwinklig zur Faserrichtung lautet der Nachweis

$$\frac{F_d}{f_{c,90,d} \cdot k_{c,90} \cdot A_{ef}} \leq 1$$

mit F_d Bemessungswert der Druckkraft
 $f_{c,90,d}$ Bemessungswert der Druckfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung

$A_{ef} = b \cdot (\ell + 2 \cdot 30 \text{ mm}) \leq 3 \cdot b \cdot \ell$
siehe Abbildung 4.2a

$A_{ef} = b \cdot (\ell + a + 30 \text{ mm}) \leq 3 \cdot b \cdot \ell$
siehe Abbildung 4.2b

$k_{c,90}$ Beiwert nach Tabelle 4.1. Dabei ist zwischen Schwellendruck und Auflagerdruck zu unterscheiden (siehe Abbildung 4.3)

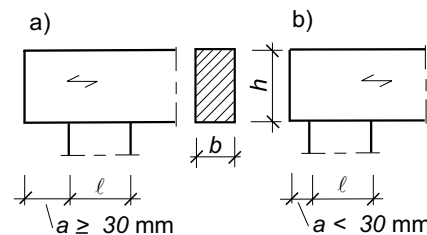


Abb. 4.2: Auflagerdruck

Beispiele: siehe Abschnitt 9.1, Pos 3, 5, 6.

Der Druck unter einem Winkel α bei Versätzen darf nach Abschnitt 8 nachgewiesen werden.

Tabelle 4.1 Beiwert $k_{c,90}$

Baustoff	$\ell_1 < 2h$ $\ell_1 \geq 2h$	
	Schwellendruck	Auflagerdruck
BSH aus NH	1,0	1,5
VH aus NH	1,0	1,25
VH aus LH	1,0	

* Für $\ell > 400 \text{ mm}$ ist mit $\ell = 400 \text{ mm}$ und $k_{c,90} = 1,75$ zu rechnen

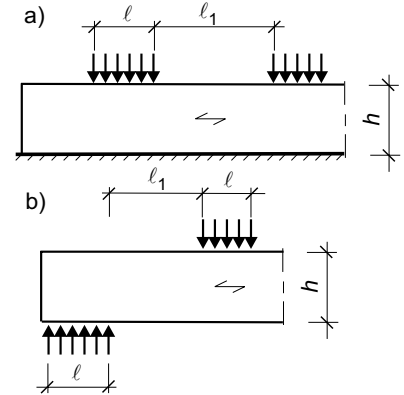


Abb. 4.3: Schwellendruck (a), Auflagerdruck (b)

4.4 Druck unter einem Winkel α

Für Fälle wie z. B. nach Abbildung 4.4 ist nachzuweisen, dass

$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{k_{c,\alpha} \cdot f_{c,\alpha,d}} \leq 1$$

mit

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{F_{c,\alpha,d}}{A_{ef}} \quad \text{mit } A_{ef} \text{ siehe Abbildung 4.4}$$

$$k_{c,\alpha} = 1 + (k_{c,90} - 1) \cdot \sin \alpha$$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha\right)^2 + \cos^4 \alpha}}$$

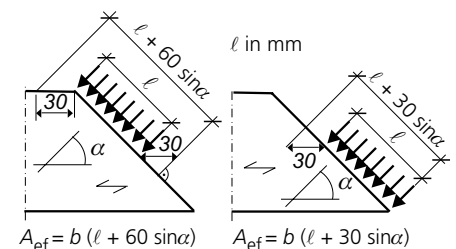


Abb. 4.4: Druck unter einem Winkel α

4.5 Biegung

Bei zweiachsiger Biegung rechteckiger Querschnitte nach Abbildung 4.5 berechnen sich die Biegespannungen zu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} \quad \text{und} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z}$$

Für Baustoffe mit $f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = f_{m,d}$ lautet der

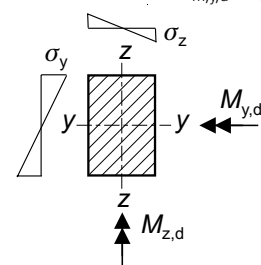


Abb. 4.5: Querschnitt mit zweiachsiger Biegung

Nachweis der Biegetragfähigkeit

für $\sigma_{m,y,d} \geq \sigma_{m,z,d}$:
$$\frac{\sigma_{m,y,d} + k_{red} \cdot \sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

für $\sigma_{m,y,d} \leq \sigma_{m,z,d}$:
$$\frac{k_{red} \cdot \sigma_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

mit
 $k_{red} = 0,7$ für □-Querschnitte aus VH, BSH und Balkenschichtholz mit $h/b \leq 4$
 $k_{red} = 1,0$ für andere Querschnitte und Baustoffe

Querschnittsschwächungen im Biegezugbereich sind stets zu berücksichtigen. Bei Querschnittsschwächungen im Biegedruckbereich darf wie bei Druck in Faserrichtung verfahren werden.

Beispiele einachsiger Biegung: siehe Abschnitt 9.1, Pos 2, 3, 5 und Abschnitt 9.2.

4.6 Biegung und Normalkraft

Wird ein Querschnitt zusätzlich zum Biegemoment um eine Achse durch eine Zugkraft F_d beansprucht, lautet die Gleichung des Ausnutzungsgrads

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{F_d}{f_{t,0,d} \cdot A_n} \leq 1$$

Beispiele siehe Abschnitt 9.1, Pos 3 und Abschnitt 9.2.

Bei gleichzeitiger Druck- und Biegebeanspruchung infolge der planmäßiger Schnittgrößen Normalkraft F_d und Biegemoment M_d oder ausmittiger Normalkraft darf das plastische Arbeitsvermögen des Holzes unter Druckbeanspruchung berücksichtigt werden und die Nachweisgleichung lautet:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

mit

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_d}{A_n} \quad \text{und} \quad \sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_n}$$

Beispiel:

Stützenquerschnitt mit Ausklinkung in Auflagernähe und somit ohne Knickgefahr

KLED: mittel

Stütze 160 x 160 mm NH C 24 mit einer Ausklinkung des Querschnitts von 32 mm

aus Tabelle 3.4:

$$f_{c,0,d} = 12,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = 14,8 \text{ N/mm}^2$$

Mittige Druckkraft $F_d = 180 \text{ kN}$

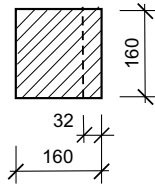


Abb. 4.6: Querschnitt

Nachweis des Bruttoquerschnitts:
 $\sigma_{c,0,d} = 180 \cdot 103/1602 = 7,03 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d} = 7,03/12,9 = 0,55 < 1$

Nachweis des Nettoquerschnitts:

$$e = 16 \text{ mm} = 0,016 \text{ m}$$

$$M_d = 180 \cdot 0,016 = 2,88 \text{ kNm}$$

$$A_n = 160 \cdot (160 - 32) = 20\,500 \text{ mm}^2$$

$$W_n = 437\,000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{c,0,d} = 180 \cdot 10^3/20\,500 = 8,78 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = 2,88 \cdot 10^6/437\,000 = 6,59 \text{ N/mm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \left(\frac{8,78}{12,9} \right)^2 + \frac{6,59}{14,8} = 0,91 < 1$$

4.7 Schub aus Querkraft

Der Querschnittsnachweis für Schub

$$\tau_d/f_{v,d} \leq 1$$

infolge der Querkraft V_d lautet

für □-Querschnitte: $\tau_d = 1,5 \cdot V_d/A$

für O-Querschnitte: $\tau_d = 1,33 \cdot V_d/A$

Beispiele siehe Abschnitt 9.1, Pos 2, 3, 5.

Bei durchlaufenden oder auskragenden Biegebalken aus Nadelholz darf die charakteristische Schubfestigkeit um 30% erhöht werden, wenn der maßgebende Querschnitt mindestens 1,5 m vom Stirnende (Holzende) entfernt liegt. Der Nachweis lautet somit:

$$\frac{\tau_d}{1,3 \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

Man sollte diese Erhöhung aber auf solche Fälle beschränken, bei denen eine rasche und starke Austrocknung der eingebauten Hölzer nicht zu erwarten ist.

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{y,d}^2 + \tau_{z,d}^2}$$

$$= \frac{1,5}{A} \sqrt{V_{y,d}^2 + V_{z,d}^2}$$

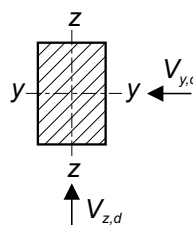


Abb. 4.7: Querschnitt mit Querkraften in y- und z-Richtung

Bei Querkraften in y- und z-Richtung (Abbildung 4.7) kann τ_d ermittelt werden zu
Im Falle direkter Auflagerung, d.h. Auflagerung am unteren Trägerrand bei Lastangriff am oberen Trägerrand darf die Querkraft infolge auflagnaher Einzellasten ($e < 2,5 \cdot h$) mit $V_{red} = V \cdot e/(2,5 \cdot h)$ in den Schubspannungsnachweis eingesetzt werden. Als maßgebend darf die Querkraft im Abstand h (Trägerhöhe über Auflagermitte) vom Auflager rand angenommen werden.

Somit erhält man für Einfeldträger mit Gleichstreckenlast r

$$V_{red,r} = \frac{r \cdot \ell}{2} \cdot \left[1 - \frac{\ell_s}{\ell} - 2 \cdot \frac{h}{\ell} \right]$$

Zur Vereinfachung darf auf der sicheren Seite liegend $\ell_s = 0$ angenommen werden.

Für auflagnahere Einzellasten berechnet sich die maßgebende Querkraft zu:

$$V_{red,F} = 0,4 \cdot \frac{e}{h} \cdot V_F$$

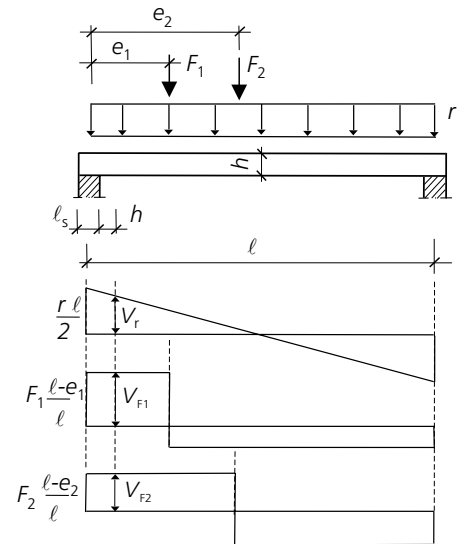


Abb. 4.8: Beispiel zur Ermittlung der maßgebenden Querkraft

Die maßgebende Querkraft eines Einfeldträgers nach Abbildung 4.8 berechnet sich für

$$e_1 < 2,5 \cdot h$$

$$e_2 > 2,5 \cdot h$$

$$e_1 \text{ bzw. } e_2 > \ell_s/2 + h$$

zu

$$V_{red} = \frac{r \cdot \ell}{2} \cdot \left[1 - \frac{\ell_s}{\ell} - 2 \cdot \frac{h}{\ell} \right] +$$

$$F_1 \cdot \frac{e_1}{2,5 \cdot h} \cdot \frac{\ell - e_1}{\ell} + F_2 \cdot \frac{\ell - e_2}{\ell}$$

5 Druckstäbe und Biegeträger

5.1 Druckstäbe aus VH und BSH

Der Knicknachweis nach dem Ersatzstabverfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Ermittlung der Ersatzstablänge ℓ_{ef} z.B. nach Anhang E.2 der DIN 1052
- Querschnitts- und Materialwahl
- Ermittlung des Schlankheitsgrades $\lambda = \ell_{ef}/i$
- Bestimmung des Knickbeiwertes k_c aus Tabelle 5.1 in Abhängigkeit von λ und vom gewählten Material des Stabes. Die Zusammenfassung von Festigkeitsklassen in Tabelle 5.1 ergibt Abweichungen von $\leq 3,5\%$ bei Nadelholz, $\leq 8,5\%$ bei Laubholz und $\leq 2\%$ bei BS-Holz zur sicheren Seite.
- Berechnung des Bemessungswertes der Druckspannung. Befinden sich im mittleren Drittel des Ersatzstabes Querschnittschwächungen, die eine Weiterleitung der Druckspannungen unterbrechen, ist die Druckspannung $\sigma_{c,0}$ mit der Nettofläche A_n zu ermitteln.
- Vergleich des Bemessungswertes der Druckspannung mit dem k_c -fachen Bemessungswert der Druckfestigkeit:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

Beispiel: siehe Abschnitt 9.1, Pos 6

5.2 Biegestäbe

5.2.1 Biegung ohne Normalkraft

Bei kippgefährdeten Biegestäben wird statt des Nachweises der Querschnittstragfähigkeit der Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

maßgebend. Für Rechteckquerschnitte mit $h/b \leq 10$ aus VH oder BSH benötigt man für den Nachweis die folgenden Werte:

- $\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y}$
- $f_{m,d}$ nach Tabellen 3.4, 3.5 und 3.7
- Kippbeiwert k_m nach Tabelle 5.3

Der Kippbeiwert hängt vom Kippschlankheitsgrad $\lambda_{rel,m}$ ab, für den die Ersatzstablänge ℓ_{ef} nach Anhang E.3 der DIN 1052 benötigt wird.

Für $\ell_{ef} \leq \frac{140 \cdot b}{h/b}$ darf $k_m = 1$

Tabelle 5.1: Knickbeiwert k_c^*

λ	C 24 bis C 40	D 30 bis D 40	GL 24h bis GL 36h
15	1	1	1
20	0,991	0,989	0,998
25	0,970	0,968	0,988
30	0,946	0,943	0,977
35	0,918	0,914	0,964
40	0,884	0,878	0,947
45	0,842	0,834	0,925
50	0,792	0,781	0,894
55	0,733	0,720	0,853
60	0,670	0,655	0,798
65	0,607	0,591	0,733
70	0,547	0,532	0,664
75	0,492	0,477	0,598
80	0,443	0,430	0,538
85	0,400	0,387	0,484
90	0,363	0,351	0,437
95	0,330	0,318	0,396
100	0,301	0,290	0,360
105	0,275	0,266	0,329
110	0,252	0,244	0,301
115	0,232	0,224	0,277
120	0,215	0,207	0,255
125	0,199	0,192	0,236
130	0,185	0,178	0,219
135	0,172	0,166	0,203
140	0,161	0,155	0,189
145	0,150	0,145	0,177
150	0,141	0,136	0,166
155	0,132	0,127	0,155
160	0,124	0,120	0,146
165	0,117	0,113	0,137
170	0,111	0,107	0,130
175	0,105	0,101	0,122
180	0,099	0,096	0,116
185	0,094	0,091	0,110
190	0,089	0,086	0,104
195	0,085	0,082	0,099
200	0,081	0,078	0,094
205	0,077	0,074	0,090
210	0,073	0,071	0,086
215	0,070	0,068	0,082
220	0,067	0,065	0,078
225	0,064	0,062	0,075
230	0,062	0,059	0,072
235	0,059	0,057	0,069
240	0,057	0,055	0,066
245	0,054	0,052	0,063
250	0,052	0,050	0,061

* Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden angenommen werden. Für andere Werte wird zunächst der Kippschlankheitsgrad

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{\ell_{ef} \cdot h}{b^2}}$$

mit κ_m nach Tabelle 5.2 ermittelt und dann der Kippbeiwert k_m der Tabelle 5.3 entnommen.

Tabelle 5.2: Beiwert κ_m

C 24	C 30 bis C 40	D 30	D 35 bis D 40
0,0645	0,0738	0,0684	0,0742
GL 24h	GL 28h	GL 32h und GL 36h	GL 24c bis GL 36c
0,0563	0,0584	0,0613	0,0624

Tabelle 5.3: Kippbeiwert k_m

$\lambda_{rel,m}$	k_m
$\leq 0,75$	1,000
0,8	0,960
0,9	0,885
1,0	0,810
1,1	0,735
1,2	0,660
1,3	0,585
1,4	0,510
$> 1,4$	$1/\lambda_{rel,m}^2$

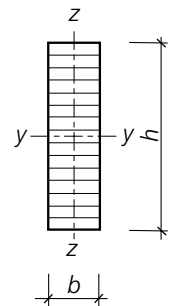


Abb. 5.1: Querschnitt

Beispiel: Einfeldträger mit $\ell = 15$ m

$M_d = 130$ kNm

KLED: kurz

□ 120 x 800 mm GL 24h

Gabellagerung an den Auflagern

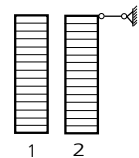


Abb. 5.2: Ohne (1) und mit (2) seitlicher Abstützung

Ersatzstablänge für Einfeldträger mit Gleichstreckenlast nach Anhang E.3, Gl. (E.8) der DIN 1052:

$$\alpha = \beta = 1 ; a_1 = 1,13 ; a_2 = 1,44$$

$$a_z = + h/2 = 0,4 \text{ m}$$

$$\frac{B}{T} = \frac{E_{0,mean}}{4 \cdot G_{mean}} = \frac{11600}{4 \cdot 720} = 4,03$$

$$\ell_{ef} = 14,4 \text{ m}$$

Grenzwert für ℓ_{ef}

$$\ell_{ef} = \frac{140 \cdot 0,12}{800/120} = 2,52 \text{ m} \ll 14,4 \text{ m}$$

Fall 1:

Obwohl der Vergleich der Ersatzstablänge ℓ_{ef} mit dem Grenzwert ergibt, dass der Kippnachweis ohne weitere seitliche Abstützungen nicht erfüllt sein dürfte, wird zunächst der Kippnachweis mit einer Ersatzstablänge $\ell_{ef} = 14,4$ m geführt.

$$\sigma_{m,d} = \frac{130 \cdot 10^6}{\frac{120 \cdot 800^2}{6}} = 10,2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = \frac{1,125 \cdot 14,8}{1,3} = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

aus Tabelle 5.2: $\kappa_m = 0,0563$

$$\lambda_{rel,m} = 0,0563 \cdot \sqrt{\frac{14,4 \cdot 0,8}{0,12^2}} = 1,59 > 1,4$$

aus Tab. 5.3: $k_m = 1/1,59^2 = 0,39$

$$\frac{10,2}{0,39 \cdot 16,6} = 1,58 \gg 1,$$

d. h., dass der Träger zusätzlich seitlich abgestützt werden muss.

Fall 2:

Zusätzliche Abstützungen in den Drittelpunkten. Das mittlere Drittel des Trägers ist für den Kippnachweis maßgebend. Es wird vereinfachend mit konstantem Moment $M_d = 130$ kNm gerechnet.

$$\ell_{ef} = 15,0/3 = 5,0 \text{ m}$$

mit $\alpha = \beta = 1$; $a_1 = 1$; $a_2 = 0$

$$\lambda_{rel,m} = 1,59 \cdot \sqrt{\frac{5,0}{14,4}} = 0,94$$

aus Tab. 5.3: $k_m = 0,855$

$$\frac{10,2}{0,855 \cdot 16,6} = 0,72 < 1$$

5.2.2 Biegung mit Normalkraft

Für Baustoffe mit $f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = f_{m,d}$ lauten die Nachweise für Biegung mit Druckkraft bei $\sigma_{m,y,d} / k_m \geq \sigma_{m,z,d}$:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{1}{k_m} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d} + k_{red} \cdot \sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

bzw. bei $\sigma_{m,y,d} / k_m \leq \sigma_{m,z,d}$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{k_{red} \cdot \sigma_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Knickbeiwerte k_c nach Tabelle 5.1

$$k_c = \min\{k_{c,y}; k_{c,z}\}$$

Kippbeiwerte k_m nach Tabelle 5.3

Beiwert k_{red} siehe Abschnitt 4.5

Die Nachweise für Biegung mit Zugkraft lauten:

bei $\sigma_{m,y,d} / k_m \geq \sigma_{m,z,d}$:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{1}{k_m} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d} + k_{red} \cdot \sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

und

bei $\sigma_{m,y,d} / k_m \leq \sigma_{m,z,d}$:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{k_{red} \cdot \sigma_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

5.2.3 Pultdach-, Satteldach- und gekrümmte Träger

Die Angaben dieses Abschnitts gelten für Rechteckquerschnitte aus Brettschichtholz.

Pultdachträger

Für den üblichen Fall des Einfeldträgers unter Gleichstreckenlast ergibt sich die maximale Biegerandspannung an der Stelle

$$x = \frac{\ell}{1 + h_{ap} / h_s} \text{ siehe Abbildung 5.3}$$

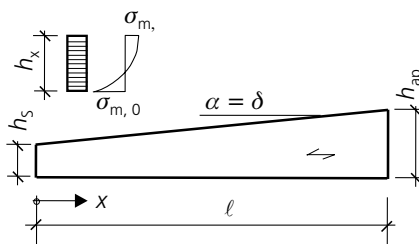


Abb. 5.3: Pultdachträger

Die Biegespannung am faserparallelen Rand beträgt

$$\sigma_{m,d} = k_{r,0} \cdot \frac{M_d}{W}$$

mit $k_{r,0}$ nach Tabelle 5.4

Tabelle 5.4 Beiwert $k_{r,0}$

α	1°	2°	3°	4°	5°
$k_{r,0}$	1	1,01	1,01	1,02	1,03
α	6°	7°	8°	9°	10°
$k_{r,0}$	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12

Der Biegespannungsnachweis für den faserparallelen Rand lautet

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Die Biegespannung am Rand schräg zur Faserichtung beträgt

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \frac{M_d}{W}$$

und der Nachweis lautet

$$\frac{\sigma_{m,\alpha,d}}{f_{m,\alpha,d}} \leq 1$$

mit $f_{m,\alpha,d}$ für KLED mittel nach Tabelle 5.5 für den Biegezugrand und nach Tabelle 5.6 für den Biegedruckrand.

Satteldachträger mit geradem unteren Rand

Die Nachweise eines Einfeldträgers nach Abbildung 5.4 unter Gleichstreckenlast an der Stelle

$$x = \frac{\ell \cdot h_s}{2 \cdot h_{ap}}$$

sind wie für einen Pultdachträger zu führen.

Tabelle 5.5: Bemessungswert $f_{m,\alpha,d}$ der Biegefestigkeit am Biegezugrand in N/mm² für Brettschichtholz, KLED mittel*

α	GL 24	GL 28	GL 32	GL 36
0°	14,8	17,2	19,7	22,2
1°	14,6	16,9	19,3	21,5
2°	14,1	16,1	18,1	19,9
3°	13,3	14,9	16,5	17,8
4°	12,3	13,6	14,6	15,6
5°	11,2	12,1	12,9	13,5
6°	10,1	10,7	11,2	11,6
7°	8,99	9,45	9,79	10,0
8°	7,99	8,31	8,54	8,70
9°	7,10	7,32	7,47	7,58
10°	6,31	6,46	6,56	6,63

* Bei anderen KLED sind die Werte mit folgenden Faktoren zu multiplizieren:
ständig: 0,75; lang: 0,875; kurz: 1,125

Tabelle 5.6: Bemessungswert $f_{m,\alpha,d}$ der Biegefestigkeit am Biegedruckrand in N/mm² für Brettschichtholz, KLED mittel*

α	GL 24	GL 28	GL 32	GL 36
0°–3°	14,8	17,2	19,7	22,2
4°	14,1	16,2	18,2	20,1
5°	13,8	15,7	17,5	19,1
6°	13,4	15,1	16,7	18,1
7°	13,0	14,5	15,9	17,1
8°	12,5	13,9	15,1	16,1
9°	12,1	13,3	14,3	15,2
10°	11,6	12,7	13,5	14,3

* Bei anderen KLED sind die Werte mit folgenden Faktoren zu multiplizieren:
ständig: 0,75; lang: 0,875; kurz: 1,125

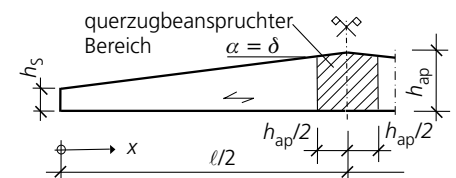


Abb. 5.4: Satteldachträger mit geradem unteren Rand

Für solche Träger ist der Firstquerschnitt zusätzlich zu überprüfen:

Die Biegespannung am faserparallelen, unteren Rand

$$\sigma_{m,d} = k_\ell \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}}$$

mit k_ℓ nach Tabelle 5.7

Tabelle 5.7: Beiwerte k_ℓ und k_p für Satteldachträger mit geradem unteren Rand

α	k_ℓ	k_p
0°	1	1
1°	1,026	0,003
2°	1,055	0,007
3°	1,088	0,010
4°	1,124	0,014
5°	1,164	0,017
6°	1,207	0,021
7°	1,253	0,025
8°	1,303	0,028
9°	1,357	0,032
10°	1,415	0,035

muss den Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

erfüllen, und die Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}}$$

mit k_p nach Tabelle 5.7 muss den Nachweis

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d}^*} \leq 1$$

mit

$$f_{t,90,d}^* = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_{dis} \cdot (h_0 / h_{ap})^{0,3} \cdot f_{t,0,k}$$

$$= 0,4 \cdot (h_0 / h_{ap})^{0,3}$$

nach Tabelle 5.8 erfüllen.

Für $\sigma_{t,90,d} \geq 0,6 \cdot f_{t,90,d}^*$ ist eine konstruktive Verstärkung im querzugbeanspruchten Bereich zur Aufnahme zusätzlicher klimatisch bedingter Quersugspannungen erforderlich.

Tabelle 5.8: Bemessungswert der Quersugfestigkeit $f_{t,90,d}^*$ in N/mm² im Firstquerschnitts von Satteldachträgern mit geradem und gekrümmtem unteren Rand, KLED mittel; Material: Brettschichtholz

h_{ap} in mm	$f_{t,90,d}^*$	h_{ap} in mm	$f_{t,90,d}^*$
200	0,556	1200	0,325
400	0,452	1400	0,310
600	0,400	1600	0,298
800	0,367	1800	0,288
1000	0,343	2000	0,279

* Bei anderen KLED sind die Werte mit folgenden Faktoren zu multiplizieren:
ständig: 0,75; lang: 0,875; kurz: 1,125

Gekrümmte Träger

Die maximale Längsspannung am konkaven Rand

$$\sigma_{m,d} = k_\ell \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}}$$

mit k_ℓ nach Tabelle 5.9 muss den Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

Tabelle 5.9: Beiwerte k_ℓ und k_p für gekrümmte Träger

h_{ap}/r	k_ℓ	k_p
0	1,00	0
0,05	1,02	0,013
0,10	1,04	0,025
0,15	1,07	0,038
0,20	1,09	0,050
0,25	1,13	0,063
0,30	1,16	0,075
0,35	1,20	0,088
0,40	1,24	0,100
0,45	1,28	0,113
0,50	1,33	0,125

Tabelle 5.10: Beiwerte k_r

$\frac{r - h_{ap}/2}{t}$	240	200	160	120	80
k_r	1,00	0,96	0,92	0,88	0,84

t ist die Lamellendicke

mit k_r nach Tabelle 5.10 erfüllen, und die Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}}$$

mit $k_p = 0,25 \cdot h_{ap}/r$ muss den Nachweis

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{0,885 \cdot f_{t,90,d}^*} \leq 1$$

mit $f_{t,90,d}^*$ nach Tabelle 5.8 erfüllen.

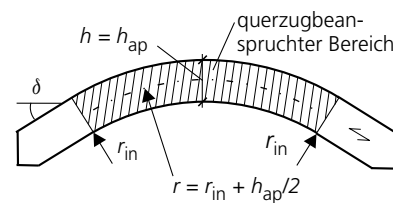


Abb. 5.5: Gekrümmter Träger

Für $\sigma_{t,90,d} \geq 0,53 \cdot f_{t,90,d}^*$ ist eine konstruktive Verstärkung im querzugbeanspruchten Bereich zur Aufnahme zusätzlicher klimatisch bedingter Quersugspannungen erforderlich. Beispiel siehe Abschnitt 9.2

Satteldachträger mit gekrümmtem unteren Rand

Die Nachweise eines Einfeldträgers nach Abbildung 5.6 unter Gleichstreckenlast an der Stelle

$$x = \frac{\ell \cdot h_s}{2 \cdot h_1}$$

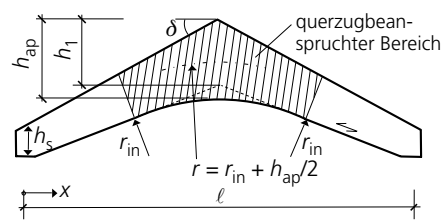


Abb. 5.6: Satteldachträger mit gekrümmtem unteren Rand

sind wie für einen Pultdachträger zu führen. Der Firstquerschnitt ist zusätzlich zu überprüfen.

Die Biegespannung am faserparallelen, unteren Rand

$$\sigma_{m,d} = k_\ell \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}}$$

mit k_ℓ nach Tabelle 5.11 muss den Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

mit k_r nach Tabelle 5.10 erfüllen, und die Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}}$$

mit k_p nach Tabelle 5.12 muss den Nachweis

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d}^*} \leq 1$$

mit $f_{t,90,d}^*$ nach Tabelle 5.8 erfüllen.

Für $\sigma_{t,90,d} \geq 0,6 \cdot f_{t,90,d}^*$ ist eine konstruktive Verstärkung im querzugbeanspruchten Bereich zur Aufnahme zusätzlicher klimatisch bedingter Quersugspannungen erforderlich.

Tabelle 5.11: Beiwerte k_r für Satteldachträger mit gekrümmtem unteren Rand

δ	h_{ap}/r					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0°	1,000	1,041	1,094	1,159	1,236	1,325
2°	1,055	1,071	1,105	1,156	1,225	1,312
4°	1,124	1,115	1,128	1,165	1,225	1,309
6°	1,207	1,172	1,165	1,186	1,236	1,316
8°	1,303	1,242	1,214	1,219	1,259	1,334
10°	1,415	1,327	1,277	1,265	1,294	1,363
12°	1,542	1,427	1,354	1,325	1,341	1,403
14°	1,685	1,542	1,446	1,398	1,400	1,455
16°	1,845	1,675	1,554	1,486	1,474	1,520
18°	2,025	1,825	1,679	1,590	1,562	1,598
20°	2,225	1,995	1,822	1,711	1,665	1,690

Tabelle 5.12: Beiwerte k_p für Satteldachträger mit gekrümmtem unteren Rand

δ	h_{ap}/r					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0°	0,000	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125
2°	0,007	0,028	0,050	0,073	0,098	0,124
4°	0,014	0,031	0,051	0,073	0,097	0,125
6°	0,021	0,035	0,052	0,073	0,098	0,126
8°	0,028	0,039	0,055	0,075	0,099	0,127
10°	0,035	0,044	0,058	0,077	0,101	0,130
12°	0,043	0,050	0,063	0,081	0,104	0,133
14°	0,050	0,056	0,068	0,086	0,109	0,137
16°	0,057	0,063	0,075	0,092	0,115	0,142
18°	0,065	0,071	0,083	0,100	0,121	0,149
20°	0,073	0,080	0,092	0,108	0,130	0,156

6 Tafeln

6.1 Allgemeines

Tafel

In diesem Abschnitt werden keine massiven Scheiben aus Brettschichtholz, Brettstapeln oder Brettspertholz behandelt, sondern nur als Scheiben beanspruchte Tafeln. Tafeln bestehen aus einem Verbund von Rippen und ein- oder beidseitiger ebener Beplankung aus Holzwerkstoffplatten. Der Verbund erfolgt durch mechanische Verbindungsmittel oder durch Klebung. Nachfolgend wird der Verbund durch Klebung nicht behandelt.

Tafelelemente

Werden Tafeln aus einzelnen Tafelelementen zusammengesetzt, dann sind diese Tafelelemente z. B. nach Abbildung 6.1 so zu verbinden, dass der Schubfluss der angrenzenden Beplankungsränder von Element zu Element übertragen werden kann.

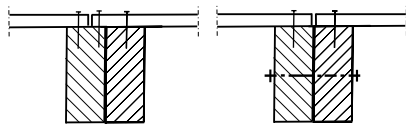


Abb. 6.1: Übertragung des Schubflusses bei Tafeln aus mehreren Elementen

Rippen

Die Tafeln müssen an allen Rändern durch Randrippen begrenzt sein, siehe Abbildung 6.2. Parallel zu einem Rand verlaufen im Abstand a_r die Innenrippen. Die druck- oder biegebeanspruchten Rippen gelten als ausreichend gegen Kippen und Knicken in Tafelebene gesichert, wenn sie mit einer beidseitigen aussteifenden Beplankung kontinuierlich (siehe *Verbindung*) verbunden sind. Dies gilt auch für Rippen mit einseitiger aussteifender Beplankung, wenn das Seitenverhältnis h/b des Rechteckquerschnitts den Wert 4 nicht überschreitet. Randrippen dürfen nicht gestoßen sein oder die Tragfähigkeit des Stoßes muss größer sein als der 1,5-fache Wert der Beanspruchung an der Stoßstelle.

Platten der Beplankung

Die Platten der Beplankung sind in Reihen rechtwinklig (Abbildung 6.2a) oder parallel (Abbildung 6.2b) zu den durchlaufenden Rippen angeordnet, wobei die Plattenstöße der einen Richtung immer auf den Rippen erfolgen (Schnitt 2-2). Die Plattenränder in der anderen Richtung sind frei (Schnitt 1-1) oder durch Stoßhölzer schubsteif verbunden (Schnitt 3-3). Freie Plattenränder sind bei Wandtafeln unzulässig.

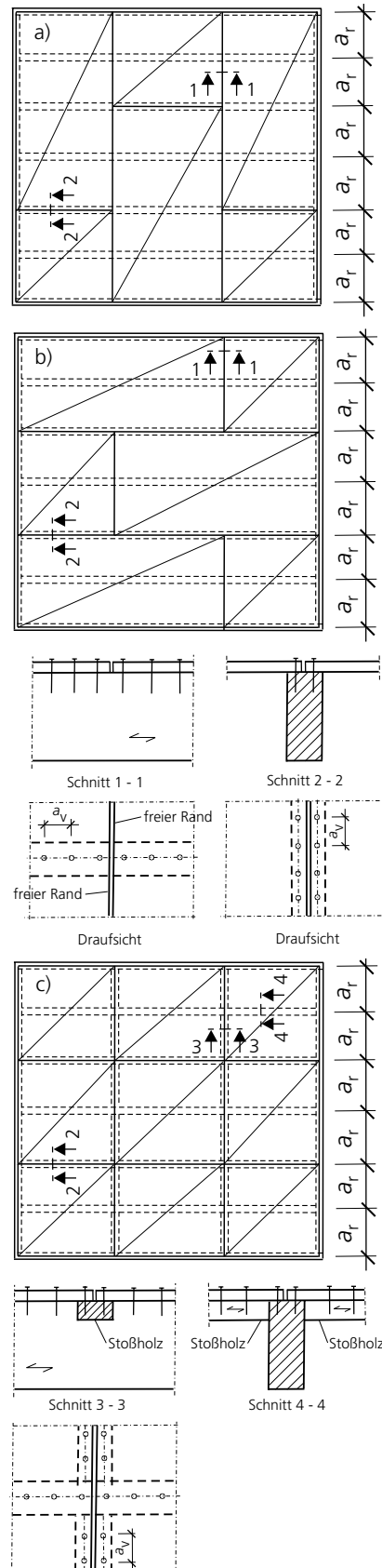


Abb. 6.2: Anordnung der Platten: a) in Reihen quer zu den Innenrippen, b) in Reihen parallel zu den Innenrippen, c) mit nicht versetzten Plattenstößen (nur zulässig bei durch Stoßhölzer schubsteif verbundenen Platten)

Verbund Beplankung/Rippe

Der Verbund von Beplankung und Rippe wird durch den bereichsweise für jede Rippe konstant angenommenen Schubfluss $s_{v,0}$ in N/mm in Rippenlängsrichtung und gegebenenfalls durch die rechtwinklig zur Rippenlängsrichtung wirkende kontinuierliche Beanspruchung $s_{v,90}$ in N/mm beansprucht. Der Abstand a_v der Verbindungsmittel ist an allen Plattenrändern auf den Rippen und auf den Stoßhölzern konstant.

Verbindung

Eine kontinuierliche Verbindung von Beplankung und Rippen darf angenommen werden, wenn der Abstand der Verbindungsmittel entlang den Plattenrändern bei Nägeln und Klammern höchstens 150 mm, bei Schrauben höchstens 200 mm beträgt. In anderen Bereichen darf der Abstand höchstens 300 mm betragen. Der Verbindungsmittelabstand a_v muss mindestens $20 \cdot d$ betragen, sofern kein genauere Nachweis der Tragfähigkeit der Platte geführt wird. Als Randabstände der Verbindungsmittel für Platten und Rippen darf bei Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern das Maß $a_{2,c}$ gewählt werden. In Randbereichen, in denen die Rippen rechtwinklig zu ihrer Stabachse beansprucht werden, können andere Randabstände erforderlich sein. Bei allen Tafeln mit freien Plattenrändern muss als Randabstand der Verbindungsmittel das Maß $a_{2,t}$ für $\alpha = 90^\circ$ gewählt werden.

Öffnungen

Einzelne Öffnungen in der Beplankung dürfen bei der Berechnung der Beanspruchungen vernachlässigt werden, wenn sie kleiner als 200×200 mm sind. Bei mehreren Öffnungen muss hierbei die Summe der Längen kleiner als 10% der Tafellänge und die Summe der Höhen kleiner als 10% der Tafelhöhe sein. Die Auswirkungen größerer Öffnungen sind nachzuweisen.

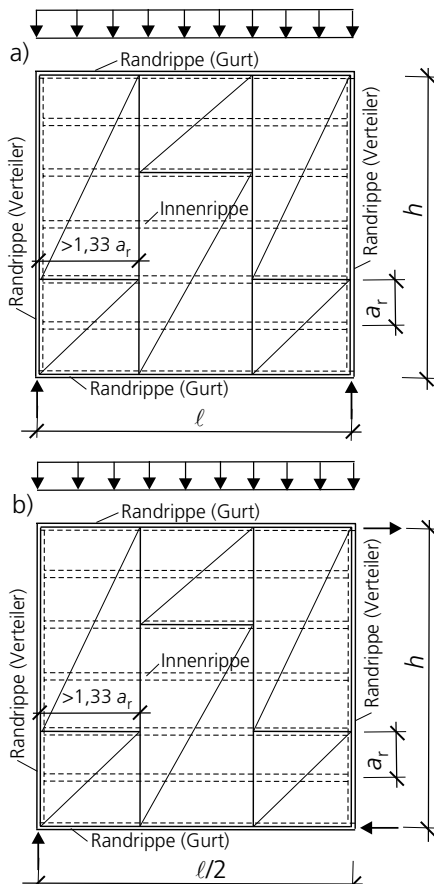


Abb. 6.3: Deckentafeln mit freien Plattenrändern:
a) Lasteinleitung über den Gurt, b) Lasteinleitung über Innenrippen (Verteiler)

6.2 Dach- und Deckentafeln

Geometrie und Lagerung

Dach- und Deckentafeln sind rechteckige Tafeln mit einer Länge ℓ und einer Höhe h , die in ihrer Ebene an ihrem oberen und unteren Rand durch eine Gleichstreckenlast in Richtung der Tafelhöhe beansprucht werden, siehe z.B. Abbildung 6.3.

Freie Plattenränder

Freie Plattenränder sind quer zu den Innenrippen zulässig (siehe Abbildung 6.3). Hierbei sind folgende Bedingungen einzuhalten:

- die Platten sind um mindestens einen Rippenabstand a_r versetzt angeordnet,
- die Seitenlänge der Platten in Rippenrichtung beträgt mindestens $1,33 \cdot a_r$
- die Platten sind auch an die Rippen, auf denen die Platten nicht gestoßen sind, mit Verbindungsmitteln im Abstand a_v angeschlossen,
- die Stützweite ℓ der Tafel beträgt weniger als 12,5 m oder es sind höchstens drei Plattenreihen vorhanden,
- die Tafelhöhe h in Lastrichtung beträgt mindestens $\ell/4$,

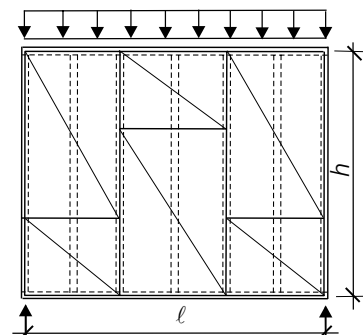


Abb. 6.4: Rechnerische Tafelhöhe h_{ef} bei Lasteinleitung über Rippen (Verteiler) in die Tafel

- der Bemessungswert der Einwirkungen ist nicht größer als 5,0 kN/m.

Tafelhöhe

Die Tafelhöhe h darf bei Tafeln, bei denen die Last über Rippen (Verteiler) in die Tafel eingeleitet wird, die über die volle Tafelhöhe durchgehen, rechnerisch nicht größer als die Stützweite angesetzt werden (Abbildung 6.4).

Wenn das Tragverhalten nicht genauer berechnet und die Lasteinleitung nicht nachgewiesen wird, ist bei anderen Systemen die rechnerische Tafelhöhe h_{ef} gemäß Abbildung 6.5 anzusetzen mit:

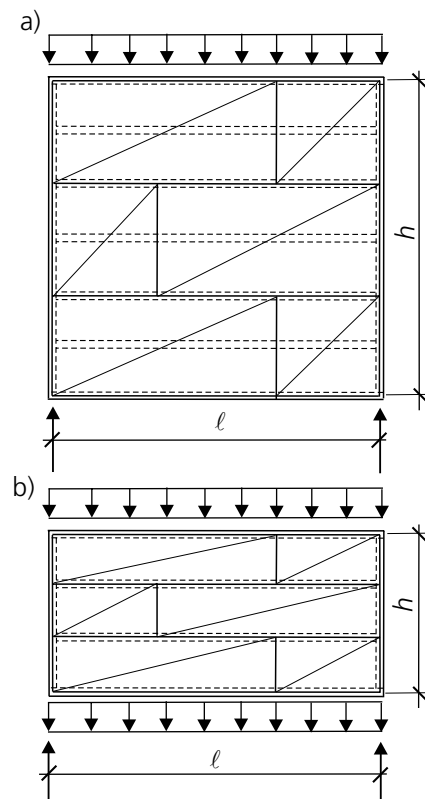


Abb. 6.5: Rechnerische Tafelhöhe h_{ef} bei Lasteinleitung über Randrippe (Gurt):
a) Last auf einem Rand,
b) Last auf beiden Rändern

a) Last auf einem Rand
 $h_{ef} = h$ für $h \leq \ell/4$
 $h_{ef} = \ell/4$ für $h > \ell/4$

b) Last auf beiden Rändern
 $h_{ef} = h$ für $h \leq \ell/2$
 $h_{ef} = \ell/2$ für $h > \ell/2$

Beanspruchungen der Tafel

Die Beanspruchungen der Tafeln dürfen vereinfachend nach der Balkentheorie berechnet werden. Die obere und untere Randrippe sind als allein wirksamer Gurt für die Kraft aus dem maximalen Biegemoment zu bemessen. Die Beplankung ist für den Schubfluss $s_{v,0}$ aus der maximalen Querkraft zu bemessen, wobei der Schubfluss als über die Tafelhöhe konstant angenommen werden darf. Die Beanspruchung $s_{v,90}$ aus der Lasteinleitung darf unter Berücksichtigung der Einschränkungen für die rechnerische Tafelhöhe vernachlässigt werden.

Durchbiegungsnachweis

Für Dach- und Deckentafeln ist ein Nachweis der Tafeldurchbiegung nicht erforderlich, wenn

- die Tafelhöhe mindestens $\ell/4$ beträgt,
- die Seitenlängen der Platten mindestens 1,0 m betragen,
- der Verbindungsmittelabstand a_v an allen Rändern der Tafel eingehalten wird.

Tragfähigkeitsnachweise siehe 6.4.

6.3 Wandtafeln

Eine Wandtafel ist eine rechteckige Tafel der Länge ℓ und der Höhe h mit in regelmäßigen Abständen angeordneten lotrechten Rippen und einer horizontalen Kopf- und Fußrippe. Die Tafel wird in ihrer Ebene über die Kopfrippe horizontal durch eine Kraft F_v (Abbildung 6.6) und vertikal durch eine Gleichlast oder Druckkräfte F_c (Abbildung 6.8) beansprucht. Die seitlichen Randrippen sind druck- und bei geringer Auflast direkt zugfest mit der Unterkonstruktion verbunden. Die Fußrippe ist horizontal und vertikal gelagert.

Die ein- oder beidseitige Beplankung besteht aus über die volle Tafelhöhe durchgehenden Platten, die auf vertikalen Rippen gestoßen sein können. Die Mindestbreite der Platten beträgt $h/4$. Die Beplankung darf horizontal einmal gestoßen sein, wenn die Plattenränder schubsteif verbunden sind.

Bei der Scheibenbeanspruchung der Wandtafel unterscheidet man

- horizontale Beanspruchung
- vertikale Beanspruchung
- kombinierte Beanspruchung

6.3.1 Wandtafeln unter horizontaler Scheibenbeanspruchung

Normalkraft der Randrippen

$$F_{c,d} = F_{t,d} = F_{v,d} \cdot \frac{h}{\ell}$$

Wenn $\ell > 0,5 \cdot h$ darf für den Nachweis der Schwellenpressung angenommen werden

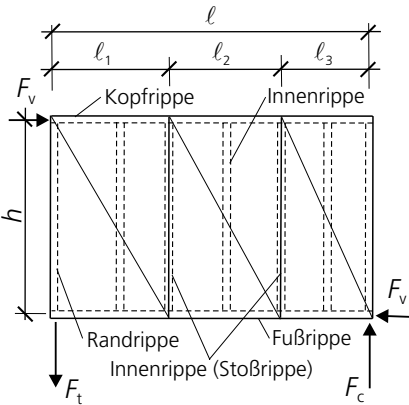


Abb. 6.6: Wandtafel unter horizontaler Scheibenbeanspruchung und Anschlusskräfte der Randrippen an die Unterkonstruktion

$$F_{c,d} = \begin{cases} 0,67 \cdot F_{v,d} \cdot \frac{h}{\ell} & \text{Beplankung beidseitig} \\ 0,75 \cdot F_{v,d} \cdot \frac{h}{\ell} & \text{Beplankung einseitig} \end{cases}$$

Normalkraft der Innenrippen

Für den Nachweis der Schwellenpressung darf angenommen werden

$$F_{c,d} = 0,20 \cdot F_{v,d} \cdot \frac{h}{\ell}$$

Beanspruchung der Verbindungsmittel

Mit den Verbindungsmitteln zwischen Beplankung und Rippen ist der Schubfluss $s_{v,0,d} = F_{v,d}/\ell$ zu übertragen.

Nachweis der horizontalen Verformung

Für Wandtafeln unter horizontaler Scheibenbeanspruchung ist ein Nachweis der horizontalen Verformung nicht erforderlich, wenn

- die Tafellänge mindestens $h/4$ beträgt
- die Breite der Platten mindestens $h/4$ beträgt
- die Tafel direkt in einer steifen Unterkonstruktion gelagert ist.

Wände mit Öffnungen

Die durch Tür- oder Fensteröffnungen ungestörten Wandbereiche sind gemäß Abbildung 6.7 als einzelne Tafeln zu betrachten und jede Tafel ist für sich zu verankern. Die Beanspruchungen der Beplankung und der vertikalen Rippen einer gemeinsam wirkenden Gruppe von Wandtafelementen, die mit einer durchlaufenden Kopf- und Fußrippe verbun-

den sind, sind gleich. Die Berechnung von $F_{c,d}$, $F_{t,d}$ und $s_{v,0,d}$ erfolgt mit den in diesem Abschnitt 6.3.1 angegebenen Gleichungen, wobei für ℓ die Summe der Einzellängen der Tafelelemente anzunehmen ist.

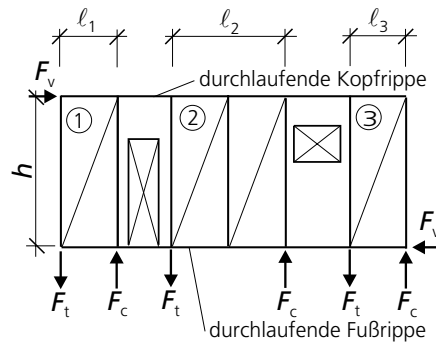


Abb. 6.7: Beispiel einer Wand mit Öffnungen bestehend aus einer Gruppe von Wandtafeln

6.3.2 Wandtafeln unter vertikaler Scheibenbeanspruchung

Die vertikalen Lasten in Wandtafeln werden über die Rippen und die Beplankung im Verhältnis ihrer Beanspruchbarkeiten abgetragen, siehe Abbildung 6.8.

Lastanteil der Rippen:

$$\Sigma F_{c,ri,d} = F_{c,d} \cdot \frac{\Sigma R_{c,ri,d}}{\Sigma R_{c,ri,d} + \ell \cdot f_{v,90,d}}$$

Lastanteil der Beplankung:

$$s_{v,90,d} = \frac{F_{c,d}}{\ell} \cdot \frac{\ell \cdot f_{v,90,d}}{\Sigma R_{c,ri,d} + \ell \cdot f_{v,90,d}}$$

Tragfähigkeitsnachweise siehe 6.4.

6.3.3 Wandtafeln unter kombinierter Scheibenbeanspruchung

Bei gleichzeitiger Beanspruchung einer Wandtafel durch Horizontal- und Vertikalkräfte darf der kleinere Wert der Beanspruchung $s_{v,0}$ und $s_{v,90}$ vernachlässigt werden, wenn die charakteristische Tragfähigkeit der Beplankung mit dem Faktor 0,7 abgemindert wird.

6.4 Tragfähigkeitsnachweise

Für die vereinfacht berechneten Beanspruchungen der Beplankung sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

$$\frac{s_{v,0,d}}{f_{v,0,d}} \leq 1 \quad \text{und} \quad \frac{s_{v,90,d}}{f_{v,90,d}} \leq 1$$

mit

$$f_{v,0,d} = \min \begin{cases} k_{v1} \cdot R_d / a_v \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot t \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot 35 \cdot t^2 / a_r \end{cases}$$

$$f_{v,90,d} = \min \begin{cases} R_d / a_v \\ k_{v2} \cdot f_{c,d} \cdot t \\ k_{v2} \cdot f_{c,d} \cdot 20 \cdot t^2 / a_r \end{cases}$$

Hierin bedeuten:

- $s_{v,0,d}$ Bemessungswert des Schubflusses der Beplankung in Richtung der Rippenlängsachse
- $f_{v,0,d}$ Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit der Beplankung unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Verbindung und der Platten sowie des Beulens,
- $f_{v,d}$ Bemessungswert der Schubfestigkeit der Platten,
- $s_{v,90,d}$ Bemessungswert der Beanspruchung der Beplankung rechtwinklig zur Rippenlängsachse
- $f_{v,90,d}$ Bemessungswert der längenbezogenen Festigkeit der Beplankung unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Verbindung und der Platten sowie des Beulens,
- $f_{c,d}$ Bemessungswert der Druckfestigkeit der Platten
- R_d Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels auf Abscheren,
- a_v Abstand der Verbindungsmittel untereinander,
- $k_{v1} = 1,0$ für Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern,
- $k_{v1} = 0,66$ für Tafeln mit nicht allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern.
- $k_{v2} = 0,33$ bei einseitiger Beplankung,
- $k_{v2} = 0,5$ bei beidseitiger Beplankung.
- t Dicke der Platten
- a_r Abstand der Rippen.

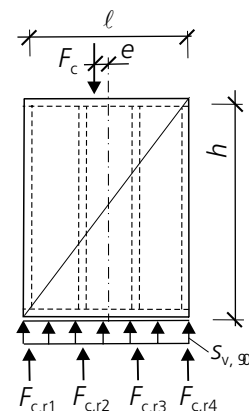


Abb. 6.8: Wandtafel unter vertikaler Scheibenbeanspruchung

7 Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln

7.1 Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln (Allgemeines)

Die Tragfähigkeit einer Verbindung mit metallischen stiftförmigen Verbindungsmitteln hängt außer von der Geometrie der Verbindung insbesondere von der Lochleibungsfestigkeit des Holzes oder Holzwerkstoffes und dem Biege widerstand der Stifte ab. Treten keine spröden Versagensformen wie z. B. Spalten des Holzes auf, darf die Tragfähigkeit unter der Annahme eines ideal-plastischen Verhaltens des Holzes oder Holzwerkstoffes unter Lochleibungs- und der Stifte unter Biegebeanspruchung berechnet werden.

Spröde Versagensformen führen zu vorzeitigem Tragfähigkeitsverlust und können durch folgende Maßnahmen vermieden werden:

- Verwenden von schlanken Stiften mit einem Verhältnis von Einbindetiefe zu Stiftdurchmesser von mindestens 6, besser 8,
- Verwenden von Stiften aus Stahl niedriger Festigkeitsklassen,
- Verwenden von Holzwerkstoffen mit hoher Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung der Deckfurniere (z. B. Sperrholz),
- Verstärken des Holzes im Anschlussbereich rechtwinklig zur Faserrichtung durch außen oder innen liegende Verstärkungen,
- Vermeiden von vielen in Kraft- und Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungsmitteln,
- Erhöhen der Abstände der Verbindungsmittel in Faserrichtung.

Im Anhang G.2 der DIN 1052 sind für Verbindungen von Bauteilen aus Holz oder Holzwerkstoffen sowie für Stahlblech-Holz-Verbindungen Gleichungen zur Ermittlung der Tragfähigkeit angegeben. Diese gelten unabhängig von der Art des stiftförmigen Verbindungsmittels unter der Voraussetzung eines duktilen Verhaltens der Verbindung. Da mit diesen Gleichungen charakteristische Werte der Tragfähigkeit bestimmt werden, sind diese mit dem Modifikationsbeiwert k_{mod} (siehe Tabellen 3.1 bis 3.3) und abhängig vom Versagensmechanismus mit einem Teilsicherheitsbeiwert für Festigkeitseigenschaften umzurechnen, um die Bemessungswerte zu erhalten.

Um dem Tragwerksplaner die Anwendung der komplexen Ausdrücke im Anhang G zu erleichtern, werden vereinfachte Ausdrücke zur Bestimmung der Tragfähigkeit im Abschnitt 12.2 der DIN 1052 angegeben. Diese entsprechen den genaueren Ausdrücken im Anhang G.2 für Verbindungen mit schlanken Stiften und erfordern daher gewisse Mindesteinbindetiefen der Stifte. In den folgenden

Abschnitten werden Bemessungswerte der Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels pro Scherfuge angegeben. Dabei wird Nutzungsklasse 1 (für Holz-Holz- und Stahlblech-Holz-Verbindungen Nutzungsklasse 1 und 2) und die Klasse der Lasteinwirkungsdauer „mittel“ zugrunde gelegt. Die Werte gelten für Holz mindestens der Festigkeitsklasse C 24.

Für die Mindesteinbindetiefen bzw. Mindestholz-dicken der Verbindungsmittel t_{req} werden Näherungsgleichungen angegeben. Im Folgenden wird t_{req} als Mindesteinbindetiefe bezeichnet. Voraussetzung für die angegebenen Bemessungswerte ist außerdem das Einhalten der Mindestabstände der Verbindungsmittel:

- a_1 Abstand untereinander in Faserrichtung
- $a_{1,t}$ Abstand zum beanspruchten Hirnholzende
- $a_{1,c}$ Abstand zum unbeanspruchten Hirnholzende
- a_2 Abstand untereinander rechtwinklig zur Faserrichtung
- $a_{2,t}$ Abstand zum beanspruchten Rand
- $a_{2,c}$ Abstand zum unbeanspruchten Rand

Für $t < t_{req}$ muss der Bemessungswert der Tragfähigkeit ermittelt werden, indem die Werte der Tabellen mit t/t_{req} multipliziert werden.

Die Tragfähigkeit einer Verbindung mit Stabdübeln, Passbolzen, Bolzen, Gewindestangen sowie Nägeln und Schrauben mit $d > 6$ mm und n in Krafttrichtung hintereinander angeordneten Verbindungsmitteln beträgt

$$R_{j,d} = n_{ef} \cdot m \cdot p \cdot R_d$$

mit

$$n_{ef} = \left[\min \left(n, n^{0,9} \sqrt{\frac{a_1}{10d}} \right) \right] \frac{90 - \alpha}{90} + \frac{n \cdot \alpha}{90}$$

- m Anzahl der Verbindungsmittelreihen mit je n Verbindungsmitteln in Krafttrichtung hintereinander
- a_1 Abstand der Verbindungsmittel untereinander in Faserrichtung, mindestens jedoch 5 d
- α Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung
- p Anzahl der Scherfugen pro Verbindungsmittel
- R_d Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels pro Scherfuge

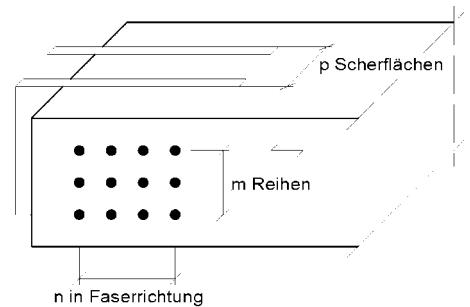


Abb. 7.1: Stahlblech-Holz-Verbindung mit $n = 4$, $m = 3$ und $p = 4$

7.2 Verbindungen mit Stabdübeln

Die Mindestabstände von Stabdübeln (siehe Tabelle 7.1) gelten auch für die Abstände von Passbolzen.

Tabelle 7.1: Mindestabstände von Stabdübeln

a_1	$(3 + 2 \cos \alpha) d$
a_2	$3 d$
$a_{1,t}$	$7 d$ (mindestens 80 mm)
$a_{1,c}$	$(7 \sin \alpha) d$ (mindestens 3 d)
$a_{2,t}$	$3 d$
$a_{2,c}$	$3 d$

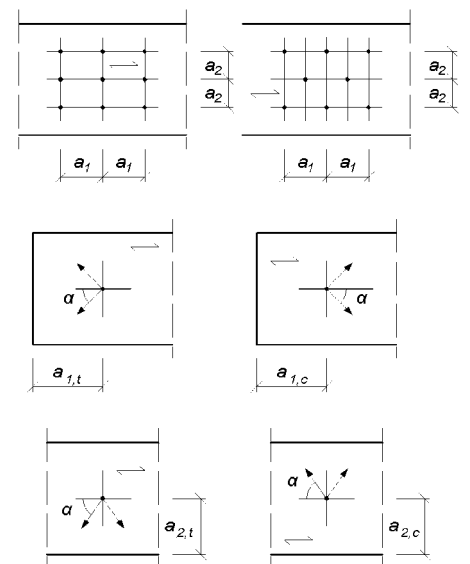


Abb. 7.2: Definition der Verbindungsmittelestände

Für **Holz-Holz-Verbindungen** mit ein- bzw. zweischnittig beanspruchten Stabdübeln der Stahlsorte S 235 mit $d \geq 10$ mm gelten vereinfacht folgende Mindesteinbindetiefen in die Seiten- und Mittelholzer abhängig vom Winkel α zwischen Kraft- und Faserrichtung:

Seitenholz: $t_{1,req} = (5,0 + \alpha/50) d$
Mittelholz: $t_{2,req} = (4,2 + \alpha/50) d$

Falls in der Verbindung ein Teil der Stabdübel durch Passbolzen ersetzt wird, dürfen die angegebenen Werte auch für diese Passbolzen angewendet werden.

Für die angegebenen Mindesteinbindetiefen sind in Tabelle 7.2 die Bemessungswerte der Tragfähigkeit R_d eines Stabdübels pro Scherfuge für Holz-Holz-Verbindungen angegeben. α_1 und α_2 sind die Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung für die Bauteile 1 bzw. 2. α_{ges} ist die Summe der Kraft-Faser-Winkel der Bauteile 1 und 2:

$$\alpha_{ges} = \alpha_1 + \alpha_2$$

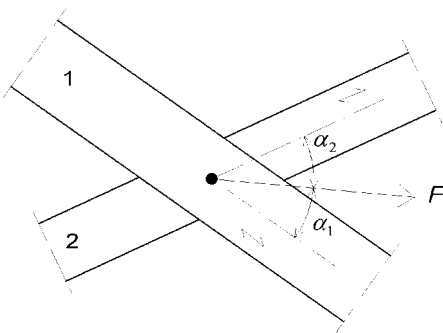


Abb. 7.3: Definition der Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung: $\alpha_1 \leq 90^\circ$, $\alpha_2 \leq 90^\circ$

Tabelle 7.2: Tragfähigkeiten R_d je Scherfuge in kN, Holz-Holz-Verbindung, Stabdübel S 235, KLED mittel

α_{ges} [°]	Stabdübeldurchmesser d [mm]				
	10	12	16	20	24
0	3,43	4,71	7,72	11,3	15,2
15	3,40	4,66	7,64	11,1	15,1
30	3,33	4,56	7,45	10,8	14,6
45	3,23	4,42	7,20	10,4	14,0
60	3,15	4,30	6,98	10,1	13,5
75	3,09	4,21	6,83	9,86	13,2
90	3,07	4,18	6,78	9,78	13,1
105	2,99	4,08	6,60	9,49	12,7
120	2,92	3,98	6,42	9,23	12,3
135	2,88	3,91	6,31	9,05	12,0
150	2,83	3,85	6,20	8,88	11,8
165	2,81	3,83	6,16	8,82	11,7
180	2,80	3,80	6,12	8,76	11,6

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Die Mindesteinbindetiefen t_{req} für Stabdübel mit einem Durchmesser bis zu 8 mm gelten wie bei Nägeln unabhängig vom Winkel α zwischen Kraft- und Faserrichtung. Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit R_d und die Mindesteinbindetiefen t_{req} für Holz-Holz-Verbindungen sind in Tabelle 7.3 angegeben.

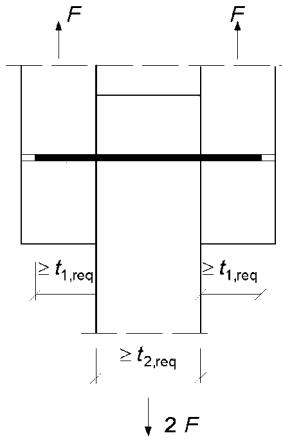


Abb. 7.4: Einbindetiefen t_1 und t_2

Tabelle 7.3: Mindesteinbindetiefen t_{req} sowie Tragfähigkeiten R_d je Scherfuge für Stabdübel der Durchmesser 6 mm und 8 mm, Holz-Holz-Verbindung, Stabdübel S 235, KLED mittel

d [mm]	Seitenholz $t_{1,req}$ [mm]	Mittelholz $t_{2,req}$ [mm]	R_d [kN]
6	33	27	1,40
8	42	35	2,32

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Für **Stahlblech-Holz-Verbindungen** mit innen liegenden Stahlblechen und Stabdübeln mit $d \geq 10$ mm betragen die Mindesteinbindetiefen t_{req} (siehe Abbildung 7.5) $t_{req} = (5,7 + \alpha/50) d$

Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit enthält Tabelle 7.4.

Tabelle 7.4: Tragfähigkeiten R_d je Scherfuge in kN, Stahlblech-Holz-Verbindung, Stahlblech innen liegend, Stabdübel S 235, KLED mittel

α [°]	Stabdübeldurchmesser d [mm]				
	10	12	16	20	24
0	4,85	6,65	10,9	15,9	21,5
15	4,77	6,54	10,7	15,6	21,0
30	4,57	6,25	10,2	14,8	19,8
45	4,34	5,92	9,59	13,8	18,5
60	4,13	5,63	9,09	13,0	17,4
75	4,00	5,44	8,76	12,6	16,7
90	3,96	5,38	8,65	12,4	16,5

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Für Stabdübel mit $d < 10$ mm gilt Tab.7.5.

Tabelle 7.5: Mindesteinbindetiefen t_{req} sowie Tragfähigkeiten R_d je Scherfuge für Stabdübel der Durchmesser 6 mm und 8 mm, Stahlblech-Holz-Verbindung, Stahlblech innen liegend, Stabdübel S 235, KLED mittel

d [mm]	t_{req} [mm]	R_d [kN]
6	39	1,98
8	49	3,28

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

7.3 Verbindungen mit (Pass)Bolzen und Gewindestangen

Die Mindestabstände für Bolzen und Gewindestangen unterscheiden sich wegen des notwendigen Platzes für die Unterlegscheiben von den entsprechenden Werten für Stabdübel. Die in diesem Abschnitt angegebenen Werte der Mindesteinbindetiefe und der Tragfähigkeit für Bolzen gelten in gleicher Weise für Passbolzen.

Tabelle 7.6: Mindestabstände von Bolzen und Gewindestangen

a_1	$(3 + 2 \cos \alpha) d$	(mindestens $4 d$)
a_2	$4 d$	
$a_{1,t}$	$7 d$	(mindestens 80 mm)
$a_{1,c}$	$(7 \sin \alpha) d$	(mindestens $4 d$)
$a_{2,t}$	$3 d$	
$a_{2,c}$	$3 d$	

Für **Holz-Holz-Verbindungen** mit Bolzen und Gewindestangen der Festigkeitsklasse 4.6 mit $d \geq 10$ mm betragen die Mindesteinbindetiefen für die Seiten- und Mittelhölzer

Bolzen:

$$\begin{aligned} \text{Seitenholz:} & \quad t_{1,req} = (5,3 + \alpha/50) d \\ \text{Mittelholz:} & \quad t_{2,req} = (4,4 + \alpha/50) d \end{aligned}$$

Gewindestangen:

$$\begin{aligned} \text{Seitenholz:} & \quad t_{1,req} = (4,7 + \alpha/50) d \\ \text{Mittelholz:} & \quad t_{2,req} = (3,9 + \alpha/50) d \end{aligned}$$

Für die angegebenen Mindesteinbindetiefen sind in den Tabellen 7.7 und 7.8 die Bemessungswerte der Tragfähigkeit R_d eines Bolzens bzw. einer Gewindestange pro Scherfuge angegeben.

Tabelle 7.7: Tragfähigkeiten R_d je Scherfuge in kN, Holz-Holz-Verbindung, Bolzen 4.6, KLED mittel

α_{ges} [°]	Bolzendurchmesser d [mm]				
	10	12	16	20	24
0	4,23	5,92	9,76	14,5	19,8
15	4,20	5,88	9,68	14,4	19,6
30	4,12	5,76	9,48	14,0	19,1
45	4,02	5,62	9,22	13,6	18,5
60	3,93	5,49	8,99	13,3	17,8
75	3,87	5,40	8,83	13,0	17,4
90	3,85	5,37	8,78	12,9	17,2
105	3,77	5,26	8,58	12,5	16,7
120	3,70	5,16	8,40	12,2	16,2
135	3,65	5,09	8,28	11,9	15,9
150	3,60	5,02	8,16	11,7	15,6
165	3,58	4,99	8,11	11,6	15,5
180	3,57	4,97	8,06	11,5	15,3

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Tabelle 7.8: Tragfähigkeiten R_d je Scherfuge in kN, Holz-Holz-Verbindung, Gewindestangen 4.6, KLED mittel

α_{ges} [°]	Gewindestangennennendurchmesser d [mm]				
	10	12	16	20	24
0	3,81	5,35	8,96	13,1	18,1
15	3,78	5,31	8,89	12,9	17,9
30	3,71	5,21	8,71	12,6	17,3
45	3,62	5,09	8,47	12,1	16,7
60	3,54	4,97	8,26	11,7	16,1
75	3,49	4,89	8,12	11,5	15,7
90	3,47	4,86	8,05	11,4	15,5
105	3,40	4,76	7,83	11,0	15,1
120	3,34	4,64	7,63	10,7	14,6
135	3,29	4,56	7,49	10,5	14,3
150	3,25	4,49	7,36	10,3	14,0
165	3,23	4,46	7,31	10,2	13,9
180	3,22	4,44	7,27	10,2	13,8

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit:
ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Für Bolzen und Gewindestangen mit einem Durchmesser bis zu 8 mm sind die Mindesteinbindetiefen t_{req} und die Bemessungswerte der Tragfähigkeit R_d für Holz-Holz-Verbindungen in Tabelle 7.9 angegeben.

Tabelle 7.9: Mindesteinbindetiefen t_{req} sowie Tragfähigkeiten R_d je Scherfuge für Bolzen und Gewindestangen der Durchmesser 6 mm und 8 mm, Holz-Holz-Verbindung, Bolzen und Gewindestangen 4.6, KLED mittel

d [mm]	Seitenholz $t_{1,req}$ [mm]	Mittelholz $t_{2,req}$ [mm]	R_d [kN]
Bolzen			
6	35	29	1,71
8	44	37	2,85
Gewindestangen			
6	30	25	1,52
8	39	32	2,55

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Für Stahlblech-Holz-Verbindungen mit innen liegenden oder mit außen liegenden dicken Stahlblechen ($t \geq d$) betragen die Mindesteinbindetiefen

Bolzen: $t_{1,req} = (6,3 + \alpha/70) d$
Gewindestangen: $t_{1,req} = (5,5 + \alpha/70) d$

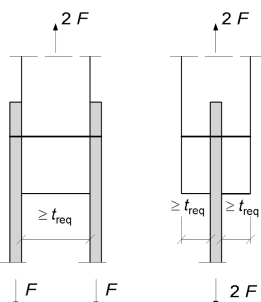


Abb. 7.5: Einbindetiefen für Stahlblech-Holz-Verbindungen

Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit R_d eines Verbindungsmittels pro Scherfuge sind in Tabelle 7.10 und 7.11 angegeben.

Tabelle 7.10: Tragfähigkeiten R_d je Scherfuge in kN, Stahlblech-Holz-Verbindungen mit innen liegenden oder mit außen liegenden dicken Stahlblechen, Bolzen oder Gewindestangen 4.6, KLED mittel

α [°]	Bolzendurchmesser d [mm]				
	10	12	16	20	24
0	5,73	7,97	13,1	19,4	26,4
15	5,64	7,85	12,9	19,0	25,9
30	5,44	7,55	12,4	18,2	24,6
45	5,19	7,20	11,7	17,2	23,2
60	4,98	6,89	11,2	16,4	22,0
75	4,84	6,70	10,9	15,9	21,3
90	4,79	6,63	10,8	15,7	21,1

α [°]	Gewindestangendurchmesser d [mm]				
	10	12	16	20	24
0	5,13	7,17	12,0	17,7	24,2
15	5,05	7,06	11,8	17,4	23,7
30	4,87	6,80	11,3	16,6	22,6
45	4,65	6,48	10,7	15,8	21,3
60	4,46	6,21	10,3	15,0	20,2
75	4,34	6,04	10,0	14,5	19,6
90	4,30	5,98	9,85	14,4	19,4

Für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Tabelle 7.11: Mindesteinbindetiefen sowie Tragfähigkeiten R_d je Scherfuge von Stahlblech-Holz-Verbindungen mit innen liegenden oder mit außen liegenden dicken Stahlblechen, Bolzen oder Gewindestangen 4.6 der Durchmesser 6 mm und 8 mm, KLED mittel

d [mm]	t_{req} [mm]	R_d [kN]
Bolzen		
6	41	2,32
8	52	3,86
Gewindestangen		
6	35	2,05
8	45	3,44

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Für **Stahlblech-Holz-Verbindungen mit außen liegenden dünnen Stahlblechen** ($t \leq d/2$) betragen die Mindesteinbindetiefen für Bolzen:

Seitenholz: $t_{1,req} = (5,3 + \alpha/70) d$
Mittelholz: $t_{2,req} = (4,4 + \alpha/70) d$

und für Gewindestangen:

Seitenholz: $t_{1,req} = (4,7 + \alpha/70) d$
Mittelholz: $t_{2,req} = (3,9 + \alpha/70) d$

Tabelle 7.12 und 7.13 enthalten die entsprechenden Bemessungswerte der Tragfähigkeit R_d pro Scherfuge.

Tabelle 7.12: Tragfähigkeiten R_d je Scherfuge in kN, Stahlblech-Holz-Verbindungen mit außen liegenden dünnen Stahlblechen, Bolzen oder Gewindestangen 4.6, KLED mittel

α [°]	Bolzendurchmesser d [mm]				
	10	12	16	20	24
0	4,23	5,92	9,76	14,5	19,8
15	4,17	5,83	9,61	14,2	19,4
30	4,02	5,62	9,22	13,6	18,5
45	3,85	5,37	8,78	12,9	17,2
60	3,70	5,16	8,40	12,2	16,2
75	3,60	5,02	8,16	11,7	15,6
90	3,57	4,97	8,06	11,5	15,3

α [°]	Gewindestangendurchmesser d [mm]				
	10	12	16	20	24
0	3,81	5,35	8,96	13,3	18,1
15	3,75	5,28	8,82	13,1	17,7
30	3,62	5,09	8,47	12,4	16,7
45	3,47	4,86	8,05	11,6	15,5
60	3,34	4,64	7,63	11,0	14,6
75	3,25	4,49	7,36	10,5	14,0
90	3,22	4,44	7,27	10,4	13,8

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Tabelle 7.13: Mindesteinbindetiefen sowie Tragfähigkeiten R_d je Scherfuge von Stahlblech-Holz-Verbindungen mit außen liegenden dünnen Stahlblechen, Bolzen oder Gewindestangen 4.6 der Durchmesser 6 mm und 8 mm, KLED mittel

d [mm]	Seitenholz $t_{1,req}$ [mm]	Mittelholz $t_{2,req}$ [mm]	R_d [kN]
Bolzen			
6	35	29	1,71
8	44	37	2,85
Gewindestangen			
6	30	25	1,52
8	39	32	2,55

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

7.4 Verbindungen mit Nägeln

7.4.1 Holz-Holz-Nagelverbindungen

Die Mindestnagelabstände sind in Tabelle 7.14 angegeben.

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit R_d eines Nagels pro Scherfuge beträgt für glattschaftige runde Nägel in Holz-Holz-Nagelverbindungen mit Einbindetiefen von mindestens $9d$ und KLED mittel

nicht vorgebohrt: $R_d = 74 \cdot d^{1,65}$ in N

vorgebohrt: $R_d = 74 \cdot d^{1,78}$ in N

Für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,75; lang: 0,875; kurz: 1,125.

Tabelle 7.14: Mindestnagelabstände von auf Abscheren beanspruchten Nägeln

	nicht vorgebohrt $\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	vorgebohrt
a_1	$d < 5 \text{ mm: } (5 + 5 \cos\alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm: } (5 + 7 \cos\alpha) d$	$(3 + 2 \cos\alpha) d$
a_2	$5 d$	$3 d$
$a_{1,t}$	$d < 5 \text{ mm: } (7 + 5 \cos\alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm: } (10 + 5 \cos\alpha) d$	
$a_{1,c}$	$d < 5 \text{ mm: } 7 d$ $d \geq 5 \text{ mm: } 10 d$	$7 d$ $(7 + 5 \cos\alpha) d$
$a_{2,t}$	$d < 5 \text{ mm: } (5 + 2 \sin\alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm: } (5 + 5 \sin\alpha) d$	$(3 + 4 \sin\alpha) d$
$a_{2,c}$	$5 d$	$3 d$

7.4.2 Holzwerkstoff-Holz-Nagelverbindungen

Für Holzwerkstoff-Holz-Nagelverbindungen ohne Vorbohrung mit Einbindetiefen von mindestens $9 d$ im Holzbauteil sind die Tragfähigkeitswerte R_d in den Tabellen 7.15 bis 7.18 zusammengestellt. Für Brettspertholz wurde mit $\rho_k = 400 \text{ kg/m}^3$ gerechnet.

Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit wurden mit dem Modifikationsbeiwert k_{mod} für die Klasse der Lasteinwirkungsdauer „mittel“ nach DIN 1052 Gleichung (196) berechnet

$$k_{mod} = \sqrt{k_{mod,1} \cdot k_{mod,2}}$$

$k_{mod,1}$ bzw. $k_{mod,2}$ sind die Modifikationsbeiwerte für den Holz- oder Gipswerkstoff bzw. das Holz.

Tabelle 7.15: Tragfähigkeitswerte R_d in N von einschneidigen Brettspertholz-Holz-Nagelverbindungen, KLED mittel

t	Nageldurchmesser d [mm]					
[mm]	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6
8	295	340	389	459	535	618
10	320	364	412	480	554	633
12	350	394	441	508	580	658
15	383	427	474	541	612	689
18	417	476	524	592	663	739
21	417	494	575	662	735	811

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Tabelle 7.16: Tragfähigkeitswerte R_d in N von einschneidigen Sperrholz-Holz-Nagelverbindungen, KLED mittel

t	Nageldurchmesser d [mm]					
[mm]	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6
8	299	349	403	480	564	630
10	315	364	416	490	572	660
12	336	383	434	507	587	672
15	373	420	470	542	619	703
18	415	462	513	584	661	743
21	445	509	560	633	710	791
25	445	526	613	703	782	864

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Die Mindestnagelabstände a_1 und a_2 dürfen in Sperrholz-Holz-Nagelverbindungen das 0,85-fache der Werte in Tabelle 7.14 betragen.

Tabelle 7.17: Tragfähigkeitswerte R_d in N von einschneidigen Holzwerkstoff-Holz-Nagelverbindungen mit OSB-Platten, KLED mittel, NKL 1

t	Nageldurchmesser d [mm]					
[mm]	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6
8	298	341	388	456	530	582
10	321	362	406	471	542	619
12	349	388	431	493	561	634
15	399	437	477	536	600	670
18	437	492	531	588	649	716
21	438	514	591	647	707	771
25	439	516	597	712	792	854
30	440	517	599	714	836	965

für andere KLED in NKL 1 sind die Werte zu multiplizieren mit: ständig: 0,655; lang: 0,791; kurz: 1,203
in NKL 2 (nur OSB/3 und OSB/4) sind die Werte zu multiplizieren mit: ständig: 0,567; lang: 0,707; mittel: 0,886; kurz: 1,061

Tabelle 7.18: Tragfähigkeitswerte R_d in N von einschneidigen Holzwerkstoff-Holz-Nagelverbindungen mit kunstharzgebundenen Spanplatten, KLED mittel, NKL 1

t	Nageldurchmesser d [mm]					
[mm]	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6
8	287	328	374	439	511	561
10	309	348	391	454	522	596
12	336	374	415	475	540	611
15	384	421	460	516	578	645
18	421	474	512	567	626	690
21	422	496	570	623	681	743
25	423	497	575	686	763	823
30	424	499	577	688	806	930

für andere KLED in NKL 1 sind die Werte zu multiplizieren mit: ständig: 0,588; lang: 0,778; kurz: 1,213
in NKL 2 sind die Werte zu multiplizieren mit: ständig: 0,480; lang: 0,635; mittel: 0,832; kurz: 1,019

Tabelle 7.19: Tragfähigkeitswerte R_d in N von einschneidigen Gipskartonplatten-Holz-Nagelverbindungen

t	Nageldurchmesser d [mm]		
[mm]	2,2	2,5	2,8
9,5	124	138	144
12,5	142	168	197
15	160	186	214
18	189	214	241

für andere KLED in NKL 1 sind die Werte zu multiplizieren mit: ständig: 0,500; lang: 0,764; kurz: 1,225
in NKL 2 (nur GKBI und GKF) sind die Werte zu multiplizieren mit: ständig: 0,433; lang: 0,661; mittel: 0,866; kurz: 1,061

7.4.3 Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit R_d eines Nagels pro Scherfuge beträgt für glattschaftige runde Nägel in Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen und Einbindetiefen von mindestens $9 d$

Dünne, außen liegende Stahlbleche:

nicht vorgebohrt: $R_d = 74 \cdot d^{1,65}$ in N

vorgebohrt: $R_d = 74 \cdot d^{1,78}$ in N

Innen liegende oder dicke, außen liegende Stahlbleche:

nicht vorgebohrt: $R_d = 105 \cdot d^{1,65}$ in N

vorgebohrt: $R_d = 105 \cdot d^{1,78}$ in N

Die Tragfähigkeitswerte R_d von Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen mit einschneidig beanspruchten Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse 3 in nicht vorgebohrten Hölzern sind in Tabelle 7.20 angegeben. Die Stahlblechdicke t beträgt $0,5 d \leq t \leq d$. In Tabelle 7.20 ist ℓ die Nagellänge und ℓ_g die Länge des profilierten Schaftteils.

Tabelle 7.20: Tragfähigkeitswerte R_d in N von einschneidigen Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen in nicht vorgebohrten Hölzern, KLED mittel

ℓ	ℓ_g	Nageldurchmesser d [mm]		
		3,1	4	6
[mm]	[mm]			
40	30	780	1160	–
50	40	814	1210	–
60	50	849	1250	2340
75	60	–	1300	–
80	70	–	–	2480
100	80	–	1390	2540

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Die Anschlussfläche pro Nagel $a_1 \cdot a_2$ mit den Abständen nach Tabelle 7.14 darf in Stahlblech-Holz-Nagel-Verbindungen auf die Hälfte verringert werden. Dabei darf weder a_1 noch a_2 50% des Wertes nach Tabelle 7.14 unterschreiten.

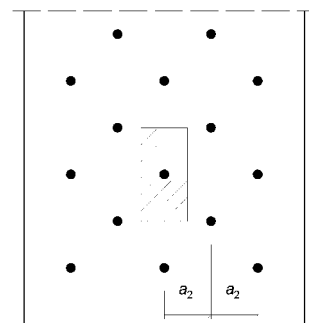


Abb. 7.6: Anschlussfläche pro Nagel

7.5 Tragfähigkeit bei Beanspruchung in Richtung der Stiftachse (Herausziehen)

In Tabelle 7.21 sind die Werte der Auszieh- und Kopfdurchziehparameter von Nägeln in nicht vorgebohrten Nagellöchern für eine charakteristische Rohdichte von 350 kg/m^3 angegeben. Dabei wurde zwischen dem Widerstand des profilierten Schaftes gegen Herausziehen und dem Widerstand des Kopfes gegen Durchziehen unterschieden. Damit sind sämtliche Kombinationen von Tragfähigkeitsklassen, z. B. Tragfähigkeitsklasse 3C, erfasst. Für Brettsperrholz, Sperrholz, OSB-Platten und kunstharzgebundene Spanplatten dürfen die Werte des Kopfdurchziehparameters nach Tabelle 7.22 angenommen werden. Diese wurden für $k_{\text{mod}} = 1,0$ berechnet und sind daher noch mit dem Beiwert k_{mod} der entsprechenden Nutzungsklasse NKL und der Lasteinwirkungsdauer KLED zu multiplizieren.

Tabelle 7.21: Ausziehparameter $f_{1,d}$ und Kopfdurchziehparameter $f_{2,d}$ in N/mm^2 für eine charakteristische Rohdichte $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$, KLED mittel

Nageltyp	$f_{1,d}$	Nageltyp	$f_{2,d}$
Glattschaftig	1,60	glattschaftig	5,33
Sondernagel 1	2,67	Sondernagel A	5,33
Sondernagel 2	3,55	Sondernagel B	7,11
Sondernagel 3	4,44	Sondernagel C	8,89

für andere KLED sind die Werte R_d zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Tabelle 7.22: Kopfdurchziehparameter $f_{2,d}$ in N/mm^2 und Widerstand gegen Kopfdurchziehen $R_{ax,d}$ in N für Holzwerkstoffplatten, $k_{\text{mod}} = 1,0$

Nageltyp	Plattendicke t [mm]		
	$t \geq 20$	$12 \leq t < 20$	$t < 12$
Glattschaftig	6,66	6,15	308
Sondernagel A	6,66	6,15	308
Sondernagel B	8,89	6,15	308
Sondernagel C	11,1	6,15	308

die Werte sind zu multiplizieren mit:
Brettsperrholz und Sperrholz:
ständig: 0,60; lang: 0,70; mittel: 0,80; kurz: 0,90
OSB-Platten in NKL 1:
ständig: 0,40; lang: 0,50; mittel: 0,70; kurz: 0,90
OSB-Platten in NKL 2 (nur OSB/3 und OSB/4):
ständig: 0,30; lang: 0,40; mittel: 0,55; kurz: 0,70
Kunstharzgebundene Spanplatten in NKL 1:
ständig: 0,30; lang: 0,45; mittel: 0,65; kurz: 0,85
Kunstharzgebundene Spanplatten in NKL 2:
ständig: 0,20; lang: 0,30; mittel: 0,45; kurz: 0,60

Die Mindestnagelabstände von planmäßig ausschließlich auf Herausziehen beanspruchten Nägeln gelten wie für auf Abscheren beanspruchte Nägel. Dabei dürfen die Hirnholzenden und Holzränder hier allerdings stets als unbeansprucht angesehen werden. In Tabelle 7.23 sind die entsprechenden Mindestabstände für vorgebohrte sowie nicht vorgebohrte Hölzer mit $\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$ angegeben.

Tabelle 7.23: Mindestnagelabstände von in Schaftrichtung beanspruchten Nägeln

	nicht vorgebohrt $\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	vorgebohrt
a_1	5 d	3 d
a_2	5 d	3 d
$a_{1,c}$	$d < 5 \text{ mm}$: 7 d	
	$d \geq 5 \text{ mm}$: 10 d	7 d
$a_{2,c}$	5 d	3 d

Beispiel: Sondernagel 4,0 x 60 Klasse 3C auf Herausziehen; Befestigung einer 20 mm dicken OSB-Platte auf Vollholz, Festigkeitsklasse C 24; Nutzungsklasse 1, KLED kurz.

$$R_{ax,d} = \min\{f_{1,d} \cdot d \cdot \ell_{ef}; f_{2,d} \cdot d_k^2\}$$

Ausziehparameter Tabelle 7.21

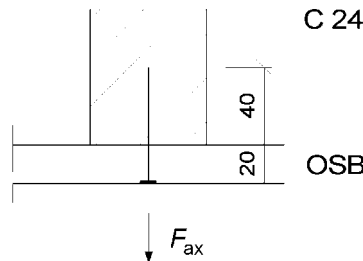
$$f_{1,d} = 4,44 \cdot 1,125 = 4,95 \text{ N/mm}^2$$

Durchmesser

$$d = 4 \text{ mm}$$

Profilierungslänge

$$\ell_{ef} = 60 - 20 = 40 \text{ mm}$$



Kopfdurchziehparameter Tabelle 7.22

$$f_{2,d} = 11,1 \text{ N/mm}^2$$

Kopfdurchmesser

$$d_k = 8 \text{ mm}$$

$$k_{\text{mod}} (\text{OSB}) = 0,9$$

$$k_{\text{mod}} (\text{C 24}) = 0,9$$

$$R_{ax,d} = \min\{4,95 \cdot 4 \cdot 40; 11,1 \cdot 0,9 \cdot 8^2\}$$

$$R_{ax,d} = \min\{799; 639\} = 639 \text{ N}$$

Für Holzschrauben gilt das gleiche Einstufungssystem für Herausziehen und Kopfdurchziehen wie für Nägel. In Tabelle 7.24 sind die Bemessungswerte der Auszieh- und Kopfdurchziehparameter von Holzschrauben für eine charakteristische Rohdichte von 350 kg/m^3 angegeben.

Tabelle 7.24: Ausziehparameter $f_{1,d}$ und Kopfdurchziehparameter $f_{2,d}$ in N/mm^2 für eine charakteristische Rohdichte $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$, KLED mittel

Tragfähigkeitsklasse	$f_{1,d}$ 90°	$f_{1,d}$ 45°	Tragfähigkeitsklasse	$f_{2,d}$
1	4,52	3,88	A	4,52
2	5,28	4,52	B	6,03
3	6,03	5,17	C	7,54

für andere KLED sind die Werte zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Für das Kopfdurchziehen durch Holzwerkstoffplatten gilt Tabelle 7.22 unverändert auch für Schrauben.

7.6 Tragfähigkeit kombiniert beanspruchter Nägel, Holzschrauben und Klammern

Werden Nägel, Holzschrauben oder Klammern sowohl auf Abscheren als auch auf Herausziehen beansprucht, darf die Tragfähigkeit auf Abscheren wie auch die Tragfähigkeit auf Herausziehen nicht mehr vollständig ausgenutzt werden. In diesen Fällen ist Gleichung (237) der DIN 1052 einzuhalten:

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}}\right)^m + \left(\frac{F_{la,d}}{R_{la,d}}\right)^m \leq 1$$

$R_{ax,d}$ bzw. $R_{la,d}$ sind die Bemessungswerte der Tragfähigkeit auf Herausziehen bzw. Abscheren.

Für glattschaftige Nägel, Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 1 und Klammern gilt $m = 1$,

für Sondernägel mindestens der Tragfähigkeitsklasse 2 und für Holzschrauben ist $m = 2$

und für glattschaftige Nägel in Koppelpfettenanschlüssen beträgt $m = 1,5$.

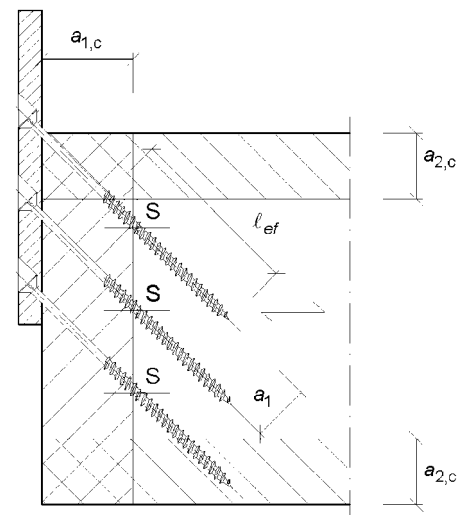


Abb. 7.7: Definition der Mindestabstände bei einer Anordnung von Schrauben unter 45° zur Faserrichtung. S: Schwerpunkt des Schraubenteils im Holz

7.7 Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart

In Tabelle 7.25 sind Bemessungswerte der Tragfähigkeit für Dübel besonderer Bauart angegeben. Die Werte gelten für Holz mindestens der Festigkeitsklasse C 24 unter folgenden Voraussetzungen:

- Kraft-Faser-Winkel $\alpha = 0^\circ$ für Einlassdübel A1 und B1,
 - Einhalten der Mindestabstände nach den Tabellen 18, 20 und 21 der DIN 1052,
 - Seitenholzdicke $t_1 \geq 3 h_e$,
 - Mittelholzdicke $t_2 \geq 5 h_e$,
- mit h_e Einlasstiefe bzw. Einpresstiefe.

Die Tragfähigkeit einer einschnittigen Verbindung mit n in Kraftrichtung hintereinander angeordneten Dübeln beträgt

$$R_{j,d} = n_{ef} \cdot R_{c,d}$$

$$n_{ef} = \left[2 + \left(1 - \frac{n}{20} \right) \cdot (n - 2) \right] \frac{90 - \alpha}{90} + \frac{n \cdot \alpha}{90}$$

Tabelle 7.25: Tragfähigkeitswerte $R_{c,d}$ in kN je Scherfuge für Dübel besonderer Bauart für eine charakteristische Rohdichte $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$, KLED mittel

Appel	Dübeldurchmesser d_c [mm] Typ A1, B1					
	65	80	95	126	128	160 190
$R_{c,0,d}$	11,3	15,4	19,9	30,5	31,2	43,6 56,4
Bulldog	Dübeldurchmesser d_c [mm] Typ C1, C2					
	50	62	75	95	117	140 165
$R_{c,d}$	3,92	5,41	7,19	10,3	14,0	18,3 23,5
Geka	Dübeldurchmesser d_c [mm] Typ C10, C11					
	50	65	80	95	115	
$R_{c,d}$	5,44	8,06	11,0	14,2	19,0	

für andere KLED sind die Werte $R_{c,d}$ zu multiplizieren mit: ständig: 0,750; lang: 0,875; kurz: 1,125

Für andere Kraft-Faser-Winkel als $\alpha = 0^\circ$ beträgt der Bemessungswert der Tragfähigkeit für Einlassdübel des Typs A1 und B1

$$R_{c,\alpha,d} = \frac{R_{c,0,d}}{(1,3 + 0,001 \cdot d_c) \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

mit d_c in mm.

Bei Verbindungen mit Einpressdübeln der Typen C1, C2, C10 und C11 beträgt die Tragfähigkeit einer Verbindung aus Einpressdübel und zugehörigem Bolzen

$$R_{j,d} = n_{ef} (R_{c,d} + R_{b,d})$$

mit

$R_{c,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit des Dübels,

$R_{b,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit des Bolzens.

Bei Einlassdübeln darf dagegen die Tragfähigkeit des Bolzens nicht zusätzlich zur Tragfähigkeit des Dübels berücksichtigt werden.

Beispiel: Holz-Holz-Verbindung mit Vollholz Festigkeitsklasse C 24; Nutzungsklasse 1, KLED „kurz“.

Einpressdübel Typ C10, $d_c = 95 \text{ mm}$
Bolzen Festigkeitsklasse 4.6, $d = 16 \text{ mm}$
Kraft-Faser-Winkel Bauteil 1 $\alpha_1 = 0^\circ$
Kraft-Faser-Winkel Bauteil 2 $\alpha_2 = 90^\circ$
 $\alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ$

$$R_{j,d} = R_{c,d} + R_{b,d}$$

Tragfähigkeit Bolzen Tabelle 7.7

$$R_{b,d} = 8,78 \cdot 1,125 = 9,9 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit Dübel Tabelle 7.25

$$R_{c,d} = 14,2 \cdot 1,125 = 16,0 \text{ kN}$$

$$R_{j,d} = R_{c,d} + R_{b,d} = 16,0 + 9,9 = 25,9 \text{ kN}$$

7.8 Verschiebungsmoduln

In den Tabellen 7.26 bis 7.28 sind Verschiebungsmoduln für stiftförmige metallische Verbindungsmittel sowie für Dübel besonderer Bauart angegeben. Bei Stahlblech-Holz- sowie bei Holzwerkstoff-Holz-Verbindungen bedeutet ρ_k die charakteristische Rohdichte des Holzes.

Tabelle 7.26: Verschiebungsmoduln K_{ser} in kN/mm je Scherfuge für Stabdübel, Passbolzen, Bolzen und Gewindestangen sowie Nägel und Holzschrauben in vorgebohrten Löchern

ρ_k [kg/m ³]	Verbindungsmitteldurchmesser d [mm]						
	6	8	10	12	16	20	24
350	1,96	2,62	3,27	3,93	5,24	6,55	7,86
380	2,22	2,96	3,70	4,44	5,93	7,41	8,89
410	2,49	3,32	4,15	4,98	6,64	8,30	9,96
430	2,68	3,57	4,46	5,35	7,13	8,92	10,7

Bei Bolzen und Gewindestangen ist ein zusätzlicher Schlupf von 1 mm zu berücksichtigen

Tabelle 7.27: Verschiebungsmoduln K_{ser} in kN/mm je Scherfuge für Nägel und Holzschrauben in nicht vorgebohrten Löchern

ρ_k [kg/m ³]	Verbindungsmitteldurchmesser d [mm]						
	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,5
350	0,60	0,65	0,70	0,76	0,83	0,89	1,02
380	0,68	0,73	0,79	0,86	0,93	1,00	1,16
410	0,76	0,82	0,88	0,97	1,05	1,13	1,30
430	0,81	0,88	0,95	1,04	1,12	1,21	1,39

Tabelle 7.28: Verschiebungsmoduln K_{ser} in kN/mm je Scherfuge für Dübel besonderer Bauart für eine charakteristische Rohdichte $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

K_{ser}	Dübeldurchmesser d_c [mm] Typ A1, B1					
	65	80	95	126	128	160 190
	13,7	16,8	20,0	26,5	26,9	33,6 39,9
K_{ser}	Dübeldurchmesser d_c [mm] Typ C1, C2					
	50	62	75	95	117	140 165
	5,25	6,51	7,88	9,98	12,3	14,7 17,3
K_{ser}	Dübeldurchmesser d_c [mm] Typ C10, C11					
	50	65	80	95	115	
	7,88	10,2	12,6	15,0	18,1	

für andere ρ_k sind die Werte K_{ser} zu multiplizieren mit: $\rho_k / 350$

8 Zimmermannsmäßige Verbindungen

8.1 Nachweisverfahren

Abschnitt 15 der DIN 1052 behandelt Versätze, Zapfenverbindungen und Holznagelverbindungen.

Für Versätze werden geometrische Bedingungen, wie die Tiefe der Einschnitte und die Vorholzlängen angegeben. Die Kräfte werden durch Kontaktkräfte in den Fugen übertragen. Werden Reibungskräfte vernachlässigt, wirken die Kräfte rechtwinklig zu den Fugen.

Die Tragfähigkeit eines Zapfens folgt aus der Geometrie, der Schubfestigkeit und der Druckfestigkeit rechtwinklig zur Faser. Der erste Teil der Gleichung (285) der DIN 1052 ist bis auf den Faktor k_z und den Bezug auf den charakteristischen Wert mit der Gleichung (144) für Ausklinkungen identisch. In diesem ersten Ausdruck muss abweichend vom Normtext an Stelle von h_e die Zapfenhöhe h_z eingesetzt werden. Die Berechnung des Beiwertes k_z ist wie angegeben durchzuführen. Der zweite Ausdruck in der Gleichung (285) stellt den Querdrucknachweis für den Zapfen dar.

Für die Tragfähigkeit einer Holznagelverbindung aus Eichenholznägeln und Bauteilen aus Holz mit $\rho_k > 380 \text{ kg/m}^3$ wird je Scherfläche die übertragbare Kraft in Gleichung (286) in Abhängigkeit des Quadrats des Nageldurchmessers angegeben mit

$$R_k = 9,5 \cdot d^2$$

in N und der Gültigkeit im Bereich von $20 \text{ mm} < d < 30 \text{ mm}$.

Der erforderliche Mindestabstand beträgt $2 \cdot d$, die Mindestabstände untereinander und die Abstände von den Rändern betragen ebenfalls $2 \cdot d$.

8.2 Beispiel Versatz

Eine Druckstrebe 120 x 140 mm, 35° gegen den Gurt 120 x 220 mm geneigt, wird mit einem Stirnversatz angeschlossen. NH C 24. NKL 1.

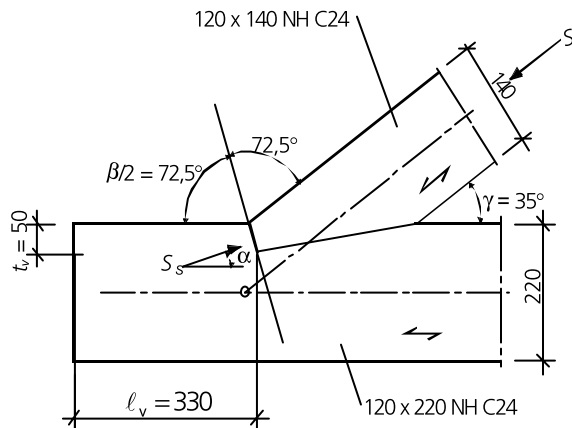


Abb. 8.1: Stirnversatz, Maße in mm

Geometrie: $t_v = 50 \text{ mm} < h/4 = 220/4 = 55 \text{ mm}$ für $\alpha < 50^\circ$

Nachweis der Druckspannung in der Stirnfläche:

$$A = 120 \cdot 50 / \cos 17,5^\circ = 6290 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,17,5,d} = \frac{50600}{6290} = 8,04 \text{ N/mm}^2$$

Das Verhältnis $f_{c,\alpha,d}/f_{c,0,d}$ ist in der Tabelle 8.1 für Nadelholz der Festigkeitsklassen C 20 und C 30, für Brettschichtholz der Festigkeitsklassen GL 24h und GL 36h sowie für Laubholz der Festigkeitsklassen D 30 und D 50 in Abhängigkeit von α angegeben. Zwischenwerte, auch der Festigkeitsklassen können interpoliert werden.

Tabelle 8.1: $f_{c,\alpha,d}/f_{c,0,d}$ für KLED mittel und NKL 1/2

$\alpha = \gamma/2$	C 20	C 30	GL 24h	GL 36h	GL 24c	GL 36c	D 30	D 50
0°	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
5°	0,963	0,944	0,965	0,939	0,974	0,947	0,955	0,971
10°	0,871	0,820	0,876	0,808	0,905	0,828	0,854	0,900
15°	0,762	0,692	0,768	0,677	0,811	0,702	0,746	0,816
20°	0,661	0,587	0,665	0,571	0,712	0,596	0,656	0,783
25°	0,574	0,505	0,575	0,491	0,620	0,512	0,588	0,674
30°	0,503	0,443	0,524	0,430	0,539	0,448	0,539	0,624
35°	0,446	0,395	0,439	0,384	0,471	0,397	0,505	0,589

Für $\alpha = 17,5^\circ$ und die Festigkeitsklasse C 24 folgt aus Tabelle 8.1:

$$(0,762 + 0,692 + 0,661 + 0,587)/4 = 0,676$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{f_{c,\alpha,d}} = \frac{8,04}{9,8} = 0,82 < 1$$

Schubspannung im Vorholz:

$$S_{H,d} = S_d \cdot \cos \alpha = 53,1 \cdot \cos 35^\circ = 43,5 \text{ kN}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{S_{H,d}}{\ell_v \cdot b} = \frac{43500}{330 \cdot 120} = 1,1 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} = \frac{1,1}{1,87} = 0,59 < 1$$

Einwirkungen:

$$S_{g,k} = 16 \text{ kN}$$

$$S_{q,k} = 21 \text{ kN}$$

$$S_d = 1,35 \cdot 16 + 1,5 \cdot 21 = 53,1 \text{ kN}$$

in der Stirnfläche:

$$S_{s,d} = 53,1 \cdot \cos 17,5^\circ$$

$$= 50,6 \text{ kN}$$

Die Stabkraft S folgt aus Einwirkungen infolge Eigen-, Wind- und Schneelast.

Für die Kraft S_s rechtwinklig zur Stirnfläche wird die Stabkraft S mit $\cos \alpha$ multipliziert. Dies bedeutet, dass die zum Gleichgewicht notwendige Kraft ($S_s \cdot \sin \alpha$) in der Flankenfläche rechtwinklig zur Kraft in der Stirnfläche steht. Wird angenommen, dass in den Kontaktflächen keine Reibungskräfte wirken, so müssen die Kräfte rechtwinklig zur Fuge stehen. Dies trifft bei obiger Annahme nicht ganz zu. Die Abweichungen sind aber gering.

Die Geometrie regelt DIN 1052, Gleichung (281)

Für KLED kurz und damit

$k_{mod} = 0,9$ dürfen die in Tabelle 3.4 für $k_{mod} = 0,8$ angegebenen Bemessungswerte mit $0,9/0,8 = 1,125$ multipliziert werden:

$$f_{c,0,d} = 12,9 \cdot 1,125 = 14,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = 1,54 \cdot 1,125 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = 1,66 \cdot 1,125 = 1,87 \text{ N/mm}^2$$

Der Winkel zwischen Kraft und Faser ist für die Stirnfläche $\alpha = 17,5^\circ$

Für die Druckspannung in der Stirnfläche des Versatzes ist die Bemessungsspannung in Gleichung (284) in Abhängigkeit vom Winkel zwischen Kraft und Faser und von den Bemessungsfestigkeiten $f_{c,0,d}$, $f_{c,90,d}$ und $f_{v,d}$ maßgebend.

Für $17,5^\circ$ und die angegebenen Werte wird $f_{c,17,5,d} = 0,676 \cdot 14,5 = 9,8 \text{ N/mm}^2$

Im Unterschied zu Abschnitt 10.2.5, „Druck unter einem Winkel α “ wird hier die Spannung in der Kontaktfläche A und nicht in einer effektiven Fläche A_{ef} berechnet.

Der Druckspannungsnachweis in der Flanke, der Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung beträgt hier $77,7^\circ$, ist nicht maßgebend.

$$8 \cdot t_v = 8 \cdot 50 = 400 > 330$$

Die Bedingung nach 15.1 (4) der DIN 1052 ist damit eingehalten.

8.3 Beispiel Zapfen

Ein Kantholz 120 x 220 mm aus NH C 24 erhält einen Zapfen, der in einem Hauptträger aufgelagert wird.

Geometriebedingungen.
 $15 \text{ mm} < \ell_z = 50 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$
 $1,5 < h/b = 220/120 = 1,83 < 2,5$
 $h_o = 80 \text{ mm} > h_u = 65 \text{ mm}$
 $h_u/h = 65/220 = 0,295 < 1/3$
 $h_z = 75 \text{ mm} > h/6 = 220/6 = 36,7 \text{ mm}$

Die Geometriebedingungen sind eingehalten.

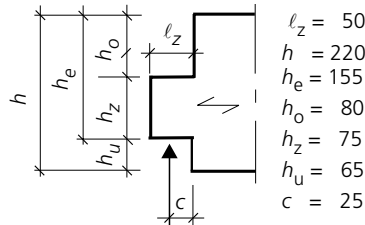


Abb. 8.2: Zapfen, Maße in mm

Der Bemessungswert R_d für den Zapfen in der Nutzungsklasse 1 und der KLED mittel soll berechnet werden.

Faktoren α und β :
 $\alpha = h_e/h = 155/220 = 0,705$ $\beta = h_z/h_e = 75/155 = 0,484$

$$\frac{1}{6 \cdot 0,705} = 0,236 \leq \beta = 0,484 \leq \frac{2 \cdot 0,705 - 1}{0,705} = 0,582$$

Beiwert k_z :

$$k_z = \beta \cdot \left\{ 1 + 2 \cdot (1 - \beta)^2 \right\} \cdot (2 - \alpha) = 0,484 \cdot \left\{ 1 + 2 \cdot (1 - 0,484)^2 \right\} \cdot (2 - 0,705) = 0,961$$

Beiwert k_v :

$$k_{90} = \frac{5}{\sqrt{220} \cdot \left(\sqrt{0,705 \cdot (1 - 0,705)} + 0,8 \cdot \frac{25}{220} \cdot \sqrt{\frac{1}{0,705} - 0,705^2} \right)} = 0,620$$

$$k_v = k_{90} \cdot 1 = 0,620$$

$$\ell_{z,ef} = \min \{ 50 + 30 = 80 ; 2 \cdot 50 = 100 \}$$

$$R_d = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{3} \cdot 120 \cdot 155 \cdot 0,961 \cdot 0,620 \cdot 1,66 = 12300 \text{ N} \\ 1,70 \cdot 120 \cdot 80 \cdot 1,54 = 25100 \text{ N} \end{array} \right\}$$

Der Zapfen kann eine Bemessungskraft von 5,93 kN in den Hauptträger einleiten. Der Nachweis für den Queranschluss im Hauptträger ist gesondert zu führen.

Tabelle 8.2: Beiwert $k_z(\alpha, \beta)$

$\alpha =$	2/3	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,00
$\beta =$								
1,1								1,122
1,0							1,050	1,00
0,9					1,056	1,010	0,964	0,918
0,8				1,030	0,993	0,950	0,907	0,864
0,7			1,032	0,991	0,950	0,909	0,867	0,826
0,6	1,056	1,030	0,990	0,950	0,911	0,872	0,832	0,792
0,5	1,000	0,975	0,938	0,900	0,863	0,825	0,788	0,750
0,4	0,981	0,894	0,860	0,826	0,791	0,757	0,722	0,688
0,3	0,792	0,772	0,742	0,713	0,683	0,653	0,624	0,594
0,2	0,608	0,593	0,57	0,597	0,524	0,502	0,474	0,453
1/6				0,547	0,457	0,438	0,418	0,398
$k_{z,min}$	0,710	0,668	0,614	0,563	0,517	0,470	0,435	0,398

Die Querkraft, die durch den Zapfen übertragen werden soll, folgt aus einer Einwirkung mit KLED mittel.

Die Werte der Tabelle 3.4 für $k_{mod} = 0,8$ können direkt verwendet werden:

$$f_{c,90,d} = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = 1,66 \text{ N/mm}^2$$

Die Geometriebedingungen sind im Abschnitt 15.2 und Abb. 55 der DIN 1052 angegeben.

Gleichung (285) der DIN 1052 gibt den charakteristischen Wert R_k der Zapfen­tragfähigkeit an. Werden für die charakteristischen Werte der Festigkeiten die Bemessungswerte eingesetzt, folgt auch der Bemessungswert R_d .

$$R_d = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{3} \cdot b \cdot h_z \cdot k_z \cdot f_{v,d} \\ 1,7 \cdot b \cdot \ell_{z,ef} \cdot f_{c,90,d} \end{array} \right\}$$

$$\ell_{z,ef} = \min \{ \ell_z + 30 \text{ mm} ; 2 \cdot \ell_z \}$$

Aus den Geometriebedingungen folgt

$$\frac{2}{3} \leq \alpha = \frac{h_e}{h} \leq 1$$

und für ein in diesem Bereich liegendes α

$$\frac{1}{6 \cdot \alpha} \leq \beta = \frac{h_z}{h_e} \leq \frac{2 \cdot \alpha - 1}{\alpha}$$

Der Beiwert k_v nach Gleichung (145) der DIN 1052 gilt für Ausklinkungen ($h_o = 0$).

$$k_v = \min \{ 1 ; k_{90} \cdot k_\varepsilon \}$$

Für $\varepsilon = 90^\circ$ ist $k_\varepsilon = 1$.

$$k_{90} = \frac{k_n}{\sqrt{h} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{c}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)}$$

Für Vollholz ist $k_n = 5$.

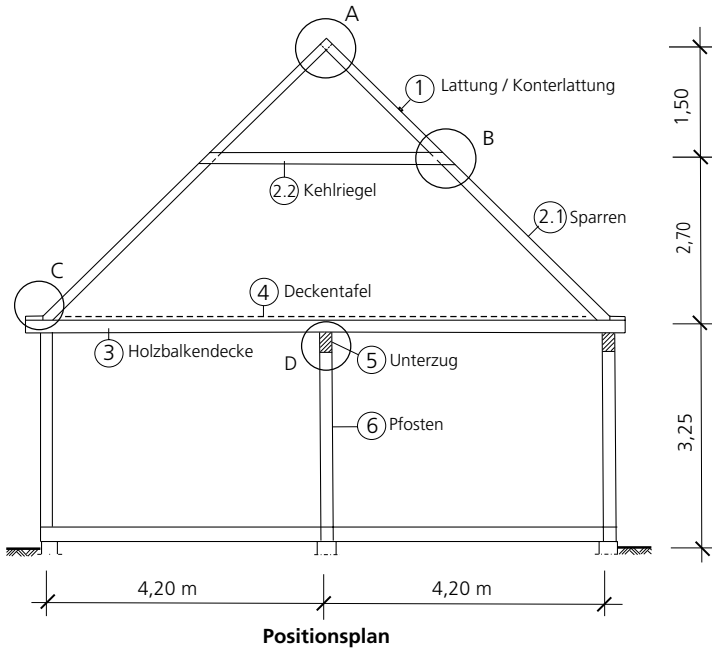
Der Beiwert $k_z(\alpha, \beta)$ kann der Tabelle 8.2 entnommen werden. Es sind nur Zahlen für die erlaubten Geometriebedingungen angegeben.

$$k_{z,min} < k_z < 1,0$$

Die nicht mehr erlaubten Zahlen sind gekennzeichnet, sie helfen bei der Interpolation.

9 Beispiele

9.1 Wohnhaus



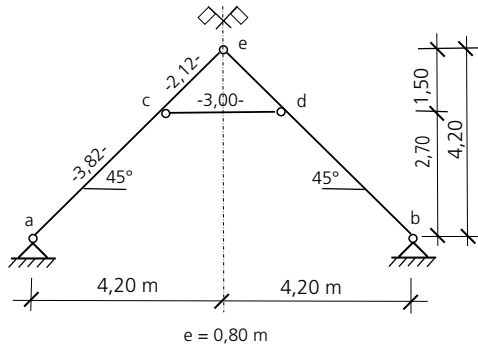
Pos 1 Lattung / Konterlattung

Gewählt: Lattung: 30 x 50 NH C 24

Konterlattung: 40 x 60 NH C 24

Pos 2 Kehlbalkendach

System und Einwirkungen



Eigenlasten (KLED ständig)

Sparrenlage $g_k = 1,62 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl}$
Kehlriegellage $g_k = 0,46 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl}$

Nutzlast
Spitzboden (KLED mittel)
 $q_k = 1,00 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl}$

Schneelast (KLED kurz):

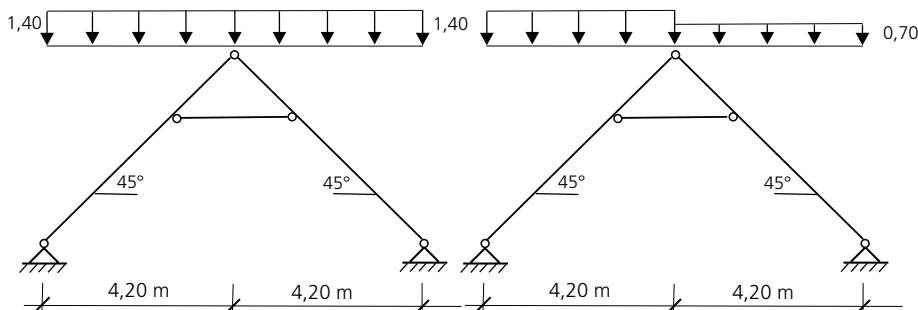
$$\bar{s}_k = 0,25 + 1,91 \cdot \left(\frac{533 + 140}{760} \right)^2 = 1,75 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl (Boden)}$$

Formbeiwert

$$\mu_1 = 0,8 \cdot (60^\circ - 45^\circ) / 30^\circ = 0,400$$

Dach mit Schneefanggitter: $\mu_1 \geq 0,800$ maßgebend

$$s_{k1} = 0,80 \cdot 1,75 = 1,40 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl (beidseitig)} \quad s_{k2} = 0,70 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl (einseitig)}$$



Bauort 533 m ü. NN
Schneelastzone 2
nach E DIN 1055-5:2004-02

Windzone I nach E DIN 1055-4:2001-03

Normen DIN 1052:2004
DIN 1055-100:2001-03
DIN 1055-1:2002-06
DIN 1055-3:2002-10
E DIN 1055-4:2001-03
E DIN 1055-5:2004-02

Nutzungsklasse 1 für Pos 2 bis 6

Grundriss rechteckig
Hauslänge 12 m
Dachneigungswinkel 45°

Dachlattenquerschnitt nach den berufsgenossenschaftlichen Regeln für das Dachdecker- und Zimmerhandwerk ohne rechnerischen Nachweis gemäß DIN 1052, Abschnitt 4 (3).

Verschiebliches Kehlbalkendach

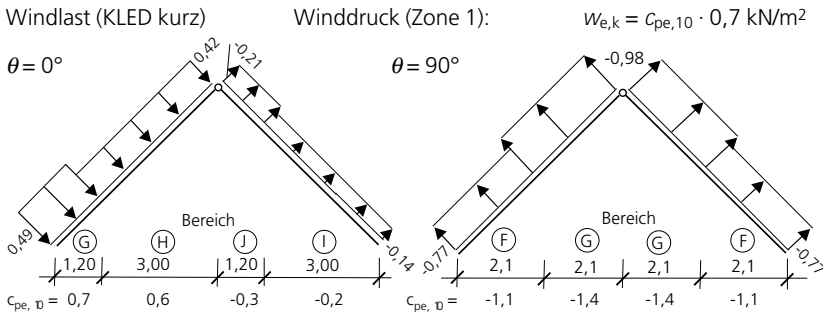
DIN 1055-3, Tab. 1, Kategorie A1
 $\alpha_A > 1 \rightarrow$ Keine Abminderung bei Lastweiterleitung.

$$\frac{e \cdot q_k \cdot l_k^2}{8} > \frac{Q_k \cdot l_k}{4}$$

$\rightarrow q_k$ ist maßgebend.
 q_k und Q_k sind nicht zu überlagern.

E DIN 1055-5, Gl. (2)

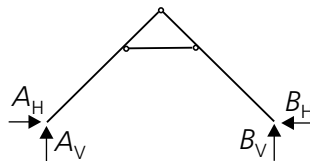
E DIN 1055-5, Tab. 1



Charakteristische Werte der Auflagerkräfte in kN pro 1 m Dachlänge

Lastfall	A _H	A _V	B _H	B _V
g _k	5,71	7,49	5,71	7,49
q _k	1,50	1,50	1,50	1,50
s _k	4,34	5,88	4,34	5,88
w _{0,k}	-1,04	0,59	1,48	0,59
w _{90,k}	-1,87	-3,55	-1,87	-3,55

Lagesicherheit ist erfüllt: $0,9 \cdot 7,49 - 1,5 \cdot 3,55 = 1,42 > 0$



Lastfallkombinationen (LK) für Tragfähigkeitsnachweise

Nr.	Kombination	Kombinationsregeln	DIN 1055-100 Gleichung	DIN 1052 Gleichung	k _{mod}
1	g	$1,35 \cdot g_k$			0,6
2	g+q	$1,35 \cdot g_k \oplus 1,5 \cdot q_k$	(14)	(1)	0,8
3	g+s	$1,35 \cdot g_k \oplus 1,5 \cdot s_k$	(14)	(1)	0,9
4	g+q+s	$1,35 \cdot g_k \oplus 1,5 \cdot q_k \oplus 1,5 \cdot 0,5 \cdot s_k$	(14)		0,9
5	g+s+q	$1,35 \cdot g_k \oplus 1,5 \cdot s_k \oplus 1,5 \cdot 0,7 \cdot q_k$	(14)		0,9
6	g+s+q+w ₀	$1,35 \cdot g_k \oplus 1,5 \cdot s_k \oplus 1,5 \cdot 0,7 \cdot (q_k \oplus w_{0,k})$	(A.1); (A.5)		0,9
7	g+s+q+w ₀	$1,35 \cdot (g_k \oplus q_k \oplus s_k \oplus w_{0,k})$		(2)	0,9
8	g+w ₉₀	$1,0 \cdot g_k \oplus 1,5 \cdot w_{90,k}$	(14)	(1)	0,9

* ⊕ bedeutet: „in Kombination mit“

Bemessungswerte der Schnittgrößen

	LK nach DIN 1055-100	Schnittgröße	LK nach DIN 1052	Schnittgröße	k _{mod}
Sparren	6	V _d = 4,53 kN/m	3	V _d = 4,85 kN/m	0,9
	6	M _d = 4,32 kNm/m	7	M _d = 4,58 kNm/m	0,9
	6	N _d = -27,2 kN/m	7	N _d = -27,2 kN/m	0,9
Kehltriegel	2	V _d = 3,18 kN/m	7	V _d = 2,96 kN/m	0,8
	2	M _d = 2,39 kNm/m	7	M _d = 2,22 kNm/m	0,8
	6	N _d = -15,5 kN/m	7	N _d = -15,6 kN/m	0,9
	8	N _d = +1,68 kN/m	8	N _d = +1,68 kN/m	0,9

Sparren

Gewählt KVH C 24 Sparrenabstand e = 0,8 m

Vorbemessung

$$W_{y,req} = \frac{e \cdot M_d}{f_{m,d}} = \frac{0,8 \cdot 4,58 \cdot 10^6}{16,6} = 221 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{y,req} \approx 313 \cdot 0,8 \cdot 3,5 \cdot 3,82 \cdot \frac{1}{1,1} \cdot 10^4 = 3040 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

Abschätzformel für Sparrenquerschnitt im Kehlbalkendach:

$$h \approx 382/24 + 4 \approx 20 \text{ cm} \quad b \geq 8 \text{ cm}$$

Gewählt 80 x 200 KVH C 24; e = 0,8 m

Tragfähigkeitsachweise KLED: kurz

Biegung und Knicken

$$\sigma_{m,d} = \frac{0,8 \cdot 4,58 \cdot 10^6}{533 \cdot 10^3} = 6,87 \text{ N/mm}^2$$

$$k_m = 1,0$$

Knicken in Gespärreebene: $\ell_{ef} = 0,8 \cdot 5,94 = 4,75 \text{ m}$

E DIN 1055-4, Gl. (4) mit $q = 0,7 \text{ kN/m}^2$ nach E DIN 1055-4, Tab. 2

E DIN 1055-4, 12.1.1:
 $A = 12 \cdot (3,82 + 2,12) = 71,28 \text{ m}^2$
 $> 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,10}$

E DIN 1055-4, 12.1.5:
 $z_e = 3,25 + 2,70 + 1,50 = 7,45 \text{ m}$

$\theta = 0^\circ$ e = 12 m maßgebend
e = $2 \cdot 7,45 = 14,9 \text{ m}$
 $\rightarrow e/10 = 1,2 \text{ m}$

$\theta = 90^\circ$ e = 8,4 m maßgebend
e = 14,9 m
 $\rightarrow e/2 = 4,2 \text{ m}$

Es empfiehlt sich, bei der nach Lastfällen getrennten Auflagerkraftberechnung auch die Verformungen unter den charakteristischen Einwirkungen zu ermitteln.

Viele Kombinationen sind von vornherein ausgeschlossen worden.

zu Nr. 4: $\psi_0 = 0,5$
zu Nr. 5/6: $\psi_0 = 0,7$

Die Kombinationsregel nach DIN 1055-100, Gleichung (14) lautet für Nr. 6:
 $1,35 \cdot g_k \oplus 1,5 \cdot s_k \oplus 1,5 \cdot 0,7 \cdot q_k \oplus 1,5 \cdot 0,6 \cdot w_{0,k}$

Einzelresultate aus den verschiedenen Lastfallkombinationen sind nicht dargestellt. Vorbemessung und Nachweise werden mit den maßgebenden Werten der nebenstehenden Tabelle durchgeführt.

Darstellung einer vollständigen Analyse der LK siehe Beispiel in Abschnitt 2.

$f_{m,d} = 1,125 \cdot 14,8 = 16,6 \text{ N/mm}^2$ nach Tabelle 3.4 für KLED kurz

313: Vorwert für $w_{Q,inst} \leq \ell/300$
1/1,1: $10000/E_{0,mean}$
 $E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2$
0,8: Sparrenabstand
 $\approx 3,5$: maximaler Wert des charakteristischen Feldmoments

$$\lambda_y = 4750 / 57,7 = 82,3 \quad \rightarrow k_c = 0,433$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{0,8 \cdot 27,2 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^2} = 1,36 \text{ N/mm}^2 \quad \frac{1,36}{0,433 \cdot 14,5} + \frac{6,87}{1,0 \cdot 16,6} = 0,63 < 1$$

Schub

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{0,8 \cdot 4,85 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^2} = 0,36 \text{ N/mm}^2 \quad 0,36 / 1,87 = 0,19 < 1$$

k_c aus Tabelle 5.1
Knicken und Kippen rechtwinklig zur Gespärreebene durch Dachscheibe verhindert.
0,8: DIN 1052, Anhang K.1, Zeile 6

aus Tab. 3.4:
 $f_{m,d} = 14,8 \cdot 1,125 = 16,6 \text{ N/mm}^2$
 $f_{c,0,d} = 12,9 \cdot 1,125 = 14,5 \text{ N/mm}^2$
 $f_{v,d} = 1,66 \cdot 1,125 = 1,87 \text{ N/mm}^2$
 $\psi_{0,s} = 0,5$
aus Tab. 3.3: $k_{def} = 0,6$
 $\ell = 5,94 \text{ m} \quad \ell_u = 3,82 \text{ m}$
seltene Kombination

seltene Kombination mit $\psi_{0,s} = 0,5$
quasi-ständige Kombination mit
 $\psi_{2,s} = \psi_{2,w} = 0$
Überhöhung $w_0 = 0$

Knicken und Kippen rechtwinklig zur Kehlrieelebene durch Spitzbodenschalung verhindert.

k_c aus Tab. 5.1

Vereinfachte Überlagerung:
Maximale Normalkraft für KLED kurz
Maximales Moment für KLED mittel

$\psi_2 \cdot k_{def} = 0,3 \cdot 0,6 = 0,18$
 $\ell = 3,0 \text{ m}$
seltene Kombination
seltene Kombination
quasi-ständige Komb. mit $\psi_2 = 0,3$

In den verschiedenen Lastfallkombinationen ist die Gelenkkraft E_d im Firstpunkt e zwischen 0° und ca. 80° gegen die Horizontale geneigt. Die Abstände a_1 und die Endabstände $a_{1,t}$ werden für $\alpha = 0^\circ$ und die Randabstände $a_{2,t}$ für $\alpha = 90^\circ$ ausgelegt.

Nagelabstände nach Tabelle 7.14

	mindestens	gewählt
a_1	30 mm	
$a_{1,t}$	36 mm	$\geq 50 \text{ mm}$
a_2	15 mm	
$a_{2,t}$	21 mm	

Die Mindestholzdicke $14 \cdot d = 42 \text{ mm}$ wegen Spaltgefahr ist nicht eingehalten. Deshalb wird $a_{2,t} \geq 10 \cdot d$ ausgeführt.

Gebrauchstauglichkeitsnachweise (Durchbiegunsnachweise)

$$w_{G,inst} = 2,2 \text{ mm} \quad w_{G,fin} = 2,2 \cdot (1 + 0,6) = 3,5 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = w_{Q,fin} = w_{w0,inst} + w_{s,inst} = 7,9 + 0,5 \cdot 5,9 = 10,9 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = 10,9 \text{ mm} = \ell / 545 < \ell / 300$$

$$= \ell_u / 350 < \ell_u / 300$$

$$w_{fin} - w_{G,inst} = 3,5 + 10,9 + 2,2 = 12,2 \text{ mm} = \ell_u / 313 < \ell_u / 200$$

$$w_{fin} - w_0 = 3,5 - 0 \ll \ell_u / 200$$

Kehlriegel

Gewählt: **2 x 40 x 160 KVH C 24 ; e = 0,8 m**

Tragfähigkeitsnachweise

KLED mittel

Biegung und Knicken

$$\sigma_{m,d} = \frac{0,8 \cdot 2,39 \cdot 10^6}{341 \cdot 10^3} = 5,60 \text{ N/mm}^2 \quad k_m = 1,0$$

Knicken in Gespärreebene: $\ell_{ef} = 3,0 \text{ m}$
 $\lambda_y = 3000 / 46,2 = 65 \quad \rightarrow k_c = 0,607$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{0,8 \cdot 15,5 \cdot 10^3}{128 \cdot 10^2} = 0,97 \text{ N/mm}^2 \quad \frac{0,97}{0,607 \cdot 14,5} + \frac{5,60}{1,0 \cdot 14,8} = 0,49 < 1$$

Schub

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{0,8 \cdot 3,18 \cdot 10^3}{128 \cdot 10^2} = 0,30 \text{ N/mm}^2 \quad 0,30 / 1,54 = 0,19 < 1$$

Gebrauchstauglichkeitsnachweise (Durchbiegunsnachweise)

$$w_{G,inst} = 1,6 \text{ mm} \quad w_{G,fin} = 1,6 \cdot (1 + 0,6) = 2,6 \text{ mm}$$

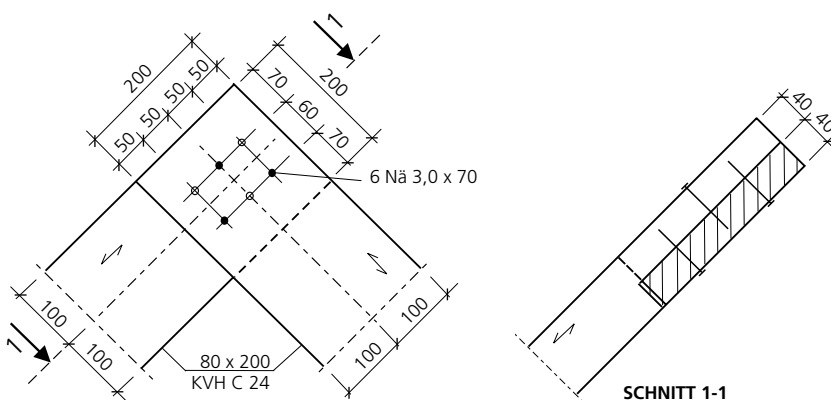
$$w_{Q,inst} = 3,5 \text{ mm} \quad w_{Q,fin} = 3,5 \cdot (1 + 0,18) = 4,1 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = 3,5 \text{ mm} = \ell / 857 < \ell / 300$$

$$w_{fin} - w_{G,inst} = 1,6 \cdot 0,6 + 4,1 = 5,1 = \ell / 588 < \ell / 200$$

$$w_{fin} - w_0 = 2,6 + 0,3 \cdot 3,5 \cdot (1 + 0,6) - 0 = 4,3 \text{ mm} = \ell / 701 < \ell / 200$$

Detail A Firstpunkt



Gewählt

Überblattung der Sparren und Nägel 3,0 x 70 DIN EN 10230-1

Maximale Gelenkkraft $E_d = 0,8 \cdot 2,90 = 2,32 \text{ kN}$

KLED kurz

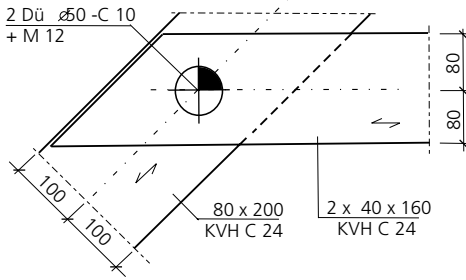
Einschnittige Holz-Holz-Nagelverbindung

$$R_d = 1,125 \cdot 74 \cdot 3,01^{1,65} = 510 \text{ N}$$

$$n_{\text{req}} = E_d / R_d = 2,32 / 0,510 = 4,5$$

Gewählt: **6 glattschaftige Nägel 3,0 x 70 DIN EN 10230-1**

Detail B Kehlriegelanschluss



Gewählt:
2 Dü Ø 50 – C10 + M12

Maximale Gelenkkraft $C_d = 0,8 \cdot 15,6 = 12,5 \text{ kN}$

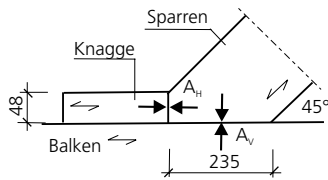
KLED kurz

Die Tragfähigkeit des Bolzens wird rechnerisch nicht angesetzt, somit gilt:

$$R_{j,d} = R_{c,d} = 1,125 \cdot 5,44 = 6,12 \text{ kN}$$

$$12,5 / (2 \cdot 6,12) = 1,02 \text{ zulässig, da der Bolzen die Tragfähigkeit des Anschlusses erhöht}$$

Detail C Sparrenfußpunkt



Gewählt:
Knaagge 48 x 120 mm KVH C 24
Anschluss mit Nä 3,4 x 80
Lagesicherung durch 1 BiRA-Sparrennagel 5,1 x 260

Maximale Auflagerkräfte $A_{v,d} = 0,8 \cdot 20,9 = 16,7 \text{ kN}$
 $A_{h,d} = 0,8 \cdot 17,6 = 14,1 \text{ kN}$

KLED kurz
KLED kurz

Nachweis vertikale Fuge (Sparren-Knaagge)

$$A_{\text{ef}} = 80 (48 + 30 \cdot \sin 45^\circ) = 5540 \text{ mm}^2$$

$$k_{c,90} = 1 \text{ und damit } k_{c,\alpha} = 1$$

$$\sigma_{c,45,d} = \frac{14,1 \cdot 10^3}{5540} = 2,55 \text{ N/mm}^2$$

$$2,55 / 2,94 = 0,87 < 1$$

Nachweis horizontale Fuge (Sparren-Deckenbalken)

$$A_{\text{ef}} = 80 \cdot (200 \cdot \sqrt{2} - 48 + 2 \cdot 30) = 23600 \text{ mm}^2$$

$$k_{c,90} = 1,25$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{16,7 \cdot 10^3}{1,25 \cdot 23600} = 0,566 \text{ N/mm}^2$$

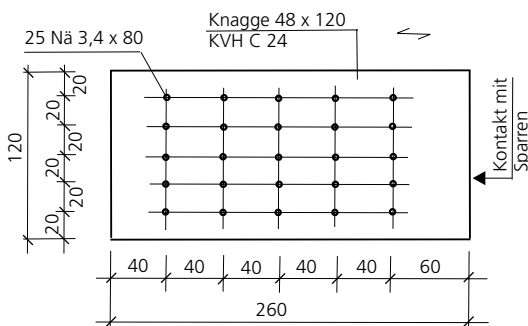
$$0,566 / 1,73 = 0,33 < 1$$

Nachweis Knaaggenanschluss

$$R_d = 1,125 \cdot 74 \cdot 3,41^{1,65} = 627 \text{ N}$$

$$n_{\text{req}} = 14,1 / 0,627 = 22,5$$

→ Gewählt **25 Nä 3,4 x 80 DIN EN 10230-1**



$$R_d \text{ nach Abschnitt 7.4.1}$$

$$t_{\text{req}} = 9 \cdot d = 27 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$$

Dübel Typ C10 ist der zweiseitige Dübel Typ D (Geka) nach bisheriger Bezeichnung

$$C_d < \sqrt{15,5^2 + 1,68^2} = 15,6 \text{ kN/m}$$

Nach Tab. 7.25

Für Sogsicherung an der Traufe:
 $R_{\text{ax,d}} = 1,33 \text{ kN}$

$A_{v,d}$, $A_{h,d}$ aus LK 7 nach Kombinationsregel DIN 1052, Gl. (2)

$30 \cdot \sin 45^\circ$: 30 mm nach DIN 1052, 10.2.4 in Faserrichtung des Sparrens auf die vertikale Ebene der Fuge projiziert

nach Tab. 3.6:
 $f_{c,45,d} = 1,125 \cdot 2,61 = 2,94 \text{ N/mm}^2$

nach Tab. 3.4:
 $f_{c,90,d} = 1,125 \cdot 1,54 = 1,73 \text{ N/mm}^2$

R_d : siehe Nachweis Detail A

Nagelabstände nach Tabelle 7.14

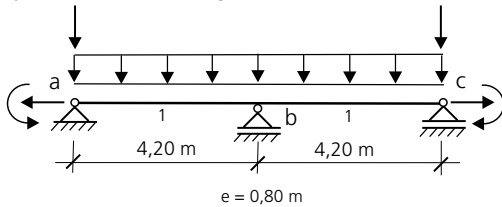
	mindestens	gewählt
a_1	34 mm	40 mm
a_2	17 mm	20 mm
$a_{1,t}$	51 mm	60 mm
$a_{1,c}$	24 mm	40 mm
$a_{2,t,c}$	17 mm	20 mm

Die Mindestholzdicke $14 \cdot d = 47,6 \text{ mm}$ wegen Spaltgefahr ist eingehalten.

$$t_{\text{req}} = 9 \cdot d = 30,6 \text{ mm} < 32 \text{ mm}$$

Pos 3 Holzbalkendecke

System und Einwirkungen



Eigenlasten (KLED ständig) $g_k = 1,52 \text{ kN/m}^2$
Nutzlast (KLED mittel) $g_k = 2,00 \text{ kN/m}^2$

Innenauflager b: Charakteristische Werte der Auflagerkräfte
 $B_{g,k} = 7,98 \text{ kN/m}$ $B_{q,k} = 10,5 \text{ kN/m}$

Endauflager a und c: Charakteristische Werte der Auflagerkräfte

Eigenlasten:	Pos 2	7,49 kN/m
	Pos 3	<u>2,39 kN/m</u> 9,88 kN/m
Nutzlasten:	Pos 2	1,50 kN/m
	Pos 3	<u>3,68 kN/m</u> 5,18 kN/m
Schneelast:	Pos 2	5,88 kN/m
Windlast	Pos 2	0,59 kN/m
	Abhebend	-3,55 kN/m

Bemessungswerte der Schnittgrößen aus Lastfallkombination $g + q$
 $V_{a,d} = 8,74 \text{ kN/m}$ $M_{1,d} = 7,57 \text{ kNm/m}$
 $V_{b,d} = 13,3 \text{ kN/m}$ $M_{b,d} = -11,1 \text{ kNm/m}$

Bemessungswerte der Schnittgrößen aus Pos 2 (LK 7)
 $F_{t,d} = 17,6 \text{ kN/m}$
 $M_{ex,d} = 0,1 \cdot 17,6 = 1,76 \text{ kNm/m}$ wird vernachlässigt, da entlastende Wirkung in b

Vorbemessung
Gewählt KVH C 24 $e = 0,8 \text{ m}$

$$W_{y,req} = \frac{0,8 \cdot 11,1 \cdot 10^6}{14,8} = 600 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{y,req} = 0,8 \cdot 27,6 \cdot 2,0 \cdot 4,2^3 \cdot \frac{1}{1,1} \cdot 10^4 = 2970 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

Gewählt **120 x 200 KVH C 24** $e = 0,8 \text{ m}$

Tragfähigkeitsnachweise

Biegung (Lastfallkombination $g + q$)
 $\sigma_{m,d} = \frac{0,8 \cdot 11,1}{800} \cdot 10^3 = 11,1 \text{ N/mm}^2$ $11,1/14,8 = 0,75 < 1$

Biegung und Zug (Lastfallkombination $g + q$)

$$\sigma_{m,d} = \frac{0,8 \cdot 11,1}{800} \cdot 10^3 = 11,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{0,8 \cdot 9,95 \cdot 10^3}{240 \cdot 10^2} = 0,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{0,33}{8,62} + \frac{11,1}{14,8} = 0,79 < 1$$

Biegung und Zug (Lastfallkombination $g + q + s + w_0$)

$$\sigma_{m,d} = 11,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{0,8 \cdot 17,6 \cdot 10^3}{240 \cdot 10^2} = 0,59 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{0,59}{9,70} + \frac{11,1}{16,6} = 0,73 < 1$$

DIN 1055-3, Tab. 1, Zeile 3
keine Abminderung der Nutzlast bei Weiterleitung

0,1 m : Ausmittigkeit der H-Kraft bezogen auf die Balkenachse (Balkenhöhe mit 200 mm angenommen)

Gleichung nach Bautabellen für Ingenieure, Werner Verlag

$$K_m = 1,0$$

$$f_{m,d} = 14,8 \text{ N/mm}^2 \text{ nach Tab. 3.4}$$

$$F_{t,d} = 9,95 \text{ kN/m aus Pos 2, LK 2}$$

$$f_{t,0,d} = 8,62 \text{ N/mm}^2 \text{ nach Tab. 3.4}$$

$$\psi_{0,i} = 1 \text{ angenommen}$$

nach Tab. 3.4:

$$f_{m,d} = 1,125 \cdot 14,8 = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = 1,125 \cdot 8,62 = 9,70 \text{ N/mm}^2$$

$$\psi_{0,i} = 1 \text{ angenommen}$$

Schub

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{0,8 \cdot 13,3 \cdot 10^3}{240 \cdot 10^2} = 0,66 \text{ N/mm}^2 \quad 0,66/2,16 = 0,31 < 1$$

8,74 < 13,3/1,3 = 10,2 → Schub am Auflager a, c nicht maßgebend

Auflagerpressung Endauflager a und c

Vereinfachte Kombination für die Kombination mit der Schneelast aus Pos 2 als vorherrschende veränderliche Einwirkung:

$$\max A_{v,d} = 0,8 \cdot [1,35 \cdot 9,88 + 1,5 \cdot 5,88 + 0,7 \cdot 1,5 \cdot (5,18 + 0,59)] = 22,6 \text{ kN}$$

$$A_{ef} = 120 \cdot (\ell_A + 2 \cdot 30)$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{22,6 \cdot 10^3}{120 \cdot (\ell_A + 2 \cdot 30)} \leq 1,73 \text{ N/mm}^2 \quad \ell_A \geq 49 \text{ mm}$$

Auflagerpressung Innenaufleger b

$$\max B_{v,d} = 0,8 \cdot (1,35 \cdot 7,98 + 1,5 \cdot 10,5) = 21,2 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{21,2 \cdot 10^3}{120 \cdot (\ell_A + 2 \cdot 30)} \leq 1,54 \text{ N/mm}^2 \quad \ell_A \geq 55 \text{ mm}$$

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

Durchbiegung

$$E_{0,mean} \cdot I_y = 1100 \cdot 12 \cdot 203/12 = 8,8 \cdot 10^6 \text{ kNcm}^2$$

$$w_{G,inst} = 5,4 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 1,52 \cdot \frac{4,2^4}{8,8 \cdot 10^6} \cdot 10 = 2,3 \text{ mm}$$

$$w_{G,fin} = 2,3 \cdot (1 + 0,6) = 3,7 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = 9,2 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 2,0 \cdot \frac{4,2^4}{8,8 \cdot 10^6} \cdot 10 = 5,2 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = 5,2 \text{ mm} \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = 6,1 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = 5,2 \text{ mm} = \ell/807 < \ell/300$$

$$w_{fin} - w_{Q,inst} = 2,3 \cdot 0,6 + 6,1 = 7,5 \text{ mm} = \ell/560 < \ell/200$$

$$w_{fin} - w_0 = (2,3 + 0,3 \cdot 5,2) \cdot (1 + 0,6) - 0 = 6,2 \text{ mm} = \ell/677 < \ell/200$$

Schwingung

Einfeldträger

$$w_{G,inst} + \psi_2 \cdot w_{Q,inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,8 \cdot (1,52 + 0,3 \cdot 2,0) \cdot 4200^4 \cdot 12}{11000 \cdot 120 \cdot 200^3} = 7,8 \text{ mm} > 6 \text{ mm}$$

Einfeldträger mit Berücksichtigung der elastischen Einspannung in das Nachbarfeld

$$w_{G,inst} + 0,3 \cdot w_{Q,inst} = 0,0092 \cdot 0,8 \cdot (1,52 + 0,3 \cdot 2,0) \cdot \frac{4200^4 \cdot 12}{11000 \cdot 120 \cdot 200^3} = 5,5 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

$$f_{v,d} = 1,3 \cdot 1,66 = 2,16 \text{ N/mm}^2$$

1,3 nach DIN 1052, 10.2.9 (4)

$\max \psi_0 = 0,7$ für Nutzlast

$k_{c,90} = 1,0$ angenommen

$k_{c,90} = 1,0$ angenommen

für Gleichung nach Bautabellen für Ingenieure, Werner Verlag

$$\ell = 4,2 \text{ m}$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_2 = 0,3$$

seltene Kombination

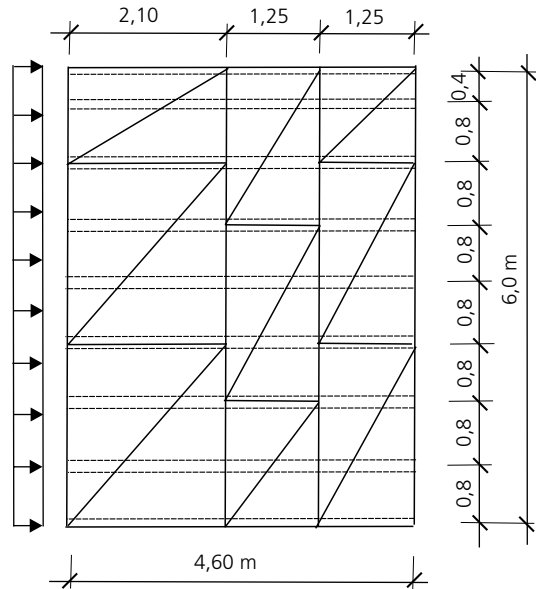
seltene Kombination

quasi-ständige Kombination

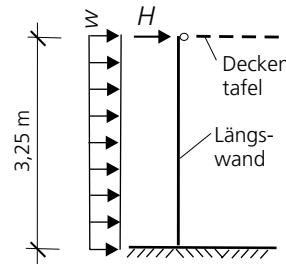
Nachweis nach DIN 1052, 9.3

Pos 4 Deckentafel

System und Einwirkungen



Winddruck und Windsog sind in der nachfolgenden Lastermittlung zusammengefasst



Es wird nur die Aussteifung in Querrichtung dargestellt, wobei eine Querwand in Hausmitte und Symmetrie zu dieser Querwand vorausgesetzt wird.

Die Tafelhöhe 4,6 m ergibt sich aus dem Abstand der Gurte, siehe Skizze beim Nachweis Gurte.

Überprüfung der Zulässigkeit freier Plattenränder quer zu den Deckenbalken (= Innenrippen) nach DIN 1052, 8.7.3 (2)

- Versatzmaß = 0,8 m
- \geq Rippenabstand $a_r = 0,8$ m
- $a_r = 0,8$ m = $0,64 \cdot 1,25 < 0,75 \cdot 1,25$
- Platten werden auch auf den Deckenbalken verschraubt, auf denen sich kein Stoss befindet
- Tafelstützweite $\ell = 6,0$ m $< 12,5$ m und drei Plattenreihen
- Tafelhöhe $h = 4,6$ m $> \ell/4 = 1,5$ m
- Bemessungswert der Belastung $q_d = 1,5 \cdot (2,52 + 1,48) = 6,0$ kN/m $> 5,0$. Die Überschreitung wird als vertretbar angesehen, da Tafelstützweite weit unter und Tafelhöhe weit über den Grenzwerten. Der vorliegende Fall darf nicht verallgemeinert werden.

Wind auf Dach: $H_k = 0,49 \cdot 1,2 + 0,42 \cdot 3,0 + 0,21 \cdot 1,2 + 0,14 \cdot 3,0 = 2,52$ kN/m
aus Wind auf Wand: $W_{0,k} = 1,3 \cdot 0,7 \cdot 3,25/2 = 1,48$ kN/m
Bemessungswert der Einwirkungen $q_d = 1,5 \cdot (2,52 + 1,48) = 6,0$ kN/m

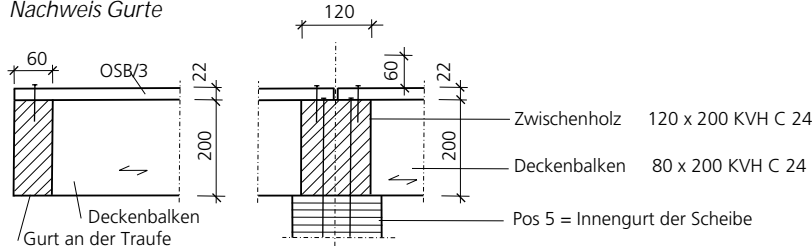
Bemessungswerte der Schnittgrößen

$$M_d = 6,0 \cdot 6,0^2/8 = 27,0 \text{ kNm}$$

$$V_d = 6,0 \cdot 6,0/2 = 18,0 \text{ kN}$$

$$F_{t,d} = F_{c,d} = 27,0 / 4,6 = 5,9 \text{ kN}$$

Nachweis Gurte



$$A_{\min} = 60 \cdot 120 = 7200 \text{ mm}^2$$

$$\text{Druck-, Zuggurt: } \sigma_d = 5900/7200 = 0,82 \text{ N/mm}^2 \quad \text{ohne weiteren Nachweis}$$

Nachweis der Verteillrippe am Auflager und Weiterleitung der Auflagerkraft werden nicht behandelt.

Lasteinleitung der H-Kräfte aus Pos 2 über die Deckenbalken (= Innenrippen = Verteiler) in die OSB-Platten

Lasteinleitung der H-Kräfte aus Wind auf die Längswand über das Wandrähm in die Deckenbalken und weiter in die OSB-Platten.

Bemessungswert der Schraubentragfähigkeit

Gewählt: **Sr Ø 4 mm** $l_s = 60$ mm

Zur Anwendung von Gl. (226) muss erfüllt sein:

$$t_{\text{req}} \geq 7 \cdot d = 28 \text{ mm} > t_{\text{vorh}} = 22 \text{ mm}$$

→ Genauere Berechnung nach Anhang G, Tab. G.2 $R_d = 534$ N

Zum Vergleich nach Gl. (226): $R_d = 502$ N

Weitere Berechnung mit $R_d = 500$ N und $\Delta R_d = 190$ N

Gesamttragfähigkeit der Schraube $R_d = 500 + 190 = 690$ N

nach Gl. (227):

$$\Delta R_d = 0,25 \cdot R_{ax,d} = 190 \text{ N}$$

Nachweise der Scheibenbeanspruchung der Deckentafel

Bemessungswert der Beanspruchung: $s_{v,0,d} = 18000/4600 = 3,91$ N/mm (KLED kurz)

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

$$f_{v,0,d} = \min \begin{cases} 0,66 \cdot 690 / a_v \\ 0,66 \cdot 0,33 \cdot 4,71 \cdot 22 = 22,6 \text{ N/mm} \\ 0,66 \cdot 0,33 \cdot 4,71 \cdot 35 \cdot 22^2 / 800 = 21,7 \text{ N/mm} \end{cases}$$

$$a_v \leq 0,66 \cdot 690/3,91 = 116 \text{ mm}$$

Gewählt: **Schraubabstand $a_v = 100$ mm**

$f_{v,0,d}$ nach DIN 1052, Gl. (123) mit

$$R_d = 690 \text{ N}$$

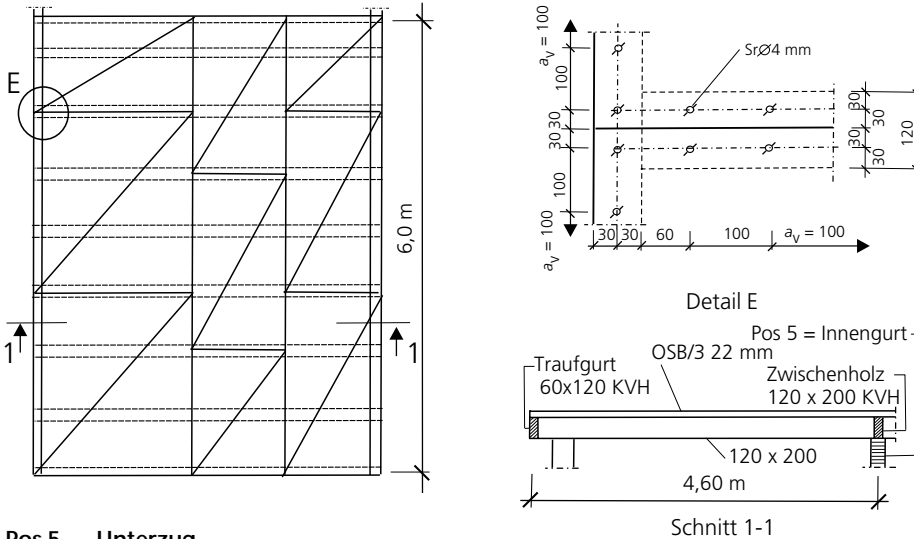
$$k_{v,1} = 0,66 \quad k_{v,2} = 0,33$$

nach Tab. 3.11:

$$f_{v,d} = 3,66 \cdot 1,286 = 4,71 \text{ N/mm}^2$$

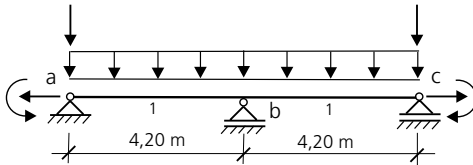
Nachweis der Tafeldurchbiegung

Kann entfallen, da die Bedingungen nach DIN 1052, 8.7.3 (8) eingehalten sind.



Pos 5 Unterzug

System und Einwirkungen



Eigenlasten (KLED ständig)	Pos 3	7,98 kN/m
Eigenlast UZ		0,50 kN/m
$g_k =$		8,50 kN/m

Nutzlast (KLED mittel)	Pos 3	$q_k =$ 10,5 kN/m
------------------------	-------	-------------------

Charakteristische Auflagerkräfte des Innenauflegers	$B_{g,k} =$ 63,8 kN
	$B_{q,k} =$ 78,8 kN

Bemessungswerte der Schnittgrößen für $g + q$

$V_{a,d} =$ 67,2 kN	$V_{b,li,d} =$ 102 kN	$M_{1,d} =$ 82,9 kNm	$M_{b,d} =$ - 123 kNm
---------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------

Vorbemessung

Gewählt BS-Holz GL 24h UZ-Breite $b = 200$ mm

$$W_{\text{req}} = \frac{123 \cdot 10^6}{14,8} = 8310 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad \rightarrow h \geq 500 \text{ mm}$$

$$I_{\text{req}} = 27,6 \cdot 10,5 \cdot 6,0^3 \cdot \frac{1}{1,16} \cdot 10^4 = 5,4 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \quad \rightarrow h \geq 345 \text{ mm}$$

$$A_{\text{req}} = \frac{1,5 \cdot 102,1 \cdot 10^3}{2,15} = 711 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow h \geq 356 \text{ mm}$$

Gewählt **200 x 520 GL 24h (alternativ 200 x 430 GL 36h)**

Tragfähigkeitsnachweise

Biegung

$$\sigma_{m,d} = \frac{123 \cdot 10^6}{9010 \cdot 10^3} = 13,6 \text{ N/mm}^2 \quad 13,6/14,8 = 0,92 < 1$$

Schub

$$\tau_{v,d} = 1,5 \cdot \frac{102 \cdot 10^3}{104 \cdot 10^3} = 1,47 \text{ N/mm}^2 \quad 1,47/2,15 = 0,68 < 1$$

$f_{m,d} = 14,8 \text{ N/mm}^2$ aus Tab. 3.7

Erläuterungen siehe Pos 3

aus Schubnachweis

Alternativ: BS-Holz GL 36h:

$$W_{\text{req}} = \frac{123 \cdot 10^6}{22,1} = 5565 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\rightarrow h \geq 438 \text{ mm}$$

Wegen Schlitz (siehe Detail D) erhöht sich die Biegerandspannung auf $\sigma_{m,d} = 14,0 \text{ N/mm}^2 < 14,8$

9.2 Hallenbinder

Von einer Halle wird die Bemessung der 25 m weit gespannten Holz binder aus Brettschichtholz gezeigt.

Die Bemessung des Binders nach DIN 1052:1988-04 ist in /Scheer C., Andresen K.: Beispiel 52, Seiten 327 bis 334, Holzbautaschenbuch Band 3, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 8. Auflage/ zu finden.

Für den Aussteifungs- und Windverband werden die Bemessungseinwirkungen angegeben.

Abbildung 9.1 zeigt das System des auf den Stützen gabelgelagerten Einfeldträgers mit den wesentlichen Maßen.

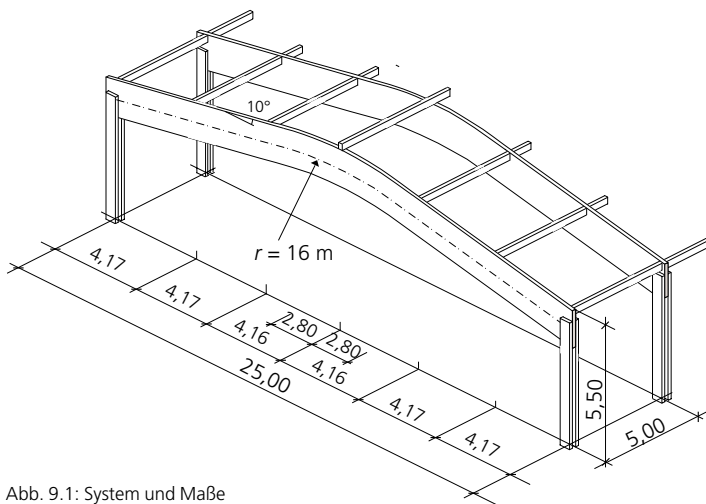


Abb. 9.1: System und Maße

Die Einflussbreite eines Trägers (nicht der Randträger) ist 5 m. Aus dem Eigengewicht und der Schneelast folgen die Linienlasten. In Abbildung 9.2 sind die charakteristischen Einwirkungen und die zugehörigen Schnittgrößen angegeben.

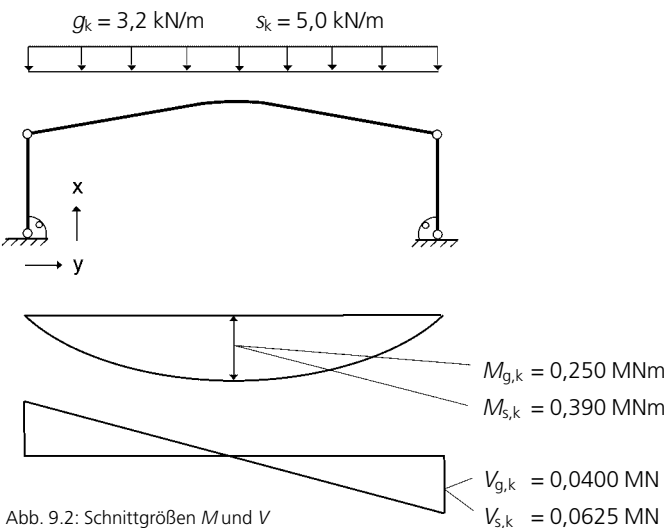


Abb. 9.2: Schnittgrößen M und V

Grenzzustände der Tragfähigkeit

Biegespannung in Feldmitte des gekrümmten Trägers

$$M_{ap,d} = 1,35 \cdot 0,25 + 1,5 \cdot 0,39 = 0,923 \text{ MNm} = 923 \text{ kNm}$$

Im gekrümmten Trägerbereich verläuft die Biegespannung nicht linear über die Querschnittshöhe.

Baustoff: Brettschichtholz GL 32h

$b \times h = 180 \times 1620 \text{ mm}$

Die Bemessungswerte der Festigkeiten in N/mm^2 sind in Tabelle 3.7 für KLED mittel angegeben.

Als Einwirkungen werden Eigenlast und Schneelast angesetzt. Für die Schnittgrößen aus den charakteristischen Einwirkungen nach DIN 1055 sind die Teilsicherheitsbeiwerte:

$$\begin{aligned} \text{Eigenlast} & \quad \gamma_G = 1,35 \\ \text{Schneelast} & \quad \gamma_Q = 1,5 \end{aligned}$$

Die Kombination der Einwirkungen ist hier einfach. Bei nur einer veränderlichen Einwirkung folgen die Bemessungsschnittgrößen:

$$S_d = 1,35 \cdot S_{g,k} + 1,5 \cdot S_{s,k}$$

Der Lastfall Wind in Trägerrichtung, d.h. quer zur Halle hat bei der Dachneigung von 10° nur Sogkräfte zur Folge. Die Kombination mit Eigenlast und Schneelast wird nicht maßgebend.

Für einen Standort der Halle unter 1000 m NN gilt für den Schneelastfall nach Tabelle 4 Zeile 6 der DIN 1052 KLED kurz. Die Bemessungswerte aus Tabelle 3.7 dürfen um $k_{mod}(\text{kurz})/k_{mod}(\text{mittel}) = 0,9/0,8 = 1,125$ erhöht werden

Bei der Berechnung der Schnittgrößen wird die Neigung der Trägerachse von 10° vernachlässigt. Die Querkraft V_l in Abbildung 9.2 ist hier eine lotrechte Schnittkraft.

Die Querkraft V rechtwinklig zur Achse und die Normalkraft N sind:

$$\begin{aligned} V &= V_l \cdot \cos 10^\circ = 0,985 V_l \\ N &= V_l \cdot \sin 10^\circ = 0,174 V_l \end{aligned}$$

Die Druckspannung aus der Normalkraft

$$\sigma_{c,0,d} = 0,174 \cdot \frac{1,35 \cdot 40 \cdot 10^3 + 1,5 \cdot 62,5 \cdot 10^3}{180 \cdot 1620}$$

$$= 0,09 \text{ N/mm}^2$$

ist vernachlässigbar.

Aus Windbeanspruchung entstehen ebenfalls Normkräfte im Binder mit vernachlässigbaren Spannungen.

Abschnitt 10.4.3,

Gleichung (90) der DIN 1052

$$b = 0,18 \text{ m}, h_{ap} = 1,62 \text{ m}, r = 16 \text{ m}, r_{in} = 16,0 - 1,62/2 = 15,2 \text{ m},$$

$$k_{ap} = 1,62/16,0 = 0,101$$

Aus Tabelle 5.9: $h_{ap}/r = 0,104$ $k_r = 1,04$

$$\sigma_{m,d} = 1,04 \cdot \frac{6 \cdot 0,923}{0,18 \cdot 1,62^2} = 1,04 \cdot 11,7 = 12,2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = 19,7 \cdot \frac{0,9}{0,8} = 22,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{12,2}{1 \cdot 22,2} = 0,55 \leq 1$$

Kippen

Der Kippnachweis (Biegedrillknicken) erfolgt nach dem Ersatzstabverfahren, Abschnitt 10.3.2 der DIN 1052.

Der Träger wird alle 4,17 m am Obergurt durch den Verband gehalten. Der Träger zwischen den Haltepunkten wird als gabelgelagerter Einfeldträger mit konstantem Moment betrachtet. Als Biegemoment, bzw Biegespannung werden die oben berechneten Bemessungswerte verwendet

$$\ell_{ef} = 4,17 \text{ m}$$

Charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte aus Tabelle F.9 der DIN 1052:

$$f_{m,k} = 32 \text{ N/mm}^2 \quad E_{0,05} = 5/6 \cdot 13700 = 11400 \text{ MN/m}^2$$

$$G_{0,05} = 5/6 \cdot 780 = 650 \text{ MN/m}^2$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,0624 \cdot \sqrt{\frac{4,17 \cdot 1,62}{0,18^2}} = 0,901$$

Für $0,75 < \lambda_{rel,m} = 0,901 < 1,4$ folgt der Kippbeiwert

$$k_m = 1,56 - 0,75 \cdot 0,901 = 0,884$$

Nachweis

Die Biegedruckspannung wird mit M/W berechnet. Der Wert nach Gleichung (90) der DIN 1052 gilt für die Biegespannung am konkaven Rand, das ist hier der untere Rand.
Biegedruckspannung am oberen Rand

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot 0,923}{0,18 \cdot 1,62^2} = 11,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{11,7}{0,884 \cdot 22,2} = 0,60 < 1$$

Zugspannungen rechtwinklig zur Faserrichtung

Notwendige Werte:

$$k_{ap} = 1,62/16 = 0,101; \quad h_0 = 1620 \text{ mm}; \quad f_{t,90,d} = 0,308 \cdot 0,9/0,8 = 0,347 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,90,d} = 0,25 \cdot 0,101 \cdot \frac{6 \cdot 0,923}{0,18 \cdot 1,62^2} = 0,25 \cdot 0,101 \cdot 11,7 = 0,297 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{dis} = 1,15$$

Gleichung (85)

$$\frac{0,297}{1,15 \cdot (600/1620)^{0,3} \cdot 0,347} = 1,01 \approx 1$$

$$k_{ap} = h_{ap}/r$$

$$\sigma_{m,d} = \left(1 + 0,35 \cdot k_{ap} + 0,6 \cdot k_{ap}^2\right) \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2}$$

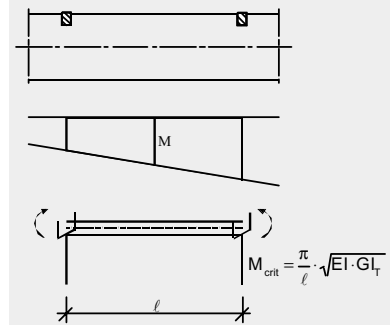
Der Klammerausdruck ist in Tabelle 5.9 als k_r in Abhängigkeit von h_{ap}/r angegeben.

$$f_{m,d}(\text{kurz}) = f_{m,d}(\text{Tabelle 3.7}) \cdot \frac{k_{mod}(\text{kurz})}{k_{mod}(\text{mittel})}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

Nach Tabelle 5.10 ist

$k_r = 1$ für $r_{in}/t \geq 240$



Der bezogene Kippschlankheitsgrad für den Rechteckquerschnitt ist mit Gleichung (70) der DIN 1052 gegeben.

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{\ell_{ef} \cdot h}{b^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot G_{05}}}} =$$

$$= k_m \cdot \sqrt{\frac{\ell_{ef} \cdot h}{b^2}}$$

Der Wurzelwert mit den Festigkeits- und Steifigkeitskennwerten ist in Tabelle 5.2 als Beiwert k_m angegeben.

Aus dem bezogenen Kippschlankheitsgrad folgt der Kippbeiwert nach Gleichung (68) der DIN 1052

$$k_m = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}$$

für $0,75 \leq \lambda_{rel,m} \leq 1,4$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

Abschnitt 10.4.3 (2) der DIN 1052

Querzugspannung nach Gleichung (91):

$$\sigma_{t,90,d} = 0,25 \cdot k_{ap} \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2}$$

Nachweis nach (85) der DIN 1052:

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} \cdot (h_0/h_{ap})^{0,3} \cdot f_{t,90,d}} \leq 1$$

Tabelle 5.8:

Für $h_{ap} = 1620$ mm und KLED kurz folgt aus Tabelle 5.8 der Nachweis

$$\frac{0,297}{0,885 \cdot 1,125 \cdot 0,298} = 1,001, \text{ was dem nach Gleichung (85) ermittelten Wert entspricht.}$$

Gleichung (88)

$$\frac{0,297}{1,15 \cdot (600/1620)^{0,3} \cdot 0,6 \cdot 0,347} = 1,67 > 1$$

Verstärkungselemente sind notwendig, die Zugkräfte rechtwinklig zur Faserrichtung werden vollständig durch Verstärkungselemente aufgenommen. Gleichung (85) darf dann unbeachtet bleiben.

Verstärkungselemente im gekrümmten Bereich

Im gekrümmten Bereich werden im Abstand von $a_1 = 0,70$ m in Trägerrichtung Gewindestangen M16, 4.8 eingeklebt.

$$\sigma_{t,90,d} = 0,297 \text{ N/mm}^2 \quad b = 180 \text{ mm} \quad a_1 = 700 \text{ mm} \quad n = 1$$

$$F_{t,90,d} = \frac{0,297 \cdot 180 \cdot 700}{1} = 37400 \text{ N}$$

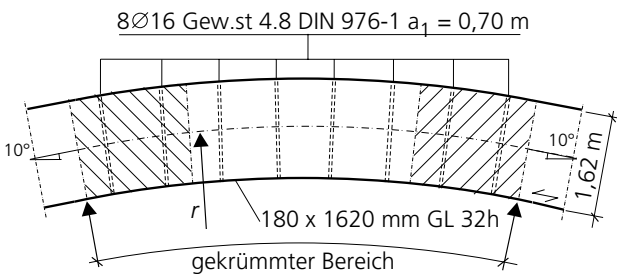


Abb. 9.3: Verstärkung des gekrümmten Bereichs

$$\ell_{ad} = h/2 = 1620/2 = 810 \text{ mm} \quad d_f = 16 \text{ mm}$$

Gleichung (186)

$$\tau_{ef,d} = \frac{2 \cdot 37400}{\pi \cdot 810 \cdot 16} = 1,84 \text{ N/mm}^2$$

Gleichung (185)

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} = \frac{1,84}{2,77} = 0,66 \leq 1$$

Gewindestange

$$f_{y,d} = 320/1,25 = 256 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{ax,d} = 256 \cdot 157 = 40200 \text{ N} > F_{t,90,d} = 37200 \text{ N}$$

Schubspannungsnachweis am Auflager

Bemessungsquerkraft für die LK g + s

$$V_d = 1,35 \cdot 0,04 + 1,5 \cdot 0,0625 = 0,148 \text{ MN} = 148 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{148000}{180 \cdot 1620} = 0,761 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = 2,15 \cdot \frac{0,9}{0,8} = 2,42 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{0,761}{2,42} = 0,32 \leq 1$$

Die Schubspannung τ_d ist im gekrümmten mittleren Trägerbereich nahezu Null.

Der Nenner der Nachweisgleichung ist in Tabelle 5.8 in Abhängigkeit der Trägerhöhe h_{ap} angegeben.

Nach Abschnitt 10.4.3(3) muss mit Gleichung (88) überprüft werden, ob ein Verstärkung notwendig ist.

Abschnitt 11.4.5 der DIN 1052

$$F_{t,90,d} = \frac{\sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1}{n}$$

Ist die Bedingung Gleichung (85) eingehalten, so ist eine Verstärkung für die Querzugkräfte nicht notwendig, aber Bedingung Gleichung (88) ist noch zu prüfen: ist diese Bedingung nicht eingehalten, so ist eine konstruktive Verstärkung nach Abschnitt 11.4.5(2) notwendig. Hier wird eine vollständige Verstärkung vorgesehen.

Geometrie nach Abschnitt 11.4.5 (5):

$$250 \text{ mm} < a_1 < 0,75 \cdot 1620 = 1215 \text{ mm}$$

Der Nachweis der Verankerung wird hier durch die Gleichung (185) und (186) der DIN 1052 geführt.

Der Rechenwertwert $f_{k1,k}$ für $\ell_{ad} < 250$ mm ist in Tabelle F.20 der DIN 1052 gegeben.

$$f_{k1,k} = 4,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{k1,d} = 0,9 \cdot 4,0/1,3 = 2,77 \text{ N/mm}^2$$

Gewindestange:

Tabelle G.12 der DIN 1052 für 4.8

$$f_{y,k} = 320 \text{ N/mm}^2;$$

Tabelle 1 der DIN 1052: $\gamma_M = 1,25$

Spannungsquerschnitt: $A_{ef} = 157 \text{ mm}^2$

Gleichung (274) der DIN 1052

$$R_{ax,d} = \min \left\{ f_{y,d} \cdot A_{ef}; \pi \cdot d \cdot \ell_{ad} \cdot f_{k1,d} \right\}$$

In den äußeren Vierteln des querzugbeanspruchten Bereichs, im Abbildung 9.3 schraffiert, dürfen nach Abschnitt 14.4.5(1) die Verstärkungen um 2/3 abgemindert werden. Darauf wird hier verzichtet.

Schub aus Querkraft nach Abschnitt 10.2.9 der DIN 1052

$f_{v,d}$ folgt aus Tabelle 3.7 für KLED mittel.

$$\text{Rechteckquerschnitt: } \tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot h}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$$

Nachweis der Pressung am Auflager

$$A_{ef} = 180 \cdot (30 \cdot \sin 80^\circ + 350 + 30 \cdot \sin 80^\circ) = 180 \cdot 409 \text{ mm}^2$$

Spannung in der Auflagerfläche:

$$\sigma_{c,80,d} = \frac{148000}{180 \cdot 409} = 2,01 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,80,d} = \frac{20,0}{\sqrt{\left(\frac{20 \cdot \sin^2 80^\circ}{2,28}\right)^2 + \left(\frac{20 \cdot \sin 80 \cdot \cos 80^\circ}{1,5 \cdot 2,42}\right)^2 + \cos^4 80^\circ}} = 2,34 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{c,80,d}}{f_{c,80,d}} = \frac{2,02}{2,34} = 0,86 < 1$$

Seitenlast zur Stabilisierung

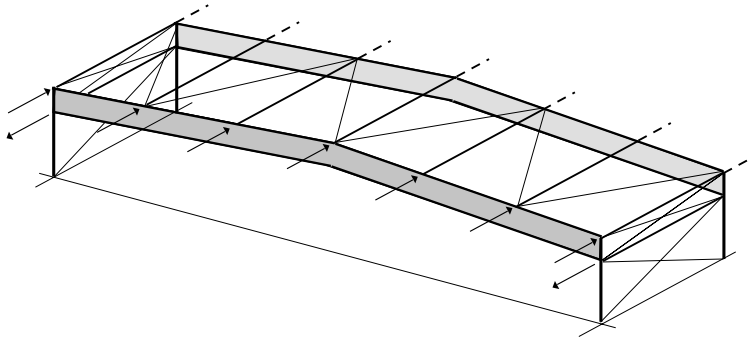


Abb. 9.4: Träger mit Verband

$$\ell = 25 \text{ m} \quad M_d = 0,923 \text{ MNm}$$

Notwendige Werte für die Berechnung des bezogenen Kippschlankheitsgrades:

$$f_{m,k} = 32 \text{ N/mm}^2 \quad E_{0,05} = 11400 \text{ MN/m}^2 \\ G_{0,05} = 708 \text{ MN/m}^2$$

$$B = E_{0,05} \cdot \frac{b^3 \cdot h}{12} = 11400 \cdot \frac{0,18^3 \cdot 1,62}{12} = 8,98 \text{ MNm}^2$$

$$T = G_{0,05} \cdot \frac{b^3 \cdot h}{3} = 708 \cdot \frac{0,18^3 \cdot 1,62}{3} = 2,23 \text{ MNm}^2$$

$$a_z = \frac{h}{2} = \frac{1,62}{2} = 0,81 \text{ m}$$

$$\ell_{ef} = \frac{25}{1,13 \cdot \left(1 - 1,44 \cdot \frac{0,81}{25} \cdot \sqrt{\frac{8,98}{2,23}}\right)} = 24,4 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{24,4 \cdot 1,62}{\pi \cdot 0,18^2}} \cdot \sqrt{\frac{32}{11400 \cdot 708}} = 19,7 \cdot 0,106 = 2,09$$

$$k_m = 1 / \lambda_{rel,m}^2 = 1 / 2,09^2 = 0,229$$

$$k_\ell = \min\left\{1; \sqrt{\frac{15}{24,4}}\right\} = \min\{1; 0,78\} = 0,78$$

$$N_d = (1 - 0,229) \cdot \frac{0,923}{1,62} = 0,439 \text{ MN} = 439 \text{ kN}$$

Die Auflagerfläche beträgt $0,18 \times 0,35 = 0,063 \text{ m}^2$

Die effektive Fläche folgt nach Abbildung 20a der DIN 1052

Die Druckspannung wirkt im Winkel von $90^\circ - 10^\circ = 80^\circ$ zur Faserrichtung

Abschnitt 10.2.5, Gleichung (52) der DIN 1052

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d} \cdot \sin^2 \alpha}{f_{c,90,d}}\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{1,5 \cdot f_{v,d}}\right)^2 + \cos^4 \alpha}}$$

$$f_{c,0,d} = 17,8 \cdot 1,125 = 20,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = 2,03 \cdot 1,125 = 2,28 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = 2,15 \cdot 1,125 = 2,42 \text{ N/mm}^2$$

Abschnitt 8.4.3 der DIN 1052

$$q_d = k_\ell \cdot \frac{N_d}{30 \cdot \ell} \quad \text{Gl. (14)}$$

$$k_\ell = \min\left\{1; \sqrt{\frac{15}{\ell}}\right\} \quad \text{Gl. (11)}$$

$$N_d = (1 - k_m) \cdot \frac{M_d}{h} \quad \text{Gl. (13)}$$

Durch den Abminderungsfaktor $(1 - k_m)$ wird die Kippsteifigkeit des Trägers auf seiner gesamten Stützweite berücksichtigt.

Anhang K der DIN 1052

Die Werte gelten für Einfeldträger mit gerader Achse. Näherungsweise wird der Knick, bzw. die Krümmung im Firstbereich vernachlässigt.

$$\ell_{ef} = \frac{\ell}{a_1 \cdot \left(1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{\ell} \cdot \sqrt{\frac{B}{T}}\right)} \quad \text{Gl. (E.7)}$$

$$a_1 = 1,13; \quad a_2 = 1,44 \quad \text{Tab. E2}$$

Zur Berücksichtigung der Lastangriffshöhe ist die Biege- und Torsionssteifigkeit erforderlich.

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{\ell_{ef} \cdot h}{\pi \cdot b^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05} \cdot G_{0,05}}}} \quad \text{Gl. (68)}$$

$$\text{für } \lambda_{rel,m} > 1,4 \text{ ist } k_m = 1 / \lambda_{rel,m}^2$$

Der Knick des Trägers wurde vernachlässigt. Zur Abschätzung des Einflusses kann die Lastangriffshöhe a_z vergrößert werden. Es wird zu $h/2$ der Schwerpunktsabstand der Last über dem Auflager dazugenommen:

$$a_z = \frac{h}{2} + \frac{\ell}{4} \cdot \sin 10^\circ = 0,81 + 1,09 = 1,90 \text{ m}$$

Seitenlast q_d für einen Binder ($n = 1$):

$$q_d = 0,78 \cdot \frac{439}{30 \cdot 25} = 0,457 \text{ kN/m}$$

Trägerauflager

Am Auflager muss der Träger gegen Verdrehen durch die Gabellagerung oder einen Verband an der Stirnseite der Binder gehalten werden.

Verband an der Stirnseite, $e = h$

$$T_d = 923 \cdot \left[\frac{1}{80} - \frac{1}{60} \cdot \frac{1,62}{1,62} \cdot (1 - 0,229) \right] \approx 0 \text{ kNm}$$

Der genannte Verband muss die Summe der Momente T_d für $e = 0$ aufnehmen.

Gabellagerung, $e = 0$

$$T_d = 923 \cdot \left[\frac{1}{80} - \frac{1}{60} \cdot \frac{0}{1,62} \cdot (1 - 0,229) \right] = 11,53 \text{ kNm}$$

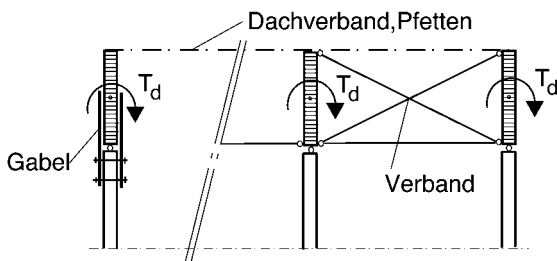


Abb. 9.5: Auflager

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

$\ell = 25 \text{ m}$; $g_k = 3,2 \text{ kN/m}$; $s_k = 5,0 \text{ kN/m}$; $E_{0,\text{mean}} = 13700 \text{ N/mm}^2$

$$I = 0,18 \cdot 1,62^3 / 12 = 0,064 \text{ m}^4$$

$$w_{g,\text{inst}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,2 \cdot 25000^4}{13700 \cdot 0,064 \cdot 10^{12}} = 18,6 \text{ mm}$$

$$w_{s,\text{inst}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{5,0 \cdot 25000^4}{13700 \cdot 0,064 \cdot 10^{12}} = 18,6 \cdot \frac{5,0}{3,2} = 29,0 \text{ mm}$$

Die in der Tabelle angegebenen Zahlenwerte sind Durchbiegungen in mm in Trägermitte.

$$w_{g,\text{inst}}(\text{Querkraft}) = \frac{3,2 \cdot 25000^2}{8 \cdot 850 \cdot 180 \cdot 1620 / 1,2} = 1,2 \text{ mm}$$

	g	s	g + s	Empfohlene Grenzwerte
Seltene Bemessungssituation				
$w_{Q,\text{inst}}$		29,0		$\ell/300 = 83,3$
w_{fin}	$18,6 \cdot (1 + 0,8) = 33,5$	29,0	62,5	
$w_{\text{fin}} - w_{g,\text{inst}}$	$33,5 - 18,6 = 14,9$	29,0	43,9	$\ell/200 = 125$
Quasi-ständige Bemessungssituation				
w_{fin}	33,5	0	33,5	$\ell/200 = 125$

Damit wird

$$\ell_{\text{ef}} = 28,3 \text{ m} \quad \lambda_{\text{rel},m} = 2,25$$

$$k_m = 0,197$$

und

$$q_d = 0,476 \text{ kN/m}$$

Nach Abschnitt 8.4.2(2) ist der Träger am Auflager gegen Verdrehen zu halten.

$$T_d = M_d \cdot \left(\frac{1}{80} - \frac{1}{60} \cdot \frac{e}{h} \cdot (1 - k_m) \right)$$

Dabei ist e der Abstand der Aussteifung von der horizontalen Festhaltung des Stabes am Auflager.

Ist der Verband in der Dachebene oben und sind die Träger bzw. Stützenköpfe unten durch einen Verband an der Stirnseite der Binder gehalten, so ist $e = h$.

Das verbleibende Moment für die Gabel auf der Stütze wird rechnerisch nahezu Null. Dies hängt auch vom Kippbeiwert k_m des nicht ausgesteiften Trägers ab.

Das Moment T_d kann durch eine Gabel oder durch einen Verband an der Stirnseite der Träger aufgenommen werden

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$w_{g,\text{inst}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot \ell^4}{E_{0,\text{mean}} \cdot I}$$

$$w_{s,\text{inst}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{s_k \cdot \ell^4}{E_{0,\text{mean}} \cdot I}$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{inst}} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}})$$

Tabelle F.2 der DIN 1052

$k_{\text{def}} = 0,8$ für BSH und NKL 2

Tabelle 2.5

s bis NN +1000 m:

$$\psi_2 = 0$$

Da für den Lastfall Schnee $\psi_2 = 0$ ist, ist bei der seltenen Bemessungssituation kein Kriechanteil und bei der quasi-ständigen Bemessungssituation kein Verformungsanteil aus Schneelast zu berücksichtigen.

Die Durchbiegung infolge Schubverformung ist:

$$w(\text{Querkraft}) = \frac{g \cdot \ell^2}{8 \cdot G \cdot A / 1,2}$$

Literatur und Programme zur DIN 1052:2004

Erläuterungen zu DIN 1052:2004

Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken

Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau

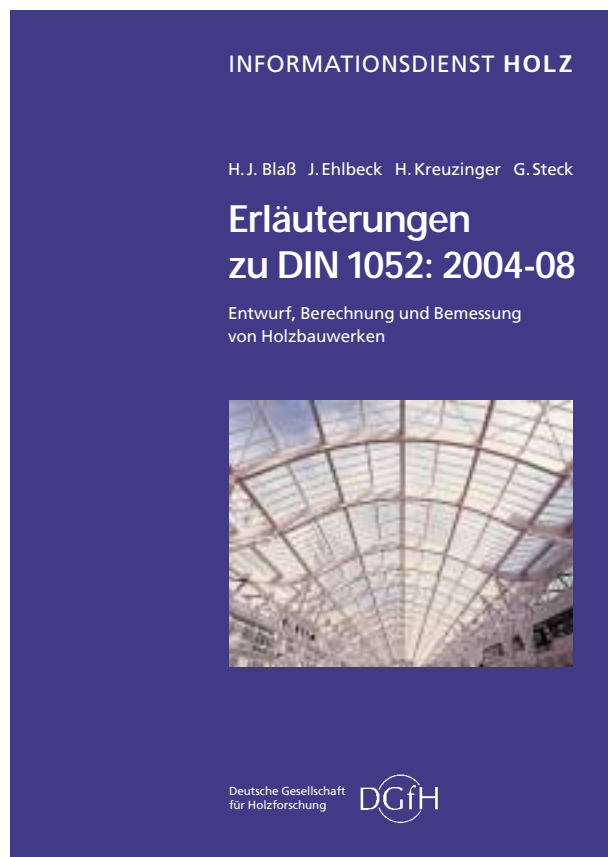
(Erläuterungsteil über 200 Seiten, Normteil ca. 235 Seiten, Anhang ca. 20 Seiten, insgesamt 450 Seiten A4, schwarz/weiß, fester Einband)

Das Buch erscheint aus veröffentlichungsrechtlichen Gründen in zwei Auflagen: Die 1. Auflage, die zeitgleich zur Norm erscheint, enthält ausschließlich fundierte Erläuterungen und Kommentare analog den Erläuterungen zur DIN 1052:1988. In der 2. Auflage nach Ablauf der sechsmonatigen Veröffentlichungs-Sperrfrist, ist auch der vollständige Normtext der neuen DIN 1052 ergänzt.

Die Erläuterungen wurden von den tragenden Mitgliedern des DIN-Arbeitsausschusses 1052 unter Leitung des Obmannes aufgrund eingehender Beratungen mit der Praxis erarbeitet. Sie beinhalten im Wesentlichen:

- Interpretation verschiedener Begriffe, wie z.B. „in der Regel“ um den Ermessensspielraum zu verdeutlichen
- Hinterlegung mit praktischen Beispielen
- vereinfachende Tabellen, Diagramme und Formeln auch zur „Überschläglichen Bemessung“
- ergänzende Angaben zur Berechnung und Bemessung von Tragkonstruktionen, für die 1052 keine Festlegungen getroffen hat
- Angaben zu weiterführender Literatur, Forschungsergebnissen, praktischen Erfahrungen
- eine CD mit der Bemessungshilfe HoB.Ex. Die CD enthält eine 30-Tage-Demoversion und kann mittels Lizenzcode als Basis- bzw. Profiversion freigeschaltet werden. Weitere Informationen können der Datei „Handbuch.pdf“ entnommen werden.
- eine weitere CD mit ergänzenden Programmen von Otto Eberhart, Karlsruhe.

Autoren: Hans Joachim Blaß, Jürgen Ehlbeck, Heinrich Kreuzinger, Günter Steck



HoB.Ex

- ist eine einfache und preiswerte Hilfe für die Bemessung nach der neuen DIN 1052.
- hat zum Ziel, den Umstieg auf die neue Holzbaunorm zu erleichtern und damit deren Akzeptanz zu erhöhen.
- wurde auf der Basis des Tabellen-Kalkulations-Programms Microsoft „EXCEL“ entwickelt.
- deckt einen großen Teil der täglichen Bemessung in einem Ingenieurbüro oder Zimmereibetrieb ab.
- ist in einer Basis-Version und einer Profi-Version erhältlich.

Mit der Basis-Version können einzelne Nachweise geführt werden.

Die Profi-Version beinhaltet zusätzlich zu den Programmteilen der Basis-Version weitere Module zur vollständigen Bemessung ganzer Bauteile und Anschlüsse.

Das Layout der EXCEL-Formulare ist so aufgebaut, dass die Ausdrucke als Teil einer statischen Berechnung verwendet werden können.

Autor: François Colling

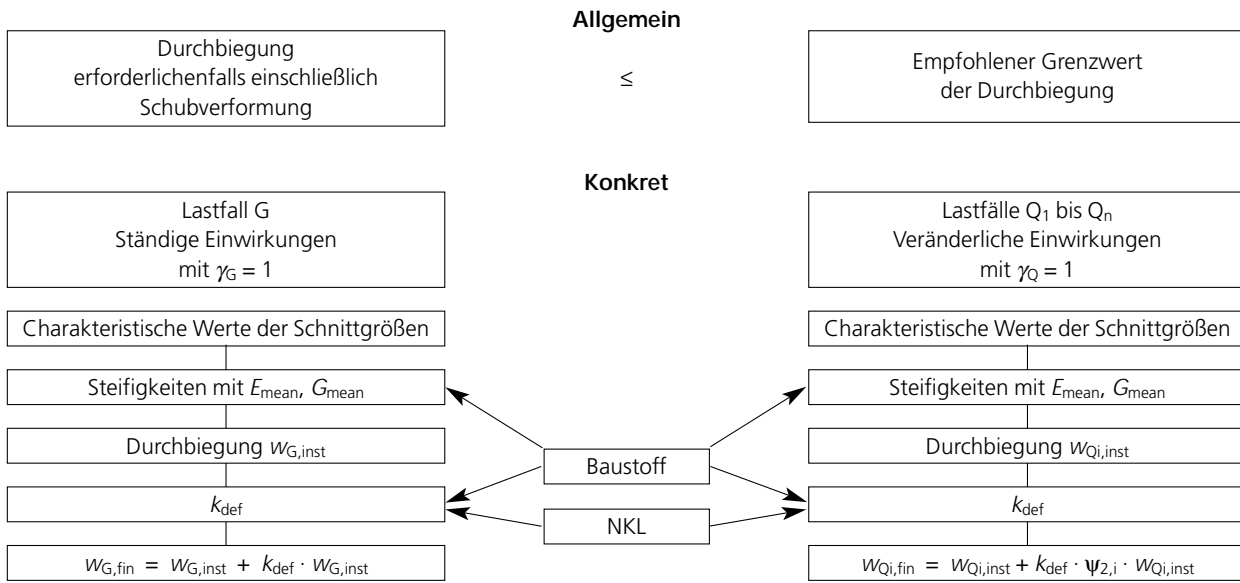
Preise (inkl. MwSt, zzgl. Versandkosten):

- 1. Auflage der Erläuterungen**
(ohne Normtext, inkl. 30-Tage-HoB.Ex-Demoversion) 120,00 €
ist erschienen
- 2. Auflage der Erläuterungen**
(inkl. Normtext, inkl. 30-Tage-HoB.Ex-Demoversion) 150,00 €
voraussichtlicher Erscheinungstermin: Februar 2005
- HoB.Ex in der Basisversion** 39,00 €
- HoB.Ex in der Profiversion** 299,00 €
- HoB.Ex in der Profiversion für Studenten auf Anfrage**
DGfH-Mitglieder erhalten 25% Nachlass.

Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V. (DGfH), München

Verlag: DGfH Innovations- und Service GmbH

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit für biegebeanspruchte Bauteile



Lastfallkombinationen für Seltene Bemessungssituation

$w_{Q,inst} = w_{Q1,inst} + \sum_{i=2}^n \psi_{0,i} \cdot w_{Q_i,inst}$	\leq	$l / 300$
1 Q1 : ungünstigste Einwirkung (offensichtlich oder durch Kombinationen festzustellen)		
$w_{fin} - w_{G,inst} = k_{def} \cdot w_{G,inst} + w_{Q1,fin} + \sum_{i=2}^n w_{Q_i,inst} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def})$	\leq	$l / 200$

Quasi-ständige Bemessungssituation

$w_{fin} - w_0 = w_{G,fin} + \sum_{i=1}^n \psi_{2,i} \cdot w_{Q_i,inst} \cdot (1 + k_{def}) - w_0$	\leq	$l / 200$
--	--------	-----------

Bildnachweis

Titelseite
linkes Foto: W. & J. Derix GmbH & Co,
Niederkrüchten

rechtes Foto: OKAL Haus Vertriebs GmbH,
Salzhemmendorf



Errata zu hh Einführung in die Bemessung nach DIN 1052:2004

(Stand 04.12.2006)

Auf Seite 10, mittlere Spalte muss die zweite Zeile nach Abb. 4.6 richtig lauten:

$$\sigma_{c,0,d} = 180 \cdot 10^3 / 160^2 = 7,03 \text{ N/mm}^2$$

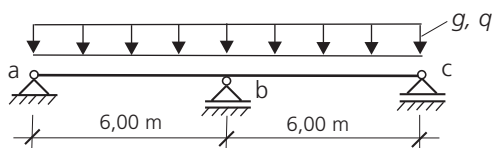
Auf Seite 11, rechte Spalte muss die vorletzte Zeile richtig lauten:

$$f_{m,d} = 1,125 \cdot 14,8 = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

Auf Seite 29 muss es in der zweiten Zeile nach der Systemzeichnung richtig lauten:

$$\text{Nutzlast (KLED mittel)} \quad q_k = 2,00 \text{ kN/m}^2$$

Auf Seite 32, Pos 5 muss die Zeichnung zu System und Einwirkungen durch nachfolgende Zeichnung ersetzt werden:



Änderungen der Schubfestigkeiten von Vollholz und Brettschichtholz

Das Deutsche Institut für Normung hat darüber informiert, dass die in der DIN 1052:2004 angegebenen Schubbemessungswerte für Brettschichthölzer und Vollholz aus Nadelholz reduziert werden müssen. Die neuen charakteristischen Werte für die Schubbemessung werden wie folgt festgelegt:

- für Brettschichtholz, DIN 1052:2004-08, Tabelle F.9, Zeile 7
Schub und Torsion $f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$ (bisher $3,5 \text{ N/mm}^2$)
- für Vollholz aus Nadelholz, DIN 1052:2004-08, Tabelle F.5, Zeile 7
Schub und Torsion $f_{v,k} = 2,0 \text{ N/mm}^2$ (bisher $2,7 \text{ N/mm}^2$)

Die neuen charakteristischen Schubbemessungswerte entsprechen damit dem Niveau der DIN 1052:1988. Es ändern sich somit die nachfolgenden Tabellen in der Schrift::

Seite 6, Tabelle 3.4: Schub und Torsion: $f_{v,d} = 1,23 \text{ N/mm}^2$ (C24 und C30)

Seite 7, Tabelle 3.7: Schub und Torsion: $f_{v,d} = 1,54 \text{ N/mm}^2$ (GL24 bis GL 36)

Die Berechnungsbeispiele in der Schrift ändern sich entsprechend.