

DIN 1052 – Entwurf, Berechnung
und Bemessung von Holzbauwerken.
Allgemeine Bemessungsregeln und
Bemessungsregeln für den Hochbau

T 2910

T 2910

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2000, ISBN 3-8167-5720-0

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail irb@irb.fhg.de

URL <http://www.irb.fhg.de>

DIN 1052

**Entwurf, Berechnung und Bemessung von
Holzbauwerken**

**Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für
den Hochbau**

November 1999

DIN 1052

Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken

**Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für
den Hochbau**

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1 Allgemeine Angaben

1.1 Geltungsbereich

1.2 Begriffe

1.3 Einheiten, Formelzeichen

1.3.1 Einheiten

1.3.2 Formelzeichen

1.4 Bautechnische Unterlagen

2 Normative Verweisungen

3 Grundlagen für Entwurf und Bemessung

3.1 Allgemeines

3.2 Bemessungssituationen und Grenzzustände

3.2.1 Bemessungssituationen

3.2.2 Grenzzustände

3.3 Einwirkungen

3.3.1 Allgemeines

3.3.2 Charakteristische Werte

3.3.3 Repräsentative Werte für veränderliche Einwirkungen

3.3.4 Bemessungswerte der Einwirkungen und Beanspruchungen

3.4 Tragwiderstand

3.4.1 Charakteristische Werte der Baustoffeigenschaften

3.4.2 Bemessungswerte der Baustoffeigenschaften und des Tragwiderstands

3.4.3 Geometrische Größen

3.5 Grenzzustände der Tragfähigkeit

3.5.1 Allgemeines

3.5.2 Nachweisbedingungen

3.5.3 Teilsicherheitsbeiwerte

3.5.4 Kombinationen von Einwirkungen

3.6 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

3.6.1 Allgemeines

3.6.2 Nachweisbedingungen, Teilsicherheitsbeiwerte

3.6.3 Kombinationen von Einwirkungen

4 Baustoffe

4.1 Allgemeines

4.1.1 Nutzungsklassen

4.1.2 Klassen der Lasteinwirkungsdauer

4.1.3 Modifizierung der Baustoffeigenschaften

4.1.4 Gleichgewichtsfeuchten

4.1.5 Schwind- und Quellmaße

4.2 Vollholz

4.2.1 Sortierung

4.2.2 Charakteristische Werte

4.2.3 Bauholzmaße

4.2.4 Wirksame Querschnittswerte und Querschnittsschwächungen

4.3 Brettschichtholz

4.3.1 Anforderungen

4.3.2 Charakteristische Werte

4.3.3 Brettschichtholzmaße

4.3.4 Wirksame Querschnittswerte und Querschnittsschwächungen

4.4 Balkenschichtholz

4.4.1 Anforderungen

4.4.2 Charakteristische Werte

4.4.3 Balkenschichtholzmaße

4.4.4 Wirksame Querschnittswerte und Querschnittsschwächungen

4.5 Furnierschichtholz

4.6 Mehrschichtige Massivholzplatten

4.7 Baufurniersperrholz

4.7.1 Anforderungen

4.7.2 Charakteristische Werte

4.7.3 Mindestdicken

4.8 OSB-Platten (Oriented Strand Board)

4.8.1 Anforderungen

4.8.2 Charakteristische Werte

4.8.3 Mindestdicken

4.9 Kunstharzgebundene Holzspanplatten

4.9.1 Anforderungen

4.9.2 Charakteristische Werte

4.9.3 Mindestdicken

4.10 Zementgebundene Holzspanplatten

4.10.1 Anforderungen

4.10.2 Charakteristische Werte

4.10.3 Mindestdicken

4.11 Holzfaserplatten

4.11.1 Anforderungen

4.11.2 Charakteristische Werte

4.11.3 Mindestdicken

5 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit

5.1 Allgemeines

5.2 Holz und Holzwerkstoffe

5.3 Metallische Bauteile und Verbindungsmittel

6 Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen

6.1 Allgemeines

6.2 Linear elastische Berechnung

6.2.1 Allgemeines

6.2.2 Vereinfachte Berechnung von Druckstäben (Ersatzstabverfahren)

6.2.3 Vereinfachte Berechnung von Biegestäben (Ersatzstabverfahren)

6.2.4 Biegung mit Normalkraft

6.3 Nichtlineare elastische Berechnung (Theorie II.Ordnung)

6.3.1 Allgemeines

6.3.2 Vorkrümmung

6.3.3 Vorverdrehung

6.4 Zusammengesetzte Bauteile (Verbundbauteile)

6.4.1 Allgemeines

6.4.2 Verbundbauteile aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen

6.5 Stabtragwerke

6.5.1 Allgemeines

6.5.2 Vereinfachte Berechnung von Fachwerken

6.5.3 Ausführliche Berechnung von Fachwerken

6.5.4 Knicklängen der Stäbe von Fachwerken

6.5.5 Stabtragwerke

6.6 Flächentragwerke

6.6.1 Allgemeines

6.6.2 Flächen aus zusammengeklebten Schichten

6.6.3 Flächen aus nachgiebig miteinander verbundenen Schichten

6.6.4 Flächen aus Nadelholzlamellen

7 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

7.1 Allgemeines

7.2 Berechnung der Verformungen

7.3 Grenzwerte der Verformungen

8 Allgemeine Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

8.1 Allgemeines

8.2 Nachweise an Stabquerschnitten

8.2.1 Zug in Faserrichtung des Holzes

8.2.2 Zug rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes

8.2.3 Zug unter einem Winkel α

8.2.4 Druck in Faserrichtung des Holzes

8.2.5 Druck rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes

8.2.6 Druck unter einem Winkel α

8.2.7 Biegung

8.2.8 Biegung und Zug

8.2.9 Biegung und Druck

8.2.10 Schub aus Querkraft

8.2.11 Torsion

8.2.12 Zug rechtwinklig zur Faserrichtung und Schub

8.3 Nachweise für Stäbe nach dem Ersatzstabverfahren

8.3.1 Druckstäbe mit planmäßig mittigem Druck

8.3.2 Biegestäbe ohne Druckkraft

8.3.3 Stäbe mit Biegung und Druck

8.4 Nachweise für Pultdach-, Satteldach- und gekrümmte Träger

8.4.1 Pultdachträger

8.4.2 Satteldachträger mit geradem unteren Rand

8.4.3 Gekrümmte Träger

8.4.4 Satteldachträger mit gekrümmtem unteren Rand

8.5 Nachweise für zusammengesetzte Bauteile (Verbundbauteile)

8.5.1 Geklebte Verbundbauteile

8.5.2 Zusammengesetzte Biegestäbe mit nachgiebigem Verbund

8.5.3 Aus Holz oder Holzwerkstoffen zusammengesetzte Druckstäbe mit nachgiebigem Verbund

8.6 Nachweise für Dach-, Decken- und Wandscheiben

8.6.1 Dach- und Deckenscheiben

8.6.2 Wandscheiben

8.7 Nachweise für Flächentragwerke

8.7.1 Flächen aus Schichten

8.7.2 Flächen aus Vollholzlammellen

8.7.3 Theorie II.Ordnung, Stabilitätsnachweise

9 Queranschlüsse, Ausklinkungen, Durchbrüche und Verstärkungen

9.1 Queranschlüsse

9.2 Ausklinkungen

9.3 Durchbrüche

9.4 Verstärkungen

9.4.1 Allgemeines

9.4.2 Queranschlüsse

9.4.3 Rechtwinklige Ausklinkungen bei Biegestäben mit Rechteckquerschnitt

9.4.4 Durchbrüche bei Biegestäben mit Rechteckquerschnitt

9.4.5 Gekrümmte Träger und Satteldachträger aus Brettschichtholz

10 Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln

10.1 Allgemeines

10.2 Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren)

10.2.1 Allgemeines

10.2.2 Verbindungen von Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen

10.2.3 Stahlblech-Holz-Verbindungen

10.3 Verbindungen mit Stabdübeln

10.4 Verbindungen mit Bolzen und Gewindestangen

10.5 Verbindungen mit Nägeln

10.5.1 Allgemeines

10.5.2 Holz-Holz-Nagelverbindungen

10.5.3 Holzwerkstoff-Holz-Nagelverbindungen

10.5.4 Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen

10.6 Verbindungen mit Holzschrauben

10.7 Verbindungen mit Klammern

10.8 Tragfähigkeit bei Beanspruchung in Richtung der Stiftachse (Herausziehen)

10.8.1 Nägel

10.8.2 Holzschrauben

10.8.3 Klammern

10.9 Tragfähigkeit kombiniert beanspruchter Nägel, Holzschrauben und Klammern

11 Verbindungen mit sonstigen mechanischen Verbindungsmitteln

11.1 Allgemeines

11.2 Verbindungen mit Nagelplatten

11.2.1 Allgemeines

11.2.2 Ermittlung der Schnittkräfte

11.2.3 Bemessung der Nagelplatten

11.2.4 Transport- und Montagezustände

11.3 Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart

11.3.1 Allgemeines

11.3.2 Verbindungen mit Ring- und Scheibendübeln

11.3.3 Verbindungen mit Scheibendübeln mit Zähnen

11.3.4 Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart in Hirnholzflächen

12 Geklebte Verbindungen

12.1 Allgemeines

12.2 Schraubenpressklebung

12.3 Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben

12.3.1 Allgemeines

12.3.2 Beanspruchung rechtwinklig zur Stabachse

12.3.3 Beanspruchung in Richtung der Stabachse

12.3.4 Kombinierte Beanspruchung

12.4 Geklebte Tafelemente

12.5 Keilzinkenverbindungen

12.5.1 Keilzinkenverbindungen von Vollholz und Balkenschichtholz

12.5.2 Universal-Keilzinkenverbindungen von Brettschichtholz

12.6 Verbundbauteile aus Brettschichtholz

13 Zimmermannsmäßige Verbindungen

13.1 Versätze

13.2 Zapfenverbindungen

13.3 Holznagelverbindungen

14 Kennzeichnungen

Anhänge

Anhang A (normativ)

Nachweis der Eignung zum Kleben von tragenden Holzbauteilen

Anhang B (normativ)

Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz

B.1 Allgemeines

B.2 Anforderungen an die Herstellung

B.3 Werkseigene Produktionskontrolle

B.4 Fremdüberwachung

Anhang E (normativ)

Eignungsprüfung und Einstufung von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Tragfähigkeitsklassen

E.1 Sondernägel

E.1.1 Anwendungsbereich

E.1.2 Unterlagen

E.1.3 Eignungsprüfung

E.1.4 Bewertung der Prüfergebnisse und Einstufung

E.2 Selbstbohrende Holzschrauben

E.2.1 Anwendungsbereich

E.2.2 Unterlagen

E.2.3 Eignungsprüfung

E.2.4 Bewertung der Prüfergebnisse und Einstufung

E.3 Klammern

E.3.1 Anwendungsbereich

E.3.2 Unterlagen

E.3.3 Eignungsprüfung

E.3.4 Bewertung der Prüfergebnisse und Einstufung

Anhang F (informativ)

Flächen aus Schichten

Steifigkeitswerte und Spannungsberechnung

F.1 Allgemeines

F.2 Flächen aus zusammengeklebten Schichten

F.2.1 Allgemeines

F.2.2 Plattenbeanspruchung

F.2.3 Scheibenbeanspruchung

F.3 Flächen aus nachgiebig miteinander verbundenen Schichten

F.3.1 Berechnungsmodell

F.3.2 Steifigkeiten und Beanspruchungen der Fläche A

F.3.3 Steifigkeiten und Beanspruchungen der Fläche B

Anhang K (normativ)

Knicklängenbeiwerte und Kippbeiwerte für Nachweise nach dem Ersatzstabverfahren

K.1 Knicklängenbeiwerte (Biegeknicken)

K.2 Kippbeiwerte (Biegedrillknicken, Kippen)

Anhang M (normativ)

Materialeigenschaften

Anhang V (normativ)

Angaben für Verbindungsmittel und Verbindungen

V.1 Verschiebungsmoduln für stiftförmige metallische Verbindungsmittel und Dübel besonderer Bauart

V.2 Genauere Nachweisverfahren zur Ermittlung der Rechnwerte der charakteristischen Tragfähigkeit auf Abscheren von Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln

V.2.1 Allgemeines

V.2.2 Einschnittige Verbindungen von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen

V.2.3 Zweischnittige Verbindungen von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen

V.2.4 Einschnittige Stahlblech-Holz-Verbindungen

V.2.5 Zweischnittige Stahlblech-Holz-Verbindungen

V.3 Kenngrößen für stiftförmige metallische Verbindungsmittel

V.3.1 Stabdübel

V.3.2 Bolzen

V.3.3 Gewindestangen

V.3.4 Scheiben

V.4 Anforderungen an Dübel besonderer Bauart

V.4.1 Allgemeines

V.4.2 Ringdübel des Typs A 1

V.4.3 Scheibendübel des Typs B 1

V.4.4 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1

V.4.5 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2

V.4.6 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3

V.4.7 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4

V.4.8 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5

V.4.9 Scheibendübel mit Zähnen (Dornen) des Typs C 10

V.4.10 Scheibendübel mit Zähnen (Dornen) des Typs C 11

DIN 1052

Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holz- bauwerken

Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau

Vorwort

Dieser Norm-Entwurf wurde im Fachbereich 04 „Holzbau“ des NABau (NABau-FB 04) vom Arbeitsausschuss 04.09.00 „Neufassung DIN 1052“ ausgearbeitet. Er lehnt sich an DIN V ENV 1995-1-1 „Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken; Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau“, Ausgabe 1994-06, an und berücksichtigt damit den Stand der technischen Entwicklung hinsichtlich Sicherheitskonzept, Schnittgrößenermittlung und Bemessung im Ingenieurholzbau. Zusätzlich sind die neueren Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung im Ingenieurholzbau eingearbeitet.

Dieser Norm-Entwurf enthält damit gleichzeitig den abgestimmten deutschen Standpunkt zur europäischen Normung und soll die deutsche Fachöffentlichkeit über einen zeitgemäßen Vorschlag einer Bemessungsnorm für den Ingenieurholzbau unterrichten. Er soll aber auch zur kritischen Bewertung durch die Fachöffentlichkeit anregen; die Ergebnisse einer solchen Bewertung sollen in die endgültige Neufassung der DIN 1052 und in die europäische Normungsarbeit einfließen.

Für den Fall, dass ENV 1995-1-1 nicht rechtzeitig in eine entsprechende Europäische Norm überführt wird, steht mit diesem Norm-Entwurf ein zeitgerechter, nationaler Norm-Entwurf zur Verfügung, der nach einer Einspruchsmöglichkeit als neue deutsche Norm veröffentlicht werden kann.

Gegenüber DIN 1052-1 bis 3, Ausgabe 1988-04, mit den Änderungen A1, Ausgabe 1996-10, wurde der Inhalt vollständig überarbeitet.

1 Allgemeine Angaben

1.1 Geltungsbereich

(1) Diese Norm enthält allgemeine Bemessungsregeln für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, insbesondere Bemessungsregeln für den Hochbau. Diese Norm gilt auch für Holzkonstruktionen in Bauwerken aus überwiegend anderen Baustoffen, z.B. in Massivbauten, Stahlbauten oder Bauten aus Mauerwerk.

(2) Diese Norm gilt auch für Fliegende Bauten (siehe DIN 4112), Bau- und Lehrgerüste, Absteifungen und Schalungsunterstützungen (siehe DIN 4420-1 und DIN 4420-2 sowie DIN 4421), soweit in diesen Normen nichts anderes bestimmt ist.

(3) Behandelt werden ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit von Tragwerken. Andere Anforderungen, z.B. an den Wärme- und Schallschutz, werden nicht behandelt.

(4) Die Bauausführung ist nur soweit behandelt, wie dies zur Festlegung der Qualitätsanforderungen an die zu verwendenden Baustoffe oder Bauprodukte oder an die Bauausführung auf der Baustelle notwendig ist, damit die Annahmen für die Bemessung und Konstruktion erfüllt werden.

(5) Die einzuhaltenden Konstruktionsregeln sind in den jeweiligen Abschnitten angegeben und als Mindestanforderung anzusehen. Sie sind für spezielle Arten von Bauwerken oder Bauverfahren gegebenenfalls zu erweitern.

(6) Diese Norm behandelt nicht den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Bauwerken, die über längere Zeit - etwa der Lasteinwirkungsdauer „lang“ entsprechend - Temperaturen von über 60 ° C ausgesetzt sind, abgesehen von veränderlichen Klimaeinwirkungen.

(7) Für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Holzbrücken und Hochbauten unter nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen sind gegebenenfalls zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen.

(8) Für die Bemessung für den Brandfall und bei Erdbebeneinwirkungen sind zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen.

1.2 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm wird auf die allgemeinen Definitionen, die Begriffe für Einwirkungen und Widerstände sowie die Begriffe zum Sicherheitskonzept nach DIN 1055-100 verwiesen. Weitere holzbauspezifische Begriffe sind nachfolgend aufgeführt.

Vollholz	Vollhölzer (VH) sind entrindete Rundhölzer und Bauschnitthölzer aus Nadel- und Laubholz. Bauschnitthölzer werden unterschieden nach Kanthölzern, Bohlen, Brettern und Latten.
Brettschichtholz	Brettschichtholz (BSH) besteht aus breitseitig faserparallel verklebten Brettern oder Brettlagen (Lamellen) bestimmter Nadelhölzer.
Balkenschichtholz	Balkenschichtholz besteht aus zwei oder drei flachseitig miteinander verklebten Einzelhölzern gleicher Querschnittsmaße aus Nadelholz.
Holzwerkstoffe	Holzwerkstoffe im Sinne dieser Norm sind Furnierschichtholz, mehrschichtige Massivholzplatten, Baufurniersperrholz, OSB-Platten, kunstharzgebundene Holzspanplatten, zementgebundene Holzspanplatten und Holzfasерplatten.
Holztafeln	Holztafeln sind Verbundkonstruktionen unter Verwendung von Rippen aus Bauschnittholz, Brettschichtholz oder Holzwerkstoffen und mittragenden oder aussteifenden Beplankungen aus Vollholz oder Holzwerkstoffen, die ein- oder beidseitig angeordnet sein können.
Dachschalungen	Dachschalungen sind tragende, flächenartige Bauteile aus Brettern, Bohlen oder Holzwerkstoffen, die die Dachhaut tragen und nur zu Reinigungs-, Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten begangen werden.
Holzfeuchte	Holzfeuchte ist die Masse des im Holz enthaltenen Wassers, ausgedrückt als Anteil seiner Trockenmasse.
Gleichgewichtsfeuchte	Gleichgewichtsfeuchte ist diejenige Holzfeuchte, bei der Holz weder Feuchte an die umgebende Luft abgibt noch Feuchte aus der umgebenden Luft aufnimmt.
Normalrohddichte	Normalrohddichte ist diejenige Rohddichte, die das Holz im Zustand der Gleichgewichtsfeuchte im Normalklima 20/65 nach DIN 50014 besitzt.
Rollschub	Rollschub sind Schubspannungen, die in Ebenen rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes zu Verzerrungen führen.

1.3 Einheiten, Formelzeichen

1.3.1 Einheiten

Für Berechnungen sollten die folgenden Einheiten angewendet werden:

- Kräfte und Lasten	kN, kN/m, kN/m ²
- Wichte	kN/m ³
- Dichte	kg/m ³
- Spannungen und Festigkeiten	N/mm ² (= MN/m ² oder MPa)
- Elastizitäts- und Schubmoduln	N/mm ² (= MN/m ² oder MPa)
- Verschiebungsmoduln	N/mm
- Momente (Biegemomente)	kNm

1.3.2 Formelzeichen

Die Formelzeichen bestehen meist aus einem Hauptzeiger und einem oder mehreren Fußzeigern, die das jeweilige Symbol näher kennzeichnen. Nur häufig vorkommende Formelzeichen werden hier definiert. Andere in dieser Norm verwendete Formelzeichen werden jeweils unmittelbar nach der Formel, in der sie verwendet werden, oder im zugehörigen Text erläutert.

Hauptzeiger

- A außergewöhnliche Einwirkung; Querschnittsfläche
- C Federsteifigkeit, Steifigkeit einer Einzelabstützung
- E Beanspruchung; Elastizitätsmodul
- F Einwirkung; Kraft; Einzellast; Beanspruchung
- G ständige Einwirkung; Schubmodul
- I Flächenmoment 2.Grades (Flächenträgheitsmoment)
- K Verschiebungsmodul
- M Moment; Biegemoment
- N Normalkraft
- Q veränderliche Einwirkung
- R Widerstand; Tragwiderstand; Tragfähigkeit
- T Torsionsmoment; Schubkraft
- V Querkraft; Volumen
- X Baustoffeigenschaft allgemein

- a* geometrische Größe allgemein; Abstand; Überstand; Feldlänge;
 - b* Querschnittsbreite; Querschnittsdicke; Breite eines Bauteiles; Trägerbreite; lichter Abstand
 - d* Platten- oder Scheibendicke; Durchmesser stiftförmiger Verbindungsmittel oder Stahlstäbe
 - e* Ausmitte
 - f* Festigkeit
 - h* Querschnittshöhe; Querschnittsdicke; Tragwerkshöhe; Rahmenstielhöhe
 - i* Trägheitsradius
 - k* Beiwert; Hilfsgröße
 - l* Länge allgemein; Spannweite; Eindringtiefe bei Verbindungsmitteln
 - m* Anzahl (Hilfsgröße); bezogenes Moment
 - n* Anzahl; bezogene Normalkraft
 - q* Gleichstreckenlast; bezogene Querkraft
 - r* Radius allgemein; Ausrundungsradius; Krümmungsradius
 - s* Schneelast; Abstand von Verbindungsmitteln
 - t* Dicke allgemein; Schubfluß
 - u* Verformung; Durchbiegung; Überhöhung
 - x, y, z* Koordinaten, insbesondere bei Flächentragwerken
-
- α* Winkel; Verhältniswert
 - β* Knicklängenbeiwert; Hilfsgröße; Verhältniswert
 - γ* Teilsicherheitsbeiwert; Abminderungsbeiwert
 - η* Hilfsgröße
 - λ* Schlankheitsgrad
 - ρ* Rohdichte
 - σ* Normalspannung
 - τ* Schubspannung; Torsionsspannung
 - ψ* Kombinationsbeiwert

Fußzeiger

A außergewöhnliche Bemessungssituation
G ständige Einwirkung
M Material, Baustoff; Biegemoment
Q veränderliche Einwirkung
R Tragwiderstand
V Querkraft

c Druck
d Bemessungswert
f Gurt
h Lochleibung
i i-ter Querschnittsteil
k charakteristischer Wert; Klebfuge
m Biegung
n netto
t Zug
u Bruchzustand
v Schub
w Steg
y Fließ-

ad wirksame Haftlänge
ap First
ef wirksam
in innerer

crit kritisch
def Verformung
dst destabilisierend
fin Endwert
inf unterer Wert
max größter Wert
min kleinster Wert
mod Modifikation
net resultierender Wert
nom Nennwert
red abgeminderter Wert
rel bezogen
rep repräsentativer Wert

req erforderlicher Wert
ser Gebrauchszustand
stb stabilisierend
sup oberer Wert
tor Torsion
tot gesamt
vol Volumen

inst Anfangswert
mean mittlerer Wert

0 in Faserrichtung
90 rechtwinklig zur Faserrichtung
 α Winkel zur Faserrichtung
05 5%-Fraktil

Beispiele für zusammengesetzte Formelzeichen

$E_{0,mean}$ mittlerer Elastizitätsmodul in Faserrichtung
 F_k charakteristischer Wert einer Einwirkung
 $F_{t,90,d}$ Bemessungswert einer Zugkraft rechtwinklig zur Faserrichtung
 $G_{k,sup}$ oberer charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung
 K_{ser} Verschiebungsmodul für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis
 $M_{y,k}$ charakteristisches Fließmoment eines Verbindungsmittels

b_{ef} wirksame Beplankungsbreite
 $f_{c,90,d}$ Bemessungswert der Druckfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung
 $f_{h,k}$ charakteristische Lochleibungsfestigkeit
 h_{ap} Querschnittshöhe am First
 $t_{i,max,d}$ Bemessungswert des größten Schubflusses im i-ten Querschnittsteil
 t_{req} erforderliche Mindestdicke
 $u_{net,fin}$ gesamte resultierende Enddurchbiegung

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für eine Baustoffeigenschaft
 $\lambda_{rel,m}$ bezogener Kippschlankheitsgrad
 $\sigma_{c,\alpha,d}$ Bemessungswert der Druckspannung unter Winkel α zur Faserrichtung
 $\sigma_{m,z,d}$ Bemessungswert der Biegespannung um die z-Achse

1.4 Bautechnische Unterlagen

(1) Zu den bautechnischen Unterlagen gehören insbesondere

- die statische Berechnung,
- die wesentlichen Zeichnungen, die für die Ausführung des Bauwerks nötig sind,
- eine eventuell erforderliche Baubeschreibung,
- gegebenenfalls erforderliche allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen und Prüfzeugnisse.

(2) In der statischen Berechnung müssen alle erforderlichen Materialangaben und Lastannahmen sowie alle rechnerischen Nachweise übersichtlich und prüfbar enthalten sein. Alle für die Erstellung der Ausführungszeichnungen notwendigen Angaben müssen eindeutig entnehmbar sein.

(3) Für Bauteile und Verbindungen, die offensichtlich ausreichend bemessen sind, darf auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden.

(4) In den Zeichnungen sind alle für die Bauausführung und –abnahme wichtigen Bauteile eindeutig, vollständig und übersichtlich darzustellen. Insbesondere die Maße und Baustoffe der Bauteile, die Ausbildung der Anschlüsse, Stöße und Verbände, die Anzahl und Anordnung der Verbindungsmittel sowie erforderliche Überhöhungen sind anzugeben.

(5) Angaben, die für Transport und Montage der Bauteile, die Bauausführung oder die Bauwerksunterhaltung notwendig sind, jedoch nicht aus den Zeichnungen entnommen werden können, müssen in einer Baubeschreibung bzw. einer speziellen Montageanleitung enthalten und erläutert sein. Hierzu gehören auch Angaben zum chemischen Holzschutz und zum Korrosionsschutz.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

Nationale Normen

DIN 488-1	Betonstahl; Sorten, Eigenschaften, Kennzeichen.
DIN 571	Sechskant-Holzschrauben.
DIN 976-1	Gewindebolzen; Metrisches Gewinde.
DIN 1045-1	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Bemessung und Konstruktion (z.Z. Entwurf).
DIN 1055-1	Lastannahmen für Bauten; Lagerstoffe, Baustoffe und Bauteile, Eigenlasten und Reibungswinkel.
DIN 1055-3	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten.
DIN 1055-4	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken.

DIN 1055-4/A1	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken; Änderung 1: Berichtigungen.
DIN 1055-5	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Schneelast und Eislast.
DIN 1055-5/A1	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Schneelast und Eislast. Änderung 1: Berichtigungen.
DIN 1055-100	Einwirkungen auf Tragwerke; Grundlagen der Tragwerksplanung; Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln (z.Zt. Entwurf 1999-07).
DIN 1143-1	Maschinenstifte; rund; lose.
DIN 1151	Drahtstifte; rund; Flachkopf; Senkkopf.
DIN 4074-1	Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit; Nadelschnittholz.
DIN 4074-2	Bauholz für Holzbauteile; Gütebedingungen für Baurundholz (Nadelholz).
DIN 4074-3	Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit; Sortiermaschinen; Anforderungen und Prüfung.
DIN 4074-4	Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit; Nachweis der Eignung zur maschinellen Schnittholzsortierung.
DIN 4112	Fliegende Bauten; Richtlinien für Bemessung und Ausführung.
DIN 4420-1	Arbeits- und Schutzgerüste; Allgemeine Regelungen; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfungen.
DIN 4420-2	Arbeits- und Schutzgerüste; Leitergerüste; Sicherheitstechnische Anforderungen.
DIN 4421	Traggerüste; Berechnung, Konstruktion und Ausführung.
DIN 7998	Gewinde und Schraubenenden für Holzschrauben.
DIN 18 800-1	Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion.
DIN 50 014	Klimate und ihre technische Anwendung; Normalklimate.
DIN 55 928-8	Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen.
DIN 68 140-1	Keilzinkenverbindungen von Holz; Keilzinkenverbindungen von Nadelholz für tragende Bauteile.
DIN 68 140-2	Keilzinkenverbindungen von Holz; Universalkeilzinkenverbindungen von Brettschichtholz für tragende Bauteile (z.Zt. in Vorbereitung).
DIN 68 364	Kennwerte von Holzarten; Festigkeit, Elastizität, Resistenz.
DIN 68705-3	Sperrholz; Bau-Furniersperrholz.
DIN 68705-5	Sperrholz; Bau-Furniersperrholz aus Buche.

DIN 68754-1	Harte und mittelharte Holzfaserplatten für das Bauwesen; Holzwerkstoffklasse 20.
DIN 68763	Spanplatten; Flachpressplatten für das Bauwesen; Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Überwachung.
DIN 68 800-2	Holzschutz; Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau.
DIN 68 800-3	Holzschutz; Vorbeugender chemischer Holzschutz (teilweise ersetzt durch DIN EN 335-1, DIN EN 335-2, DIN EN 350-1, DIN EN 350-2, DIN EN 460). 1990-04

Europäische Normen

DIN EN 300	Platten aus langen, schlanken, ausgerichteten Spänen (OSB); Definitionen; Klassifizierung und Anforderungen, 1997-06.
DIN EN 302-1	((Titel und Ausgabedatum sind zu ergänzen!!))
DIN EN 312-4	Spanplatten; Anforderungen; Anforderungen an Platten für tragende Zwecke im Trockenbereich, 1996-11.
DIN EN 312-5	Spanplatten; Anforderungen; Anforderungen an Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich, 1997-06.
DIN EN 312-6	Spanplatten; Anforderungen; Anforderungen an hochbelastbare Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich, 1996-11.
DIN EN 312-7	Spanplatten; Anforderungen; Anforderungen an hochbelastbare Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich, 1997-06.
DIN EN 336	Bauholz für tragende Zwecke; Nadelholz und Pappelholz; Maße, zulässige Abweichungen, 1996-04.
DIN EN 338	Bauholz für tragende Zwecke; Festigkeitsklassen, 1996-07.
DIN EN 383	Holzbauwerke; Prüfverfahren: Bestimmung der Lochleibungsfestigkeit und Bettungswerte für stiftförmige Verbindungsmittel, 1993-10.
DIN EN 385	Keilzinkenverbindungen in Bauholz; Leistungs- und Mindestanforderungen an die Herstellung, 1996-07.
DIN EN 386	Brettschichtholz; Leistungs- und Mindestanforderungen an die Herstellung, 1996-07.
DIN EN 390	Brettschichtholz; Maße; Grenzabmaße, 1995-03.
DIN EN 392	Brettschichtholz; Scherprüfung der Leimfugen, 1996-04.
DIN EN 409	Holzbauwerke; Prüfverfahren; Bestimmung des Fließmomentes von stiftförmigen Verbindungsmitteln; Nägel, 1993-10.

DIN EN 518	Bauholz für tragende Zwecke; Sortierung; Anforderungen an Normen über visuelle Sortierung nach der Festigkeit, 1996-07.
DIN EN 622-2	Faserplatten; Anforderungen; Anforderungen an harte Platten, 1997-08.
DIN EN 622-3	Faserplatten; Anforderungen; Anforderungen an mittelharte Platten, 1997-08.
DIN EN 634-1	Zementgebundene Spanplatten; Anforderungen; Teil1: Allgemeine Anforderungen, 1995-04.
DIN EN 634-2	Zementgebundene Spanplatten; Anforderungen; Teil 2: Anforderungen an Portlandzement (PZ) gebundene Spanplatten zur Verwendung im Trocken -, Feucht - und Außenbereich, 1996-10.
DIN EN 912	Holzverbindungsmittel; Spezifikationen für Dübel besonderer Bauart für Holz (z.Z. in Vorbereitung).-
DIN EN 1194	Holzbauwerke; Brettschichtholz; Festigkeitsklassen und Bestimmung charakteristischer Werte, 1999-05.
DIN EN 1382	Holzbauwerke; Prüfverfahren; Ausziehtragfähigkeit von Holzverbindungsmitteln (z.Z. in Vorbereitung).
DIN EN 1383	Holzbauwerke; Prüfverfahren; Prüfung von Holzverbindungsmitteln auf Kopfdurchziehen (z.Z. in Vorbereitung).
DIN EN 1562	Gießereiwesen; Temperguss, 1997-08.
DIN EN 1706	Aluminium und Aluminiumlegierungen; Gussstücke; Chemische Zusammensetzung und mechanische Eigenschaften, 1998-06.
DIN EN 1912	Bauholz für tragende Zwecke; Festigkeitsklassen; Zuordnung von visuellen Sortierklassen und Holzarten, 1998-08
DIN EN 10025	Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen; Technische Lieferbedingungen, 1994-03.
DIN EN 10131	Kaltgewalzte Flacherzeugnisse ohne Überzug aus weichen Stählen sowie aus Stählen mit höherer Streckgrenze zum Kaltumformen; Grenzabmaße und Formtoleranzen (z.Z. in Vorbereitung).
DIN EN 10139	Kaltband ohne Überzug aus weichen Stählen zum Kaltumformen; Technische Lieferbedingungen, 1997-12.
DIN EN 10268	Kaltgewalzte Flacherzeugnisse mit hoher Streckgrenze zum Kaltverformen aus schweißgeeigneten mikrolegierten Stählen; Technische Lieferbedingungen (z.Z. in Vorbereitung).
DIN EN 12369	Holzwerkstoffe; Charakteristische Werte für eingeführte Erzeugnisse (z.Z. in Vorbereitung).

DIN EN 13271	Holzverbindungsmittel; Charakteristische Tragfähigkeiten und Verschiebungsmoduln für Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart, (z.Z. in Vorbereitung).
DIN EN 20898-1	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen; Teil 1: Schrauben (ISO 898-1: 1988), 1992-04.
DIN EN 26 891	Holzbauwerke; Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln; Allgemeine Grundsätze für die Ermittlung der Tragfähigkeit und des Verformungsverhaltens (ISO 6891: 1983), 1991-07.
DIN EN 28 970	Holzbauwerke; Prüfung von Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln; Anforderungen an die Rohdichte des Holzes (ISO 8970: 1989), 1991-07.
DIN EN ISO 12944-2	Beschichtungsstoffe; Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme; Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen (ISO 12944-2: 1998), 1998-07.
DIN EN ISO 12944-5	Beschichtungsstoffe; Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungsstoffe; Teil 5: Beschichtungssysteme (ISO 12944-5: 1998), 1998-07.

3 Grundlagen für Entwurf und Bemessung

3.1 Allgemeines

(1) Ein Tragwerk muss so bemessen und ausgebildet werden, dass es im Hinblick auf die vorgesehene Nutzungsdauer mit angemessener Zuverlässigkeit

- den Einwirkungen und Einflüssen standhält, die während seiner Ausführung und während seiner vorgesehenen Nutzung auftreten können, und
- die geforderten Gebrauchseigenschaften behält.

(2) Die Bemessung nach (1) schließt ein, dass neben der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit auch die Dauerhaftigkeit der Konstruktion in angemessener Weise beachtet wird.

(3) Ein Tragwerk muss ferner so bemessen und ausgeführt werden, dass es durch Ereignisse wie Brand, Explosion, Aufprall oder Folgen menschlichen Versagens nur in einem Ausmaß geschädigt wird, das einer vorgesehenen Schadensbegrenzung entspricht.

(4) Eine Überbeanspruchung von Bauteilen während der Lagerung, des Transportes und der Montage muss vermieden werden. Falls die Konstruktion anders als im fertigen Bauwerk belastet oder unterstützt wird, muss dies als ein wichtiger Lastfall behandelt werden, gegebenenfalls auch hinsichtlich vorübergehender dynamischer Einwirkungen. Bei Rahmentragwerken ist besondere Sorgfalt darauf zu legen, dass beim Aufrichten aus der horizontalen in die vertikale Lage keine schädlichen Verwindungen auftreten.

(5) Beim Transport, bei der Lagerung und bei der Montage der Bauteile ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, dass sich ihre Feuchte durch Einflüsse aus Bodenfeuchte, Niederschlägen sowie infolge Austrocknung nicht unzutraglich verändert.

(6) Alle Teile eines Tragwerkes sind so zusammenzufügen und zu montieren, dass kein Teil durch Zwängungen oder sonstige Zustände unzulässig beansprucht wird.

(7) Angaben zu Imperfektionen enthält Abschnitt 6.3.

3.2 Bemessungssituationen und Grenzzustände

3.2.1 Bemessungssituationen

(1) Für die Bemessung des Tragwerks sind die maßgebenden Bemessungssituationen so auszuwählen, dass sie alle Bedingungen enthalten, die während der Ausführung und der vorgesehenen Nutzung des Tragwerks auftreten können.

(2) Die Bemessungssituationen werden wie folgt eingeteilt:

- ständige Situationen, die den normalen Nutzungsbedingungen des Tragwerks entsprechen,
- vorübergehende Situationen, die sich auf zeitlich begrenzte Zustände des Tragwerks beziehen, z.B. im Bauzustand oder bei einer Instandsetzung,
- außergewöhnliche Situationen, die sich auf außergewöhnliche Einwirkungen beziehen, z.B. Brand, Explosion, Anprall.

3.2.2 Grenzzustände

(1) Grenzzustände sind Zustände, bei deren Überschreiten die Entwurfsanforderungen nicht mehr erfüllt sind.

(2) Im allgemeinen unterscheidet man:

- Grenzzustände der Tragfähigkeit ,
- Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.

(3) Die Grenzzustände können sich auf die in Abschnitt 3.2.1 genannten Bemessungssituationen beziehen.

(4) Das Ziel der Bemessung ist es, nachzuweisen, daß die maßgebenden Grenzzustände nicht überschritten werden. Dabei sind alle maßgebenden Bemessungssituationen und Lastfälle zu berücksichtigen.

3.3 Einwirkungen

3.3.1 Allgemeines

(1) Als Einwirkung (F) wird bezeichnet:

- eine direkte Einwirkung, z.B. Kraft (Last), die auf ein Tragwerk einwirkt oder
- eine indirekte Einwirkung, z.B. eine aufgezwungene oder behinderte Verformung, die z.B. von Feuchteänderungen oder aus ungleichen Setzungen herrührt.

(2) Einwirkungen werden eingeteilt

a) nach ihrer zeitlichen Veränderlichkeit:

- ständige Einwirkungen (G), z.B. Eigenlasten von Tragwerken, Ausrüstungen, festen Einbauten und haustechnischen Anlagen,
- veränderliche Einwirkungen (Q):
 - Einwirkungen langer Dauer, z.B. Nutzlasten in Lagerhäusern,
 - Einwirkungen mittlerer Dauer, z.B. Verkehrslasten auf Decken,
 - Einwirkungen kurzer Dauer, z.B. Windlasten,
 - Einwirkungen sehr kurzer Dauer, z.B. Explosion oder Anprall von Fahrzeugen,
- außergewöhnliche Einwirkungen (A), z.B. Brandeinwirkung, Erdbeben, Explosion oder Anprall von Fahrzeugen.

b) nach ihrer räumlichen Veränderlichkeit:

- ortsfeste Einwirkungen, z.B. Eigenlasten
- ortsveränderliche Einwirkungen, z.B. Verkehrslasten, Windlasten, Schneelasten.

(3) Indirekte Einwirkungen sind entweder als ständig wirkend (z.B. infolge ungleicher Setzungen) oder als veränderlich wirkend (z.B. infolge Feuchteänderungen) zu behandeln.

3.3.2 Charakteristische Werte

(1) Als charakteristische Werte der Einwirkungen F_k gelten die Werte der einschlägigen Lastnormen (z.B. DIN 1055) und gegebenenfalls der bauaufsichtlichen Ergänzungen.

(2) Für Einwirkungen, die nicht oder nicht vollständig in Normen oder anderen bauaufsichtlichen Bestimmungen angegeben sind (z.B. Grundwasserstände), müssen die charakteristischen Werte in Absprache mit der zuständigen Bauaufsichtsbehörde festgelegt werden.

(3) Bei ständigen Einwirkungen ist im allgemeinen ein einzelner charakteristischer Wert (G_k) ausreichend. Die Eigenlast des Tragwerks kann z.B. aus den Nennmaßen des Tragwerks und der mittleren Dichte des Baustoffs berechnet werden. Nur in Ausnahmefällen (z.B. bei Nachweisen der Lagesicherheit) sind ein oberer und ein unterer charakteristischer Wert ($G_{k,sup}$ bzw. $G_{k,inf}$) zu unterscheiden, sofern in den Lastnormen entsprechende Fraktilwerte angegeben sind.

(4) Bei veränderlichen Einwirkungen entspricht der charakteristische Wert (Q_k) im allgemeinen dem in den Lastnormen angegebenen oberen Wert, der während einer Bezugsdauer mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird. Nur in Ausnahmefällen (z.B. bei Wasserständen) kann neben dem oberen charakteristischen Wert auch ein unterer Wert, der mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit nicht unterschritten wird, von Bedeutung sein.

(5) Bei außergewöhnlichen Einwirkungen entspricht der charakteristische Wert A_k im allgemeinen einem festgelegten Wert.

3.3.3 Repräsentative Werte für veränderliche Einwirkungen

(1) Zur Kombination der veränderlichen Einwirkungen in den verschiedenen Bemessungssituationen (siehe Abschnitte 3.5.4 und 3.6.3) werden repräsentative Werte dieser Einwirkungen festgelegt.

(2) Der wichtigste repräsentative Wert ist der charakteristische Wert Q_k .

(3) Weitere repräsentative Werte werden durch das Produkt aus dem charakteristischen Wert Q_k und einem Kombinationsbeiwert ψ_i ausgedrückt. Diese Werte werden folgendermaßen definiert:

Kombinationswert: $\psi_0 \cdot Q_k$

häufiger Wert: $\psi_1 \cdot Q_k$

quasiständiger Wert: $\psi_2 \cdot Q_k$

(4) Die Kombinationsbeiwerte ψ_i sind **Tabelle 3.1** zu entnehmen. Sollen andere Werte ψ_i verwendet werden, sind diese durch den Tragwerksplaner in Abstimmung mit dem Bauherrn und der zuständigen Bauaufsichtsbehörde festzulegen.

3.3.4 Bemessungswerte der Einwirkungen und Beanspruchungen

(1) Der Bemessungswert F_d einer Einwirkung ergibt sich im allgemeinen aus der Multiplikation des repräsentativen Wertes der Einwirkung F_{rep} mit dem entsprechenden Teilsicherheitsbeiwert γ_F :

$$F_d = \gamma_F \cdot F_{rep} \quad (3.1)$$

(2) Abhängig von den betrachteten Grenzzuständen und Einwirkungskombinationen werden die Bemessungswerte für bestimmte Einwirkungen wie folgt ausgedrückt:

$$G_d = \gamma_G \cdot G_k \text{ oder } G_k \quad (3.2a)$$

$$Q_d = \gamma_Q \cdot Q_k, \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k, \gamma_Q \cdot \psi_1 \cdot Q_k, \gamma_Q \cdot \psi_2 \cdot Q_k \text{ oder } Q_k \quad (3.2b)$$

$$A_d = A_k \quad (3.2c)$$

Tabelle 3.1: Kombinationsbeiwerte ψ_i für Einwirkungen

	1	2	3	4
1	Einwirkung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
2	Verkehrslast auf Decken - Wohnräume; Büroräume; Verkaufsräume bis 50 m ² ; Flure; Balkone; Räume in Krankenhäusern	0,7	0,5	0,3
3	- Versammlungsräume; Garagen und Parkhäuser; Turnhallen; Tribünen; Flure in Lehrgebäuden; Büchereien; Archive	0,8	0,8	0,5
4	- Ausstellungs- und Verkaufsräume; Geschäfts- und Warenhäuser	0,8	0,8	0,8
5	Windlasten	0,6	0,5	0
6	Schneelasten	0,7	0,2	0
7	indirekte Einwirkungen	0,8	0,7	0,5
8	alle anderen Einwirkungen	0,8	0,7	0,5

(3) Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für die verschiedenen Einwirkungen sind Abschnitt 3.5.3 (Tabelle 3.2) zu entnehmen.

(4) Sofern in Ausnahmefällen (siehe 3.3.2(3)) obere und untere Bemessungswerte der ständigen Einwirkungen zu unterscheiden sind, werden sie folgendermaßen definiert:

$$G_{d,sup} = \gamma_G \cdot G_{k,sup} \quad (3.3a)$$

$$G_{d,inf} = \gamma_G \cdot G_{k,inf} \quad (3.3b)$$

(5) Beanspruchungen sind die Reaktionen des Tragwerks oder einzelner Tragwerksteile auf die Einwirkungen (z.B. Schnittgrößen, Spannungen, Verschiebungen). Sofern in den entsprechenden Abschnitten nichts anderes angegeben ist, wird für eine Einwirkungskombination der Bemessungswert der Beanspruchung E_d aus den Bemessungswerten der Einwirkungen F_d , der geometrischen Größen a_d (siehe 3.4.3) und - sofern maßgebend - der Baustoffeigenschaften X_d (siehe 3.4.2(1)) bestimmt:

$$E_d = E(F_{d,1}, F_{d,2}, \dots, a_{d,1}, a_{d,2}, \dots, X_{d,1}, X_{d,2}, \dots) \quad (3.4)$$

3.4 Tragwiderstand

3.4.1 Charakteristische Werte der Baustoffeigenschaften

(1) Eine Baustoffeigenschaft wird durch einen charakteristischen Wert X_k angegeben, der im allgemeinen einem Fraktilwert in einer angenommenen statistischen Verteilung der betrachteten Eigenschaft entspricht.

(2) Als charakteristische Werte der Baustoffeigenschaften sollten im allgemeinen gewählt werden

- der 5%-Fraktilwert bei Festigkeitsgrößen,
- der Mittelwert bei Steifigkeitsgrößen.

(3) In einzelnen Fällen (siehe Abschnitt 6.3.1 und 8.3.1) ist für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit der 5%-Fraktilwert der Steifigkeitsgrößen als charakteristischer Wert zu wählen.

3.4.2 Bemessungswerte der Baustoffeigenschaften und des Tragwiderstands

(1) Der Bemessungswert X_d einer Festigkeitseigenschaft ergibt sich im allgemeinen aus:

$$X_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot X_k}{\gamma_M} \quad (3.5)$$

Hierin bedeuten:

- γ_M Teilsicherheitsbeiwert für die Festigkeitseigenschaft, siehe Abschnitt 3.5.3 (3),
- k_{mod} Modifikationsfaktor, der den Einfluss der Nutzungsklasse und der Lasteinwirkungsdauer auf die Festigkeitseigenschaften berücksichtigt, siehe Abschnitt 4.1.3 (1).

(2) Der Bemessungswert des Tragwiderstands R_d ergibt sich aus den Bemessungswerten der Festigkeitseigenschaften X_d , der geometrischen Größen a_d (siehe 3.4.3) und - sofern maßgebend - der Beanspruchungen zu:

$$R_d = R(X_d, a_d, \dots) \quad (3.6a)$$

(3) Der Bemessungswert R_d kann auch direkt aus dem mittels Versuchen ermittelten charakteristischen Wert eines Tragwiderstands R_k durch Division durch einen Teilsicherheitsbeiwert für den Tragwiderstand γ_R bestimmt werden:

$$R_d = R_k / \gamma_R \quad (3.6b)$$

Dazu bedarf es der Zustimmung der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde.

(4) Die Bemessungswerte der Steifigkeitseigenschaften für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit werden in den entsprechenden Abschnitten angegeben.

3.4.3 Geometrische Größen

(1) Geometrische Größen werden durch ihre Nennwerte beschrieben:

$$a_d = a_{\text{nom}} \quad (3.7)$$

3.5 Grenzzustände der Tragfähigkeit

3.5.1 Allgemeines

(1) Grenzzustände der Tragfähigkeit sind diejenigen Zustände, bei deren Überschreiten durch Einsturz oder andere Formen des Tragwerksversagens die Sicherheit von Menschen gefährdet wird.

(2) Bestimmte Zustände vor Eintreten des Tragfähigkeitsverlustes werden aus Vereinfachungsgründen anstelle des tatsächlichen Tragwerksversagens ebenfalls wie Grenzzustände der Tragfähigkeit behandelt.

(3) Grenzzustände der Tragfähigkeit, die berücksichtigt werden sollten, beinhalten:

- den Verlust des statischen Gleichgewichts oder der Lagesicherheit eines Tragwerkes oder eines seiner Teile, welche als starre Körper betrachtet werden,
- Versagen durch übermäßige Verformung, durch Bruch eines Tragwerkes oder eines seiner Teile einschließlich von Lagern und Fundamenten.

(4) Die Berechnungen sind unter Verwendung geeigneter mechanischer Modelle unter Einbeziehung aller maßgebenden Parameter durchzuführen. Diese Modelle müssen ausreichend genau sein, um das

Tragverhalten in Übereinstimmung mit der erreichbaren Ausführungsgenauigkeit und der Zuverlässigkeit der Eingangsdaten, auf denen die Bemessung beruht, vorhersagen zu können.

3.5.2 Nachweisbedingungen

(1) Wird der Grenzzustand des statischen Gleichgewichts oder der Lagesicherheit untersucht, ist nachzuweisen, dass:

$$E_{d, \text{dst}} \leq E_{d, \text{stb}} \quad (3.8a)$$

Dabei sind $E_{d, \text{dst}}$ und $E_{d, \text{stb}}$ die Bemessungswerte der Beanspruchungen aus ungünstigen (destabilisierenden) bzw. günstigen (stabilisierenden) Einwirkungen.

(2) Tritt der Grenzzustand durch Bruch oder übermäßige Verformung eines Querschnitts, Bauteils oder einer Verbindung ein, ist nachzuweisen, dass:

$$E_d \leq R_d \quad (3.8b)$$

Dabei ist E_d der Bemessungswert der Beanspruchungen infolge Einwirkungen (z.B. eine Schnittgröße bzw. ein entsprechender Vektor mehrerer Schnittgrößen) und R_d der zugehörige Bemessungswert des Tragwiderstandes (Beanspruchbarkeit).

(3) Beim Nachweis von Holzquerschnitten und -bauteilen werden als Bemessungswerte der Beanspruchung im allgemeinen Spannungswerte gewählt. Es ist dann nachzuweisen, dass:

$$E_d \leq X_d \quad (3.8c)$$

3.5.3 Teilsicherheitsbeiwerte

(1) Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen sind **Tabelle 3.2** zu entnehmen.

Tabelle 3.2: Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für Einwirkungen in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen

	1	2	3
1		ständige Einwirkungen (γ_G)	veränderliche Einwirkungen (γ_Q)
2	günstige Auswirkung	0,9	0
3	ungünstige Auswirkung	1,35	1,5

(2) Für außergewöhnliche Bemessungssituationen sind die Teilsicherheitsbeiwerte für ungünstige veränderliche Einwirkungen γ_{QA} zu 1,0 anzusetzen.

(3) Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Festigkeitseigenschaften in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen sind **Tabelle 3.3** zu entnehmen.

(4) Für den Nachweis von Stahlteilen sind die Teilsicherheitsbeiwerte der DIN 18800-1 zu entnehmen.

(5) Für außergewöhnliche Bemessungssituationen sind die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M zu 1,0 anzusetzen.

Tabelle 3.3: Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Festigkeitseigenschaften
in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen

	1	2
1	Baustoff	γ_M
2	Holz und Holzwerkstoffe	1,3
3	Stahl in Verbindungen Nachweis gegen die Streckgrenze	1,1
	Nachweis gegen die Zugfestigkeit	1,25

3.5.4 Kombinationen von Einwirkungen

(1) Für jede Einwirkungskombination sind die Bemessungswerte E_d der Beanspruchungen anhand der folgenden Kombinationsregeln zu bestimmen:

- ständige und vorübergehende Bemessungssituationen (Grundkombination):

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3.9a)$$

- außergewöhnliche Bemessungssituationen (sofern nicht anderweitig abweichend angegeben):

$$\sum \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} + A_d + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3.9b)$$

Hierin bedeuten:

- $G_{k,j}$ charakteristische Werte der ständigen Einwirkungen,
- $Q_{k,1}$ charakteristischer Wert einer der veränderlichen Einwirkungen,
- $Q_{k,i}$ charakteristische Werte der weiteren veränderlichen Einwirkungen,
- A_d Bemessungswert (festgelegter Wert) der außergewöhnlichen Einwirkungen,
- $\gamma_{G,j}$ Teilsicherheitsbeiwerte für ständige Einwirkungen,
- $\gamma_{GA,j}$ wie $\gamma_{G,j}$ jedoch für außergewöhnliche Bemessungssituationen,
- $\gamma_{Q,i}$ Teilsicherheitsbeiwerte für veränderliche Einwirkungen,
- ψ_0, ψ_1, ψ_2 Kombinationsbeiwerte nach **Tabelle 3.1**.

(2) Sofern für spezielle außergewöhnliche Bemessungssituationen nichts anderes angegeben wird, darf γ_{GA} zu 1,0 angesetzt werden.

(3) Für Hochbauten darf der Ausdruck (3.9a) vereinfachend wie folgt ersetzt werden:

- wenn nur die ungünstigste veränderliche Einwirkung berücksichtigt wird:

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + 1,5 \cdot Q_{k,1} \quad (3.10a)$$

- wenn sämtliche ungünstigen veränderlichen Einwirkungen berücksichtigt werden:

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + 1,35 \cdot \sum Q_{k,i} \quad (3.10b)$$

Der jeweils ungünstigere Wert ist maßgebend.

3.6 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

3.6.1 Allgemeines

(1) Die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind diejenigen Zustände, bei deren Überschreitung die festgelegten Bedingungen für die Gebrauchstauglichkeit nicht mehr erfüllt sind.

(2) Die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit, die berücksichtigt werden sollten, umfassen:

- Verformungen und Durchbiegungen, welche das Erscheinungsbild oder die planmäßige Nutzung eines Tragwerks (einschließlich Betriebsstörungen an Maschinen und Installationen) beeinträchtigen oder Schäden an Oberflächen oder nichttragenden Bauteilen verursachen,
- Schwingungen, die Unbehagen bei Menschen oder Schäden am Bauwerk oder seiner Einrichtung verursachen oder die Funktionsfähigkeit des Bauwerks einschränken.

3.6.2 Nachweisbedingungen, Teilsicherheitsbeiwerte

(1) Es muss nachgewiesen werden, dass:

$$E_d \leq C_d \quad (3.11)$$

Hierin bedeuten:

E_d Bemessungswert der Lastauswirkungen, der auf der Grundlage der in Abschnitt 3.6.3 angegebenen Kombinationen bestimmt wird,

C_d Für die Bemessung maßgebender Nennwert oder maßgebende Funktion bestimmter Baustoffeigenschaften, die auch den Bemessungsschnittgrößen zugrunde liegen.

(2) Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und die Baustoffeigenschaften sind zu 1,0 anzusetzen, sofern an anderer Stelle nichts weiteres festgelegt ist.

3.6.3 Kombinationen von Einwirkungen

(1) Für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind folgende Einwirkungskombinationen zu unterscheiden:

- charakteristische (seltene) Kombination:

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3.12a)$$

- quasi-ständige Kombination:

$$\sum G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3.12b)$$

4 Baustoffe

4.1 Allgemeines

4.1.1 Nutzungsklassen

(1) Tragwerke des Holzbaues müssen wegen der physikalischen Eigenschaften der Holzbaustoffe bestimmten Nutzungsklassen zugewiesen werden, die die klimatischen Verhältnisse der Umgebung des Bauwerkes während seiner Lebensdauer kennzeichnen. Das System der Nutzungsklassen ist hauptsächlich zur Zuordnung von Festigkeitswerten und zur Berechnung von Verformungen unter festgelegten Umweltbedingungen notwendig. Vereinfachend werden die drei folgenden Nutzungsklassen festgelegt:

(2) **Nutzungsklasse 1.** Sie ist gekennzeichnet durch einen Feuchtegehalt in den Holzbaustoffen, der einer Temperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen pro Jahr einen Wert von 65 % übersteigt.

(3) **Nutzungsstufe 2.** Sie ist gekennzeichnet durch einen Feuchtegehalt in den Holzbaustoffen, der einer Temperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen pro Jahr einen Wert von 85 % übersteigt.

(4) **Nutzungsstufe 3.** Sie erfaßt Klimabedingungen, die zu höheren Feuchtegehalten führen, als in Nutzungsstufe 2 angegeben.

Anmerkung: In Ausnahmefällen können auch überdachte Tragwerke in die Nutzungsstufe 3 einzustufen sein.

4.1.2 Klassen der Lasteinwirkungsdauer

(1) Für Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit werden je nach Einwirkungsdauer entsprechend Abschnitt 3.3.1(2a) Klassen der Lasteinwirkungsdauer unterschieden (siehe **Tabelle 4.1**).

Tabelle 4.1: Klassen der Lasteinwirkungsdauer

	1	2
1	Klasse der Lasteinwirkungsdauer	Größenordnung der akkumulierten Dauer der charakteristischen Lasteinwirkung
2	ständig	länger als 10 Jahre
3	lang	6 Monate bis 10 Jahre
4	mittel	1 Woche bis 6 Monate
5	kurz	kürzer als eine Woche
6	sehr kurz	kürzer als eine Minute

(2) **Tabelle 4.2** enthält für die wesentlichsten Einwirkungen nach DIN 1055 ihre Zuordnungen zu einer der Klassen der Lasteinwirkungsdauer.

(3) Indirekte Einwirkungen aus Temperatur- und Feuchteänderungen sind der Klasse der Lasteinwirkungsdauer mittel zuzuordnen.

(4) Indirekte Einwirkungen aus ungleichmäßigen Setzungen sind der Klasse der Lasteinwirkungsdauer ständig zuzuordnen.

(5) Bei Holz und Holzwerkstoffen in Holzkonstruktionen darf der Einfluss von Temperaturänderungen vernachlässigt werden.

4.1.3 Modifizierung der Baustoffeigenschaften

(1) Der Einfluss der Nutzungsstufe und der Klasse der Lasteinwirkungsdauer auf die Festigkeitseigenschaften werden durch den Modifikationsbeiwert k_{mod} berücksichtigt. Bei Lastkombinationen aus Einwirkungen, die zu verschiedenen Klassen der Lasteinwirkungsdauer gehören, gilt die Einwirkung mit der kürzesten Dauer als maßgebend; z.B. sind für eine ständige und eine Kurzzeitbelastung die Regeln für die Kurzzeitbelastung maßgebend.

(2) Rechenwerte für die Modifikationsbeiwerte k_{mod} sind der **Tabelle M.1 (Anhang M)** zu entnehmen.

Tabelle 4.2: Einteilung der Einwirkungen nach DIN 1055-1 und -3 bis -5
in Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED)

	1	2
1	Einwirkung	KLED
2	Eigenlasten nach DIN 1055-1	ständig
3	Lotrechte Verkehrslasten nach DIN 1055-3	
4	Lotrechte, gleichmäßig verteilte Lasten für Dächer, Decken und Treppen - allgemein (falls nicht die nachfolgenden Ausnahmen zutreffen): - waagerechte oder bis zu 1:20 geneigte Dächer bei zeitweiligem Aufenthalt von Personen - Fertigteildecken mit geringer Tragfähigkeit während des Einbauzustandes, die mit Transportgefäßen für Beton befahren werden - Spitzböden, die aufgrund ihrer Querschnittsmaße nur bedingt begehbar sind - Lagerräume - Werkstätten und Fabriken mit schwerem Betrieb	mittel kurz kurz lang lang im Einzelfall zu entscheiden
5	Lotrechte Einzelverkehrslasten für Dächer	kurz
6	Lotrechte Verkehrslasten für befahrbare Decken	kurz
7	Hubschrauberlandeplätze auf Dachdecken	mittel
8	Lotrechte Pendelkräfte	mittel
9	Waagerechte Verkehrslasten nach DIN 1055-3	
10	Horizontallast an Brüstungen und Geländern in Holmhöhe	kurz
11	Bremskräfte und Horizontallasten von Kranen und Kranbahnen	kurz
12	Horizontalstöße auf Stützen und Wände	sehr kurz
13	Waagerechte Pendelkräfte	mittel
14	Horizontallasten für Hubschrauberlandeplätze auf Dachdecken - für den Überrollschutz - übrige Horizontallasten	sehr kurz kurz
15	Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken nach DIN 1055-4	kurz
16	Schneelast und Eislast nach DIN 1055-5	
17	- Regelschneelast $s_0 \leq 2,0 \text{ kN/m}^2$ - Regelschneelast $s_0 > 2,0 \text{ kN/m}^2$	kurz mittel
18	Lasten zur Erzielung einer ausreichenden Längs- und Quersteifigkeit	¹⁾

¹⁾ entsprechend den zugehörigen Lasten

(3) Auswirkungen infolge Kriechens des Holzes werden in Abhängigkeit von der Nutzungsklasse rechnerisch durch die Verformungsbeiwerte k_{def} berücksichtigt. Bei Lastkombinationen aus Einwirkungen, die zu verschiedenen Klassen der Lasteinwirkungsdauer gehören, sind die Verformungsanteile aus den verschiedenen Einwirkungen mit den jeweils entsprechenden Werten für k_{def} zu ermitteln.

(4) Rechenwerte für die Verformungsbeiwerte k_{def} sind der **Tabelle M.2 (Anhang M)** zu entnehmen.

4.1.4 Gleichgewichtsfeuchten

- (1) Als Gleichgewichtsfeuchte im Gebrauchszustand gilt die im Mittel sich einstellende Feuchte im Bauwerk.
- (2) Als Gleichgewichtsfeuchten der holzhaltigen Baustoffe gelten die in **Tabelle M.3 (Anhang M)** angegebenen Werte der Holzfeuchten.

4.1.5 Schwind- und Quellmaße

- (1) Für die jeweiligen Baustoffe sind die Rechenwerte für die Schwind- und Quellmaße je Prozent Feuchteänderung in **Tabelle M.4 (Anhang M)** angegeben. Sie gelten für unbehindertes Schwinden und Quellen.
- (2) Bei behindertem Quellen können infolge Zwang geringere Quellmaße als die angegebenen wirksam werden. Das gilt bei Holzwerkstoffen auch für behindertes Schwinden.

4.2 Vollholz

4.2.1 Sortierung

- (1) Vollholz muss nach einem visuellen oder maschinellen Sortierverfahren festigkeitssortiert sein, das eine der folgenden Anforderungen erfüllt:
 - Sortierverfahren für die visuelle Sortierung müssen die Mindestanforderungen nach DIN EN 518 erfüllen,
 - Sortierverfahren für die maschinelle Sortierung und die verwendeten Sortiermaschinen müssen die Anforderungen nach DIN 4074-3 bzw. DIN 4074-4 erfüllen.

4.2.2 Charakteristische Werte

- (1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Nadelholz und für Laubschnittholz sind in einem System von Festigkeitsklassen in DIN EN 338 angegeben. Einen Auszug mit Angabe von Vorzugsklassen enthalten die **Tabellen M.5 und M.6 (Anhang M)**.
- (2) Für die Zuordnung von nach DIN 4074-1 sortiertem Nadelrundholz und von Laubschnittholz mittlerer Güte zu einer Festigkeitsklasse gelten die **Tabellen M.7 und M.8 (Anhang M)**.
- (3) Für die Zuordnung von visuell nach DIN 4074-2 sortiertem Nadelrundholz zu einer Festigkeitsklasse gilt **Tabelle M.7 (Anhang M)**. Bei Nadelrundholz dürfen in den Bereichen ohne Schwächung der Randzone die charakteristischen Werte für E_0 , $f_{t,0}$ und f_m in **Tabelle M.5 (Anhang M)** um 20 % erhöht werden.
- (4) Die Zuordnung von visuell nach anderen Sortiervorschriften sortiertem Vollholz zu einer Festigkeitsklasse ist in Abhängigkeit von der Herkunft und der Sortierklasse DIN EN 1912 zu entnehmen.

4.2.3 Bauholzmaße

- (1) Tragende einteilige Einzelquerschnitte von Vollholzbauteilen müssen mindestens eine Nenndicke von 24 mm und mindestens 1400 mm² Querschnittsfläche haben.
- (2) Die Abweichungen der Querschnittsmaße von den Nennmaßen müssen innerhalb der Grenzen der Maßtoleranzklasse 2 nach DIN EN 336 liegen.
- (3) Die Nennmaße a_{nom} sind auf eine Holzfeuchte von 20 % bezogen.

4.2.4 Wirksame Querschnittswerte und Querschnittsschwächungen

- (1) Der wirksame Querschnitt und die geometrischen Eigenschaften eines tragenden Bauteiles sind mit den Nennmaßen zu berechnen.
- (2) Querschnittsschwächungen sind rechnerisch zu berücksichtigen. Ausgenommen sind Querschnittsschwächungen verursacht durch
 - Baumkanten, die nicht breiter sind als in DIN 4074-1 zugelassen,
 - Nägel mit Durchmessern bis zu 6 mm, wenn die Nägel ohne Vorbohren eingetrieben sind,

- Holzschrauben mit Durchmessern bis zu 8 mm, wenn die Holzschrauben ohne Vorbohren eingedreht sind,
- Löcher und Aussparungen, wenn sie in der Druckzone von Bauteilen liegen und wenn sie mit einem Material ausgefüllt sind, dessen Steifigkeit mindestens der des Holzes entspricht,
- Keilzinkenverbindungen nach DIN 68140-1.

(3) Bei Verbindungen mit mehreren Verbindungsmittelreihen sind zur Bestimmung des wirksamen Querschnittes alle Löcher zu berücksichtigen, die weniger als der halbe Mindestabstand der Verbindungsmittel in Faserrichtung von dem betrachteten Querschnitt entfernt liegen.

4.3 Brettschichtholz

4.3.1 Anforderungen

(1) Brettschichtholz muss die Anforderungen nach DIN EN 386 und DIN EN 1194 erfüllen. Darüber hinaus müssen die Keilzinkenverbindungen der Brettlamellen die Anforderungen nach DIN 68140-1 erfüllen.

(2) Der Hersteller von Brettschichtholz muss im Besitz des jeweils erforderlichen Nachweises der Eignung zur Herstellung von Brettschichtholz sein (siehe **Anhang A**).

(3) Für die Herstellung von Brettschichtholz sind die folgenden Nadelholzarten zulässig:

Fichte (*Picea abies*), Tanne (*Abies alba*), Kiefer (*Pinus sylvestris*), Lärche (*Larix decidua*; *Larix europaea*), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*), Southern Pine (*Pinus echinata*; *Pinus elliottii*; *Pinus palustris*; *Pinus taeda*), Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*), Yellow Cedar (*Chamaecyparis nootkatensis*)

(4) Je nach Lamellenaufbau wird zwischen homogenem und kombiniertem Brettschichtholz unterschieden. Bei homogenem Brettschichtholz gehören alle Brettlamellen der gleichen Festigkeitsklasse an, bei kombiniertem Brettschichtholz gehören die inneren und die äußeren Brettlamellen unterschiedlichen Festigkeitsklassen an. Die äußeren Brettlamellen umfassen die Bereiche von 1/6 der Trägerhöhe auf beiden Seiten, mindestens jedoch zwei Brettlamellen.

(5) Andere Lamellenaufbauten dürfen verwendet werden.

4.3.2 Charakteristische Werte

(1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für homogenes und kombiniertes Brettschichtholz sind in einem System von Festigkeitsklassen in DIN EN 1194 angegeben (siehe **Tabellen M.9 und M.10 (Anhang M)**). Diese Werte gelten auch für Brettschichtholz aus drei Lamellen.

(2) Die Zuordnung von Brettschichtholz aus nach DIN 4074 sortierten Brettern zu diesen Festigkeitsklassen ist in Abhängigkeit vom Lamellenaufbau der **Tabelle M.11 (Anhang M)** zu entnehmen.

(3) Charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte für Brettschichtholz mit anderem Lamellenaufbau sind unter Zugrundelegung der Angaben in DIN EN 1194 nach der Verbundtheorie zu ermitteln. Als charakteristische Rohdichtekennwerte sind diejenigen der niedrigsten Festigkeitsklasse im Querschnitt anzunehmen.

4.3.3 Brettschichtholzmaße

(1) Es gilt DIN EN 390.

(2) Die Nennmaße a_{nom} von Brettschichtholz sind auf eine Holzfeuchte von 12 % bezogen.

4.3.4 Wirksame Querschnittswerte und Querschnittsschwächungen

(1) Es gilt Abschnitt 4.2.4 sinngemäß.

4.4 Balkenschichtholz

4.4.1 Anforderungen

(1) Balkenschichtholz besteht aus zwei oder drei flachseitig miteinander verklebten Einzelhölzern gleicher Querschnittsmaße aus Nadelholz. Die Einzelhölzer müssen mindestens der Festigkeitsklasse C24 (siehe **Tabelle M.5, Anhang M**) entsprechen. Die Einzelhölzer dürfen eine Querschnittsfläche von 15000 mm²

nicht überschreiten. Dabei darf ihre Dicke d rechtwinklig zur Klebefuge höchstens 80 mm und ihre Breite b höchstens 240 mm betragen.

(2) Der Hersteller von Balkenschichtholz muss im Besitz des erforderlichen Nachweises der Eignung zur Herstellung von Balkenschichtholz sein (siehe **Anhang A**). Die Anforderungen nach DIN EN 386 und nach DIN 68140-1 für die Herstellung von Brettschichtholz gelten sinngemäß. Davon abweichend gelten für die Keilzinkenverbindungen der Einzelhölzer die Anforderungen für einteilige Hölzer nach DIN 68140-1, Tab. 2.

(3) Für die Herstellung von Balkenschichtholz sind die Holzarten nach Abschnitt 4.3.1 (3) zulässig.

(4) Es dürfen Einzelhölzer verschiedener Festigkeitsklassen verwendet werden. Für die Einstufung des Balkenschichtholzes in eine Festigkeitsklasse ist dann das Einzelholz der geringsten Festigkeitsklasse maßgebend.

(4) Beim Verkleben sind die Einzelhölzer so anzuordnen, dass die „rechten“ Seiten (kernnahen Seiten) nach außen gerichtet sind.

(6) Balkenschichtholz darf nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

4.4.2 Charakteristische Werte

(1) Als charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte gelten die Werte der jeweiligen Festigkeitsklasse nach **Tabelle M.5 (Anhang M)**.

4.4.3 Balkenschichtholzmaße

(1) Die Abweichungen der Querschnittsmaße von den Nennmaßen müssen innerhalb der Grenzen der Maßtoleranzklasse 2 nach DIN EN 336 liegen.

(2) Die Nennmaße a_{nom} von Balkenschichtholz sind auf eine Holzfeuchte von 12 % bezogen.

4.4.4 Wirksame Querschnittswerte und Querschnittsschwächungen

(1) Es gilt Abschnitt 4.2.4 sinngemäß.

(2) Querschnittsschwächungen von Balkenschichtholz durch Keilzinkenverbindungen der Einzelhölzer dürfen unberücksichtigt bleiben.

4.5 Furnierschichtholz

(1) Furnierschichthölzer bedürfen eines Nachweises ihrer Brauchbarkeit durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen, worin der Plattenaufbau, die Furnierdicken sowie die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte festgelegt sind.

4.6 Mehrschichtige Massivholzplatten

(1) Mehrschichtige Massivholzplatten bedürfen eines Nachweises ihrer Brauchbarkeit durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen, worin der Plattenaufbau, die Schichtdicken sowie die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte festgelegt sind.

4.7 Baufurniersperrholz

4.7.1 Anforderungen

(1) Baufurniersperrholz muss die Anforderungen nach DIN 68705-3 oder -5 erfüllen.

(2) Baufurniersperrholz des Plattentyps BFU 20 nach DIN 68705-3 darf nur in der Nutzungsklasse 1 verwendet werden.

(3) Baufurniersperrholz des Plattentyps BFU 100 nach DIN 68705-3 und BFU-BU100 nach DIN 68705-5 darf nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

(4) Baufurniersperrholz des Plattentyps BFU 100G nach DIN 68705-3 und BFU-BU 100G nach DIN 68705-5 darf in den Nutzungsklassen 1, 2 und 3 verwendet werden.

(5) Baufurniersperrholz muss, sofern es nur Aussteifungszwecken dient, aus mindestens drei Lagen, für alle sonstigen tragenden Bauteile aus mindesten fünf Lagen bestehen.

(6) Mittragende Beplankungen von Holztafeln für Holzhäuser in Tafelbauart dürfen auch aus drei Lagen bestehen, jedoch nicht bei Decken- und Dachscheiben, wenn deren Scheibenwirkung bei der Bemessung zu berücksichtigen ist.

4.7.2 Charakteristische Werte

(1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Baufurniersperrholz nach DIN 68705-3 sind in **Tabelle M.12 (Anhang M)** angegeben.

(2) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Baufurniersperrholz aus Buche nach DIN 68705-5 sind in **Tabelle M.13 (Anhang M)** angegeben.

4.7.3 Mindestdicken

(1) Die Mindestdicke tragender Platten aus Baufurniersperrholz, einschließlich der Beplankungen von Holztafeln, beträgt 6 mm.

4.8 OSB-Platten (Oriented Strand Board)

4.8.1 Anforderungen

(1) OSB-Platten müssen die Anforderungen nach DIN EN 300 erfüllen.

(2) Für tragende und aussteifende Zwecke dürfen nur OSB-Platten der Plattentypen OSB/3 oder OSB/4 nach DIN EN 300 in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

4.8.2 Charakteristische Werte

(1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für OSB-Platten des Typs OSB/3 nach DIN EN 300 sind in **Tabelle M.14 (Anhang M)** angegeben.

(2) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für OSB-Platten des Typs OSB/4 nach DIN EN 300 sind in **Tabelle M.15 (Anhang M)** angegeben.

4.8.3 Mindestdicken

(1) Die Mindestdicke tragender OSB-Platten beträgt 8 mm, bei nur aussteifenden Beplankungen von Holztafeln für Holzhäuser in Tafelbauart 6 mm.

4.9 Kunstharzgebundene Holzspanplatten

4.9.1 Anforderungen

(1) Kunstharzgebundene Holzspanplatten müssen die Anforderungen nach DIN 68763 oder nach DIN EN 312-4 bis -7 erfüllen.

(2) Kunstharzgebundene Holzspanplatten (Flachpressplatten für das Bauwesen) des Plattentyps FP-V 20 nach DIN 68763 sowie Spanplatten für tragende Zwecke nach DIN EN 312-4 und -6 dürfen nur in der Nutzungsklasse 1 verwendet werden.

(3) Kunstharzgebundene Holzspanplatten (Flachpressplatten für das Bauwesen) der Plattentypen FP-V 100 und FP-V 100G nach DIN 68763 sowie Spanplatten für tragende Zwecke nach DIN EN 312-5 und -7 dürfen nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

4.9.2 Charakteristische Werte

(1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kunstharzgebundene Holzspanplatten (Flachpressplatten für das Bauwesen) nach DIN 68763 sind in **Tabelle M.16 (Anhang M)** angegeben.

(2) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kunstharzgebundene Holzspanplatten (Spanplatten für tragende Zwecke) nach DIN EN 312-4 bis -7 sind in DIN EN 12369 angegeben.

4.9.3 Mindestdicken

(1) Die Mindestdicke kunstharzgebundener Spanplatten für tragende Zwecke beträgt 8 mm, bei nur aussteifenden Beplankungen von Holztafeln für Holzhäuser in Tafelbauart 6 mm.

4.10 Zementgebundene Holzspanplatten

4.10.1 Anforderungen

(1) Zementgebundene Holzspanplatten für tragende und aussteifende Zwecke müssen die Anforderungen nach DIN EN 634-1 und -2 erfüllen. Sie dürfen in allen Nutzungsklassen verwendet werden.

4.10.2 Charakteristische Werte

(1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für zementgebundene Holzspanplatten nach DIN EN 634-1 und -2 sind in **Tabelle M.17 (Anhang M)** angegeben.

4.10.3 Mindestdicken

- (1) Die Mindestdicke zementgebundener Holzspanplatten für tragende Zwecke beträgt 8 mm.
- (2) Bei Verwendung ungeschliffener Platten sind die Abmaße nach DIN EN 634-1 zu beachten.

4.11 Holzfaserplatten

4.11.1 Anforderungen

- (1) Holzfaserplatten müssen die Anforderungen nach DIN 68754-1 oder nach DIN EN 622-2 und -3 erfüllen.
- (2) Holzfaserplatten der Plattentypen HFH 20 und HFM 20 nach DIN 68754 -1 sowie MBH.LA2 nach DIN EN 622-3 dürfen für tragende und aussteifende Zwecke nur in der Nutzungsklasse 1 verwendet werden. Hinsichtlich der Scheibenwirkung von Decken- und Dachtafeln dürfen Holzfaserplatten nicht verwendet werden. Platten des Plattentyps HFH 20 müssen eine Rohdichte von mindestens 950 kg/m^3 , solche des Plattentyps HFM 20 eine Rohdichte von mindestens 650 kg/m^3 besitzen.
- (3) Holzfaserplatten der Plattentypen HB.HLA2 nach DIN EN 622 -2 dürfen für tragende und aussteifende Zwecke nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

4.11.2 Charakteristische Werte

- (1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Holzfaserplatten nach DIN 68754-1 sind in **Tabelle M.18 (Anhang M)** angegeben.
- (2) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Holzfaserplatten nach DIN EN 622-2 und -3 sind in DIN EN 12369 angegeben.

4.11.3 Mindestdicken

- (1) Die Mindestdicke von Holzfaserplatten des Plattentyps HFH 20 nach DIN 68754-1 und von Holzfaserplatten nach DIN EN 622-2 für tragende und aussteifende Zwecke beträgt 4 mm.
- (2) Die Mindestdicke von Holzfaserplatten des Plattentyps HFM 20 nach DIN 68754-1 und von Holzfaserplatten nach DIN EN 622-3 für tragende und aussteifende Zwecke beträgt 6 mm.

5 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit

5.1 Allgemeines

- (1) Die Forderung nach einem angemessenen dauerhaften Tragwerk gilt als erfüllt, wenn es während der vorgesehenen Lebensdauer seine Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit ohne wesentlichen Verlust der Nutzungseigenschaften und mit einem vertretbaren Instandhaltungsaufwand behält.
- (2) Zur Sicherstellung dieser Dauerhaftigkeit muss den möglichen Schadeinflüssen auf die Baustoffe Rechnung getragen werden.

(3) Dazu sind schon im Entwurfsstadium die Umweltbedingungen des Bauwerks abzuschätzen, um ihre Bedeutung im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit beurteilen und ausreichende Vorkehrungen zum Schutz der Baustoffe treffen zu können.

(4) Die wichtigsten Schadeinflüsse sind biologische Einwirkungen (z.B. Pilz- oder Insektenbefall) auf die Holzbaustoffe und chemische Einwirkungen (z.B. Korrosion) auf die metallischen Baustoffe.

(5) Als Vorkehrungen kommen die Auswahl geeigneter Baustoffe mit natürlicher Dauerhaftigkeit, baulich-konstruktive Schutzmaßnahmen sowie Schutzmaßnahmen für die Baustoffe bzw. Baustoffoberflächen in Betracht.

5.2 Holz und Holzwerkstoffe

(1) Sofern nicht Hölzer mit einer ausreichenden natürlichen Dauerhaftigkeit verwendet werden, sollten zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit - insbesondere in der Nutzungsklasse 3 - vorrangig die Möglichkeiten des vorbeugenden baulich-konstruktiven Holzschutzes beachtet werden. Dazu zählen z.B. folgende Maßnahmen:

- Schutz der Bauteile gegen aufsteigende Feuchte durch ausreichenden Bodenabstand oder durch Sperrschichten,
- Sicherstellen eines ausreichenden Luftzutritts bzw. einer ausreichenden Luftzirkulation,
- Sicherstellen eines staufreien Wasserabflusses,
- Vermeiden von Holzverbindungen, in denen sich Wasser ansammelt,
- Vermeiden von waagerechten Holzflächen, auf denen Wasser stehen bleibt; insbesondere Hirnholzflächen sollten abgedeckt werden,
- Vermeiden von Hölzern, die stärker zur Schwindrissbildung neigen (z.B. große Querschnitte aus einstieligem Einschnitt),
- Konstruktive Berücksichtigung von feuchtebedingten Maßänderungen. Insbesondere Schalungen sollten so montiert werden, dass Schwind- und Quellungsbewegungen möglichst wenig behindert sind,
- Diffusionsfähige Anstriche können die Holzoberfläche wirksam schützen; Holzkanten sollten abgefast werden, damit Anstriche dort gut haften.

(2) Darüber hinaus gelten für den vorbeugenden baulichen und chemischen Holzschutz die Normen DIN 68 800-2 und -3, wobei Ausführungen bevorzugt werden sollten, bei denen ein vorbeugender chemischer Holzschutz nicht erforderlich ist.

(3) Zur Verminderung von Schwindrissen und Maßänderungen wird - insbesondere in den Nutzungsklassen 1 und 2 - eine mittlere Einbaufeuchte von höchstens 20 % empfohlen.

(4) Ist die Holzfeuchte zum Zeitpunkt des vorgesehenen Einbaus wesentlich höher als die in der vorgesehenen Nutzungsklasse zu erwartende Ausgleichsfeuchte, so darf dieses Holz nur dann verwendet werden, wenn es nachtrocknen kann und die Bauteile selbst sowie die angrenzenden Bauteile gegenüber den hierbei auftretenden Schwindverformungen nicht empfindlich sind.

(5) Für die Beurteilung der ausreichenden natürlichen Dauerhaftigkeit gilt DIN 68 364.

5.3 Metallische Bauteile und Verbindungsmittel

(1) Die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von metallischen Bauteilen und Verbindungsmitteln erfordert Maßnahmen gegen Korrosion, die der zu erwartenden Beanspruchung genügen.

(2) Als Maßnahmen gegen Korrosion kommen z.B. Metallüberzüge und/oder Beschichtungen oder die Verwendung geeigneter nichtrostender Stähle in Betracht.

(3) Beispiele für Korrosionsschutzmaßnahmen sind - in Abhängigkeit von der Nutzungsklasse und der Korrosionsbelastung - in **Tabelle 5.1** angegeben. Andere, gleichwertige Maßnahmen sind zulässig.

(4) Korrosionsgefahr kann auch auftreten bei Kontakt mit gerbstoffreichen Hölzern (z.B. Eiche) und mit imprägnierten Hölzern. In diesen Fällen sollten die Mindestanforderungen nach **Tabelle 5.1**, Spalte 3 zugrunde gelegt werden

Tabelle 5.1: Mindestanforderungen an den Korrosionsschutz für metallische Bauteile und Verbindungsmittel

		mittlere Zinkschichtdicke in μm und/oder andere Schutzmaßnahme		
		1	2	3
1		Nutzungsklasse 1 sowie Nutzungsklasse 2 bei geringer Korrosionsbelastung ¹⁾	Nutzungsklasse 2 bei mäßiger Korrosionsbelastung ²⁾	Nutzungsklasse 3 sowie Nutzungsklasse 2 bei starker Korrosionsbelastung ³⁾
2	Nägeln, Stabdübel, Schrauben, Bolzen, Scheiben, Muttern, Dübel	keine ^{4),5)}	keine ^{4),5)}	55 ⁶⁾
3	Eingeklebte Stahlstäbe	keine ⁷⁾	keine ⁷⁾	55 ⁶⁾
4	Klammern	7	geeigneter nichtrostender Stahl ⁸⁾	geeigneter nichtrostender Stahl ⁸⁾
5	Nagelplatten ⁹⁾	20	25 plus Gelbchromatierung	geeigneter nichtrostender Stahl ⁸⁾
6	Stahlbleche mit einer Dicke bis zu 3 mm ^{9),10)}	20	20 plus Beschichtung nach DIN 55 928-8 oder 25 plus Gelbchromatierung	geeigneter nichtrostender Stahl ⁸⁾ oder Korrosionsschutz nach DIN 55 928-8
7	Stahlbleche mit einer Dicke zwischen 3 und 5 mm	7 ¹¹⁾	30 ¹¹⁾	geeigneter nichtrostender Stahl ⁸⁾ oder Korrosionsschutz nach DIN EN ISO 12 944-5

¹⁾ Umgebungsbedingungen C1 und C2 nach DIN EN ISO 12 944-2,

²⁾ Umgebungsbedingung C3 nach DIN EN ISO 12 944-2,

³⁾ Umgebungsbedingungen C4 und C5-I nach DIN EN ISO 12 944-2,

⁴⁾ Bei einseitigen Dübeln aus Stahlblech muss eine mittlere Zinkschichtdicke von mindestens 55 μm aufgebracht werden,

⁵⁾ Bei Stahlblech-Holzverbindungen mit außenliegenden Blechen müssen Nägel und Schrauben eine mittlere Zinkschichtdicke von mindestens 8 μm aufweisen,

⁶⁾ Bei sehr starker Korrosionsbelastung (z.B. Umgebungsbedingung C5-M nach DIN EN ISO 12944-2) sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich,

⁷⁾ Stahlstäbe mit außenliegenden Abschnitten müssen eine mittlere Zinkschichtdicke von mindestens 40 μm aufweisen,

⁸⁾ Z. B. nichtrostende Stähle für die Widerstandsklassen III und IV nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung,

- 9) Statt feuerverzinktem Blech darf auch Blech mit Zink-Aluminium-Überzügen gleicher Schichtdicke verwendet werden,
- 10) Stahlbleche mit einer Dicke bis zu 3 mm dürfen auch mit geschnittenen, unverzinkten Kanten eingesetzt werden,
- 11) Die übliche Mindestschichtdicke beim Stückverzinken beträgt 50 µm.

6 Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen

6.1 Allgemeines

(1) Schnittgrößen dürfen unter der Annahme linear-elastischen Baustoffverhaltens und linearer Last-Verschiebungs-Beziehungen der Verbindungen ermittelt werden.

(2) Schnittgrößen von Stabtragwerken dürfen nach Theorie I. Ordnung ermittelt werden, wenn sie sich durch Berücksichtigung des nichtlinearen Verhaltens von Bauteilen oder Verbindungen um nicht mehr als 10 % vergrößern würden.

(3) Eine Erhöhung der Schnittgrößen um nicht mehr als 10 % darf bei Stäben, die durch planmäßig mittigen Druck (Biegeknicken) beansprucht werden, vorausgesetzt werden, wenn sämtliche Stäbe des Systems die folgende Bedingung erfüllen:

$$\ell_{ef} \sqrt{\frac{N_d \gamma_M}{E_{0,05} \cdot I \cdot k_{mod}}} \leq 1,0 \quad (6.1)$$

Hierin bedeutet:

ℓ_{ef} Ersatzstablänge nach **Anhang K**.

(4) Ist die Bedingung nach Absatz (2) bzw. Gleichung (6.1) nicht eingehalten, sind die Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung zu ermitteln (siehe Abschnitt 6.3), oder es ist das Ersatzstabverfahren anzuwenden (siehe Abschnitt 6.2).

(5) Kriechen braucht nur im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit berücksichtigt zu werden, es sei denn, der Einfluss ist auch im Grenzzustand der Tragfähigkeit von Bedeutung, z.B. bei gemeinsamer Verwendung von Baustoffen mit sehr unterschiedlichem Kriechverhalten.

(6) Der Einfluss des Baugrundverhaltens auf das Tragverhalten eines Tragwerks muss nur dann beachtet werden, wenn er sich auf die Beanspruchungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit wesentlich auswirkt (Richtwert 10%).

(7) Die unter Verwendung des linear-elastischen Verfahrens ermittelten Momente aus Beanspruchungen quer zur Stabachse dürfen für die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit umgelagert werden, wobei die sich daraus ergebenden Schnittgrößen mit den aufgetragenen Lasten im Gleichgewicht stehen müssen.

(8) Die Größe des umgelagerten Moments darf nicht mehr als 10 % der Größe des Ausgangsmoments vor der Umlagerung betragen.

(9) Die Auswirkungen einer Momentenumlagerung müssen bei der Bemessung berücksichtigt werden. Dies gilt insbesondere für die Bemessung für Biegung und Querkraft sowie für die Bemessung der Verbindungen.

6.2 Linear elastische Berechnung

6.2.1 Allgemeines

(1) Der Abschnitt 6.2 bezieht sich auf Einzelstäbe oder Stäbe von Tragwerken, deren Tragfähigkeit wesentlich durch ihre Verformungen beeinflusst wird.

(2) Der Nachweis von Tragwerken, bei denen Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung zu berücksichtigen sind, muss sicherstellen, dass für die ungünstigste Einwirkungskombination im Grenzzustand der Tragfähigkeit der Verlust des statischen Gleichgewichts (örtlich oder für das Gesamttragwerk) nicht auftritt und der

Grenzzustand der Tragfähigkeit einzelner Querschnitte oder Verbindungen, die durch Biegung und Normalkräfte beansprucht werden, nicht überschritten wird.

(3) Für Tragwerke, deren räumliches Tragverhalten bekannt ist, dürfen die Schnittgrößen am unverformten System (Theorie I. Ordnung) und ohne Ansatz von Imperfektionen berechnet werden. Diese Einflüsse sind dann durch zusätzliche Ersatzlasten (Aussteifungslasten) bzw. bei der Spannungsermittlung durch Beiwerte zu berücksichtigen. Die Ersatzlasten sind wie die Einwirkungen zu behandeln, die sie verursachen.

(4) Die Beiwerte sind gegebenenfalls für beide Hauptquerschnittsachsen zu berechnen. Der jeweils ungünstigere Wert ist bei der Ermittlung der Beanspruchungen anzusetzen.

(5) Die Beiwerte für die Beanspruchung aus Normalkraft und für Biegebeanspruchung dürfen unabhängig voneinander ermittelt werden.

6.2.2 Vereinfachte Berechnung von Druckstäben (Ersatzstabverfahren)

(1) Für einen planmäßig mittig durch Druckkräfte beanspruchten Stab dürfen die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung berechnet werden. Abschnitt 8.3.1 gibt ein Verfahren zum Nachweis knickgefährdeter Stäbe mit beidseitig gelenkiger Lagerung mit über die Länge konstanter Normalkraft und konstantem Rechteckquerschnitt an.

(2) Das Verfahren nach Abschnitt 8.3.1 darf auch für Stäbe mit von Absatz (1) abweichenden Randbedingungen, Querschnittsformen, mit veränderlicher Normalkraft und über die Länge veränderlichem Querschnitt angewendet werden, wenn anstelle der Stablänge eine Ersatzstablänge (Knicklänge) nach **Anhang K** benutzt wird.

(3) Bei Stäben mit linear veränderlichen Querschnitten dürfen die Querschnittswerte im Abstand der 0,65fachen Stablänge vom Stabende mit dem kleineren Stabquerschnitt und der Größtwert der Normalkraft im Stab dem Nachweis zugrunde gelegt werden.

(4) Die seitlichen Verformungen von Druckstäben dürfen durch Zwischenabstützungen so begrenzt werden, dass als Ersatzstablänge der Druckstäbe der Abstand a der seitlichen Abstützungen angesetzt werden darf (siehe **Bild 6.1**). Die spannungslose Vorkrümmung zwischen den Einzelabstützungen darf $a/500$ bei Stäben aus Brettschicht- und Furnierschichtholz und $a/300$ bei Stäben aus Vollholz und Balkenschichtholz nicht überschreiten.

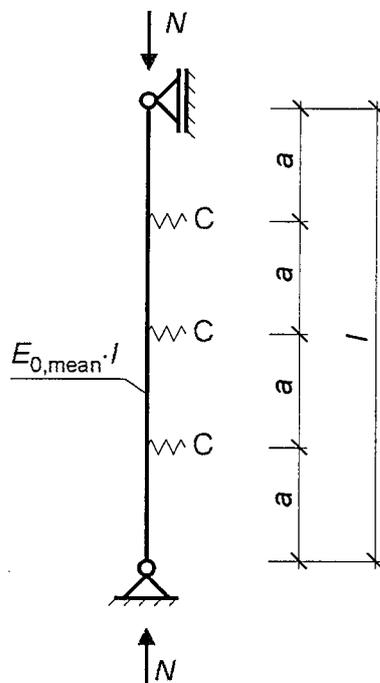


Bild 6.1: Beispiel eines Druckstabes mit Einzelabstützungen

(5) Jede Einzelabstützung muss eine Steifigkeit von mindestens

$$C = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E_{0,mean} \cdot I}{a^3} \quad (6.2)$$

aufweisen.

(6) Für die infolge der Imperfektionen durch den Druckstab verursachten Einwirkungen auf die Zwischenabstützungen, die zur Begrenzung seiner Verformungen dienen, darf die folgende Ersatzlast angesetzt werden:

$$F_d = N_d \cdot (1 - k_c) / 50 \quad \text{für Vollholz und Balkenschichtholz} \quad (6.3)$$

$$F_d = N_d \cdot (1 - k_c) / 80 \quad \text{für Brett- und Furnierschichtholz} \quad (6.4)$$

Hierin ist N_d der Bemessungswert der mittleren Normalkraft im Druckstab. Der Knickbeiwert k_c ist für den nicht ausgesteiften Druckstab wie für Druckstäbe mit planmäßig mittigem Druck nach Abschnitt 8.3.1 zu berechnen.

(7) Die Aussteifungskonstruktion für die Einzelabstützungen darf, falls kein genauere Nachweis geführt wird, zusätzlich zu etwaigen anderen Einwirkungen für eine als gleichmäßig verteilt angenommene Ersatzlast q_d bemessen werden:

$$q_d = \frac{N_d \cdot (1 - k_c)}{40 \cdot \ell} \quad (6.5)$$

6.2.3 Vereinfachte Berechnung von Biegestäben (Ersatzstabverfahren)

(1) Für einen durch einachsige Biegung beanspruchten Biegestab dürfen die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung berechnet werden. Abschnitt 8.3.2 gibt ein Verfahren zum Nachweis kippgefährdeter Stäbe mit beidseitiger Gabellagerung und über die Stablänge konstantem Biegemoment und konstantem Rechteckquerschnitt an.

(2) Die Gabellagerung sollte so bemessen werden, dass sie mindestens ein Moment

$$T_d = M_d / 80 \quad (6.6)$$

aufnehmen kann.

Hierin bedeutet:

M_d Bemessungswert des Biegemomentes des Trägers.

(3) Das Verfahren nach Abschnitt 8.3.2 darf auch für Stäbe mit von Absatz (1) abweichenden Randbedingungen und Querschnittsformen, mit veränderlichem Moment und über die Länge veränderlichem Querschnitt angewendet werden, wenn die kritischen Kippmomente nach **Anhang K** in Ansatz gebracht werden.

(4) Bei Stäben mit linear veränderlichen Querschnitten dürfen die Querschnittswerte im Abstand der 0,65fachen Stablänge vom Stabende mit dem kleineren Stabquerschnitt und der Größtwert des Biegemoments im Stab dem Nachweis zugrunde gelegt werden.

(5) Die seitlichen Verformungen von Biegeträgern dürfen durch Zwischenabstützungen des Druckgurtes so begrenzt werden, dass als Ersatzlänge der Biegeträger der Abstand der Zwischenabstützungen a angesetzt werden darf. Die spannungslose Vorkrümmung zwischen den Einzelabstützungen darf $a/500$ bei Brett- und Furnierschichtholzstäben und $a/300$ bei Vollholz- und Balkenschichtholzstäben nicht überschreiten.

(6) Für die infolge der Imperfektionen durch den Druckgurt des Biegeträgers verursachten Einwirkungen auf die Zwischenabstützungen, die zur Begrenzung seiner Verformungen dienen, darf die Ersatzlast nach Gleichung (6.3) bzw. (6.4) angesetzt werden, wenn die Zwischenabstützung eine Federsteifigkeit mindestens der Größe nach Gleichung (6.2) aufweist. Dabei darf für N_d die mittlere Normalkraft im Druckgurt des Biegeträgers eingesetzt werden mit

$$N_d = (1 - k_m) \cdot M_d / h \quad (6.7)$$

Hierin bedeuten:

k_m Kippbeiwert nach Gleichung (8.25a,b,c) für den nicht ausgesteiften Biegeträger,

M_d Bemessungswert des größten Biegemoments im Träger,

h Trägerhöhe.

(7) Für eine Reihe von n parallelen Biegeträgern oder Fachwerkträgern, deren Druckgurte durch einen Aussteifungsverband in den Punkten A, B usw. seitlich abgestützt werden (siehe **Bild 6.2**), darf, falls kein genauerer Nachweis geführt wird, die Aussteifungskonstruktion alternativ zu 6.2.3(6) zusätzlich zu etwaigen horizontalen Einwirkungen für eine Ersatzlast q_d bemessen werden:

$$q_d = k_\ell \cdot \frac{n \cdot N_d}{30 \cdot \ell} \quad (6.8)$$

mit

$$k_\ell = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \sqrt{\frac{15}{\ell}} \end{array} \right. \quad (6.9)$$

Bei Fachwerkträgern ist N_d der Bemessungswert für die mittlere Normalkraft im Druckgurt mit der Gesamtlänge ℓ in m. Die mittlere Normalkraft im Druckgurt eines Biegeträgers darf nach Gleichung (6.7) berechnet werden.

(8) Die rechnerische Ausbiegung der Aussteifungskonstruktion aus q_d und anderen äußeren Einwirkungen darf $d/700$ nicht überschreiten.

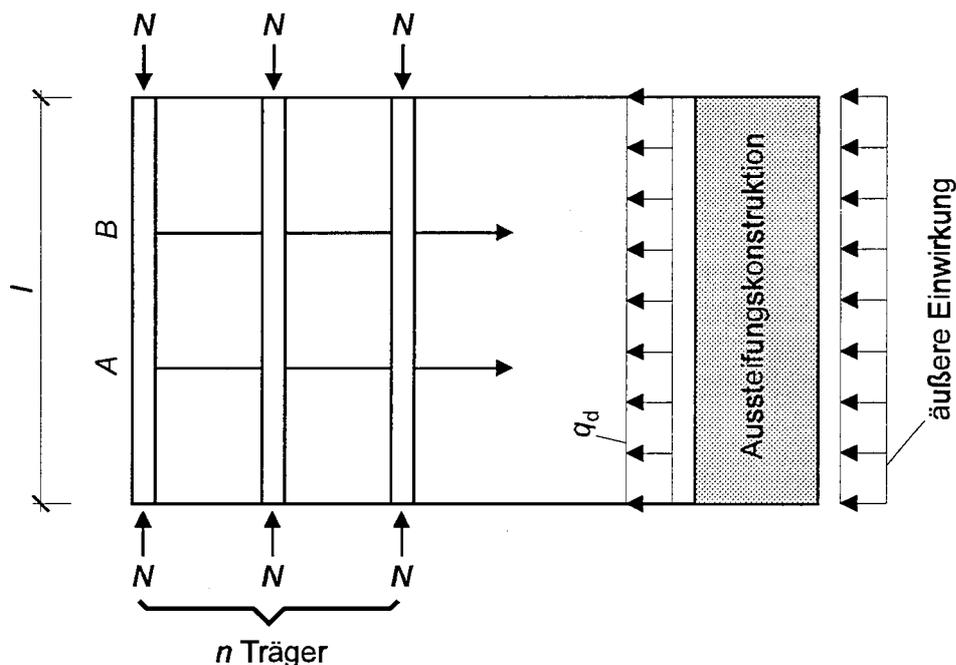


Bild 6.2: Aussteifung der Druckgurte von Biege- oder Fachwerkträgern

6.2.4 Biegung mit Normalkraft

(1) Für einen durch Normalkräfte und Biegemomente beanspruchten Stab dürfen die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung ermittelt werden. Ein Rechenverfahren für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist im Abschnitt 8.3.3 angegeben.

(2) Bei Stäben mit linear veränderlichen Querschnitten dürfen die Querschnittswerte im Abstand der 0,65fachen Stablänge vom Stabende mit dem kleineren Stabquerschnitt und die Größtwerte des Biegemomentes und der Normalkraft im Stab dem Nachweis zugrunde gelegt werden.

6.3 Nichtlineare elastische Berechnung (Theorie II.Ordnung)

6.3.1 Allgemeines

(1) Der Abschnitt 6.3 bezieht sich auf Einzelstäbe oder Stäbe von Tragwerken, deren Tragfähigkeiten wesentlich durch ihre Verformungen beeinflusst werden.

(2) Der Nachweis der Stabilität von Tragwerken, bei denen Auswirkungen nach Theorie II.Ordnung zu berücksichtigen sind, muss sicherstellen, dass für die ungünstigste Einwirkungskombination im Grenzzustand der Tragfähigkeit der Verlust des statischen Gleichgewichts (örtlich oder für das Gesamttragwerk) nicht auftritt und der Grenzzustand der Tragfähigkeit einzelner Querschnitte oder Verbindungen, die durch Biegung und Längskräfte beansprucht werden, nicht überschritten wird.

(3) Die Tragfähigkeit muss für jede Richtung, in der ein Versagen auftreten kann, nachgewiesen werden.

(4) Bei der Berechnung der Schnittgrößen des Tragwerks ist der Einfluss der Verformungen auf die Schnittgrößen zu berücksichtigen. Hierfür sind die Steifigkeitswerte aus den Nennwerten der Querschnittsmaße und den durch den Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,3$ dividierten 5%-Fraktilen der Elastizitäts- und Schubmoduln zu verwenden.

(5) Die Nachgiebigkeit der Verbindungen ist mit dem Verschiebungsmodul

$$K = \frac{2}{3} \cdot \frac{K_{ser}}{\gamma_M} \quad (6.10)$$

zu berücksichtigen.

(6) Der Einfluss geometrischer und struktureller Imperfektionen ist zu berücksichtigen, wenn sie zu einer wesentlichen Vergrößerung der Beanspruchung führen.

(7) Zur Berücksichtigung beider Imperfektionen dürfen geometrische Ersatzimperfektionen angenommen werden. Man unterscheidet zwischen Vorkrümmungen (siehe Abschnitt 6.3.2) und Vorverdrehungen (siehe Abschnitt 6.3.3).

(8) Ersatzimperfektionen müssen nicht den geometrischen Randbedingungen des Systems entsprechen.

Anmerkung 1: Ersatzimperfektionen können auch durch den Ansatz gleichwertiger Ersatzlasten berücksichtigt werden.

Anmerkung 2: Ersatzimperfektionen decken neben den geometrischen Imperfektionen auch den Einfluss der Abweichungen zwischen dem geometrischen und dem tatsächlichen Querschnittsschwerpunkt, verursacht z. B. durch die Inhomogenität des Baustoffes ab. Weitere mögliche Einflüsse auf die Traglast wie die Nachgiebigkeit von Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln oder die Nachgiebigkeit bei Gründungen sowie der Einfluss von Schubverformungen sind damit nicht abgedeckt.

6.3.2 Vorkrümmung

(1) Eine wahrscheinliche Vorkrümmung des unbelasteten Tragwerks ist durch eine sinus- oder parabelförmige Vorkrümmung der Stabachsen von Druckstäben oder der Druckgurte von Biegeträgern mit einer ungewollten Ausmitte e – i. allg. in Stabmitte oder ggf. zwischen Knotenpunkten - zu berücksichtigen. Anstelle der Vorkrümmung des Druckgurtes darf bei Biegeträgern auch eine Vorkrümmung der Stabachse angesetzt werden.

(2) Als Rechenwert der Ausmitte e sollte angenommen werden:

$$e = 0,0025 \cdot \ell \quad (6.11)$$

Hierin bedeutet:

ℓ Stablänge oder ggf. Abstand der Knotenpunkte.

(3) Bei verschieblichen Rahmensystemen brauchen keine Vorkrümmungen angesetzt zu werden.

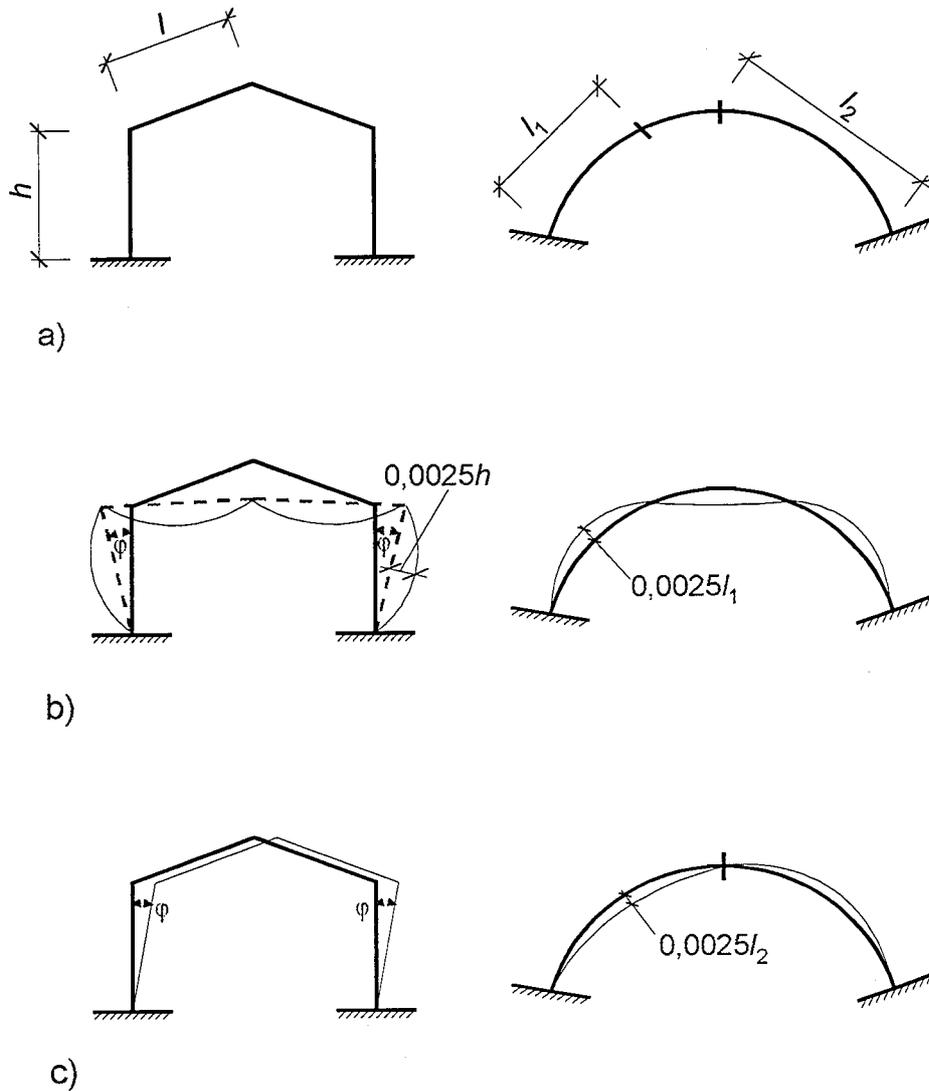


Bild 6.3 : Beispiele angenommener spannungsloser Vorverformungen für Rahmen und Bögen
a) Systeme b) symmetrische Vorverformungen c) antisymmetrische Vorverformungen

6.3.3 Vorverdrehung

(1) Eine ungewollte Schrägstellung der Stiele des unbelasteten Tragwerks ist für solche Stäbe und Stabzüge anzunehmen, die am verformten Stabwerk Stabdrehwinkel aufweisen können und die durch Normalkräfte beansprucht werden. Eine ungewollte Schrägstellung ist durch eine Vorverdrehung der Stiele unter einem Winkel φ zu berücksichtigen (siehe **Bild 6.3**).

(2) Als Rechenwert des Schrägstellungswinkels φ im Bogenmaß darf angenommen werden:

$$\varphi = 0,005 \quad \text{für } h \leq 5 \text{ m} \quad (6.12a)$$

$$\varphi = 0,005 \cdot \sqrt{5/h} \quad \text{für } h > 5 \text{ m} \quad (6.12b)$$

Hierin bedeutet:

h Tragwerkshöhe in m.

6.4 Zusammengesetzte Bauteile (Verbundbauteile)

6.4.1 Allgemeines

(1) Für Berechnungen darf eine geradlinige Beziehung zwischen Kräften und Verformungen angenommen werden.

(2) Für geklebte Verbundbauteile ist eine geradlinige Dehnungsverteilung über die Querschnittsfläche anzunehmen.

(3) Wenn der Querschnitt eines tragenden Bauteils aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzt ist, die durch mechanische Verbindungsmittel, Zwischen- oder Bindehölzer oder Vergitterungen verbunden sind, ist der Einfluss der Nachgiebigkeit in den Verbindungen zu berücksichtigen. Ein Verfahren ist in Abschnitt 6.4.2 angegeben.

(4) Bestehen die Teilquerschnitte eines Verbundbauteils aus unterschiedlichen Baustoffen, ist bei der Ermittlung der Schnittgrößen der Teilquerschnitte das unterschiedliche Verformungsverhalten dieser Baustoffe während der Nutzungsdauer zu berücksichtigen. Die Schnittgrößen sind erforderlichenfalls für den Anfangs- und den Endzustand zu berechnen.

(5) Beim Nachweis für den Anfangszustand ist:

$$E_i = E_{\text{mean}, i} \quad (6.13)$$

(6) Beim Nachweis für den Endzustand dürfen die Elastizitäts- und Schubmoduln vereinfachend durch die Werte $(1 + k_{\text{def}})$ dividiert werden, wobei die jeweiligen Beiwerte k_{def} für die Klasse der Lasteinwirkungsdauer ständig (siehe Abschnitt 4.1.2, Tabelle 4.1 und Tabelle M.2, Anhang M) zugrunde gelegt werden dürfen:

$$E_i = \frac{E_{\text{mean}, i}}{1 + k_{\text{def}, i}} \quad (6.14)$$

(7) Für Teilquerschnitte aus Beton darf der Elastizitätsmodul nach DIN 1045 angesetzt werden. Beim Nachweis für den Endzustand darf vereinfachend das Kriechen des Betonteilquerschnitts durch Division des Elastizitätsmoduls durch 3,5 berücksichtigt werden.

(8) Der Einfluss ungleichmäßiger Spannungsverteilung über die Beplankungsbreite von Verbundbauteilen infolge Schubverformungen und Ausbeulen ist zu berücksichtigen.

(9) Tafелеlemente dürfen vereinfachend als eine Anzahl von I-Trägern bzw. C-Trägern mit einer wirksamen Beplankungsbreite b_{ef} betrachtet werden (siehe Bild 6.4). Dabei ist:

$$b_{\text{ef}} = b_{\text{c,ef}} + b_{\text{w}} \quad (\text{oder } b_{\text{t,ef}} + b_{\text{w}}) \quad (6.15)$$

oder

$$b_{\text{ef}} = 0,5 \cdot b_{\text{c,ef}} + b_{\text{w}} \quad (\text{oder } 0,5 \cdot b_{\text{t,ef}} + b_{\text{w}}) \quad (6.16)$$

Die wirksamen Breiten $b_{\text{c,ef}}$ bzw. $b_{\text{t,ef}}$ sollten nicht größer angenommen werden als der unter Berücksichtigung der Schubverformung berechnete Größtwert. Außerdem sollte $b_{\text{c,ef}}$ nicht größer angenommen werden als der unter Berücksichtigung des Ausbeulens der Beplankung berechnete Größtwert.

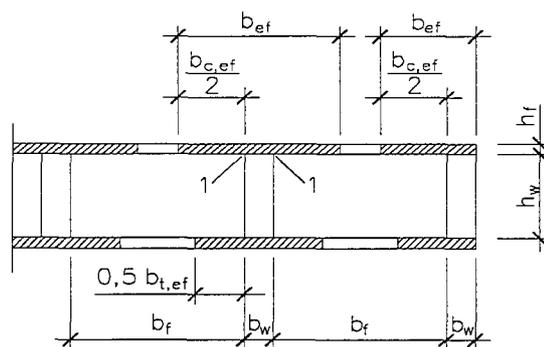


Bild 6.4: Wirksame Beplankungsbreiten eines Tafелеlementes

(10) Bei quer zur Spannrichtung der Tafелеlemente gleichmäßig verteilter Last oder wenn eine gleichmäßige Verteilung angenommen werden kann, z.B. bei Vorhandensein von Querrippen mit annähernd gleichen Querschnittsmaßen wie die Längsrippen, dürfen die mitwirkenden Rand- und Mittelbereiche einer Tafel zu einem Querschnitt zusammengefasst werden. Andernfalls sind alle Nachweise für jeden Bereich getrennt zu führen.

(11) Die Größtwerte der wirksamen Breite $b_{\text{c,ef}}$ (oder $b_{\text{t,ef}}$) der Beplankung von Tafелеlementen unter Berücksichtigung der Schubverformung und des Ausbeulens sind in Tabelle 6.1 angegeben wobei l die Feldlänge oder Teilfeldlänge ist.

Tabelle 6.1: Größtwerte der wirksamen Breite $b_{c,ef}$ (oder $b_{t,ef}$) der Beplankung unter Berücksichtigung der Schubverformung und des Ausbeulens

	1	2	3	4	5	6	7
1	Beplankung	$\frac{E_{mean}}{G_{mean}} \leq$	Berücksichtigung der Schubverformung				Berücksichtigung des Ausbeulens
			bei Gleichstreckenlast	im Eintragungsbereich von Einzellasten $b_f/l \leq 0,4$			
			$b_f/l \leq 0,4$	$l/c_F \leq 5$	$l/c_F \leq 10$	$l/c_F \leq 20$	
2	Baufurniersperrholz mit der Faserrichtung der Deckfurniere:	10	0,2·l	0,1·l	0,05·l	0	20·h _f
	– parallel zu den Stegen						
3	– rechtwinklig zu den Stegen	7	0,2·l	0,15·l	0,1·l	0,05·l	25·h _f
4	Furnierschichtholz mit Querläufern und mit der Faserrichtung der Deckfurniere:	17	0,15·l	0,05·l	0,05·l	0	20·h _f
	– parallel zu den Stegen						
5	– rechtwinklig zu den Stegen	4	0,25·l	0,2·l	0,15·l	0,1·l	25·h _f
6	OSB-Platten und zementgebundene Holzspanplatten,	6	0,25·l	0,15·l	0,1·l	0,05·l	25·h _f
7	Kunstharzgebundene Holzspanplatten und Holzfaserverplatten	2,5	0,3·l	0,25·l	0,2·l	0,15·l	25·h _f

(12) Als Feldlänge l ist bei Deckentafeln der Abstand der Biegemomentennullpunkte ohne Berücksichtigung der feldweisen Veränderung von Lasten (bei Tafeln auf zwei Stützen ohne Auskrägung die Stützweite) und bei knickbeanspruchten Tafeln die maßgebende Knicklänge einzusetzen. Bei nicht vernachlässigbaren Ausparungen oder anderen Unterbrechungen der Beplankung quer zur Spannrichtung der Tafel (z.B. Beplankungsstöße) dürfen höchstens die durch die Unterbrechung begrenzten Teilfeldlängen eingesetzt werden.

(13) Das Maß c_F ist die Summe aus der Lastaufstandslänge in Spannrichtung der Tafel und der zweifachen Gesamtquerschnittshöhe ($h_w + 2h_f$) der Tafel.

(14) Liegt die Lastwirkungslinie näher als das Maß b_f an einem Biegemomentennullpunkt oder ist $l/c_F > 20$, so ist $b_{c,ef}$ (oder $b_{t,ef}$) = 0 zu setzen.

(15) Im Bereich der Stützmomente durchlaufender oder auskragender Tafeln ist bei der Bestimmung der mittragenden Breite stets von Einzellasten auszugehen.

(16) Beim Durchbiegungsnachweis und bei der Ermittlung der Schnittkräfte darf stets die mitwirkende Breite für Gleichstreckenlast eingesetzt werden.

6.4.2 Verbundbauteile aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen

(1) Für mechanische Verbindungsmittel ist für Berechnungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit der Verschiebungsmodul K_u anzunehmen zu:

$$K_u = 2 \cdot K_{ser} / 3 \quad (6.17)$$

Rechenwerte für K_{ser} sind in **Anhang V, Teil 1** angegeben.

(2) Werden die Verbindungsmittelabstände entsprechend der Querkraftlinie zwischen s_{min} und s_{max} ($\leq 4 s_{min}$) abgestuft, dann darf der folgende wirksame Verbindungsmittelabstand s_{ef} verwendet werden:

$$s_{ef} = 0,75 \cdot s_{min} + 0,25 \cdot s_{max} \quad (6.18)$$

(3) Die Schnittgrößen der Teilquerschnitte von durch Biegung beanspruchten Verbundbauteilen nach **Bild 6.5** aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen dürfen nach dem folgenden Näherungsverfahren berechnet werden. Dabei darf die Biegesteifigkeit von Teilquerschnitten aus Beton unter Annahme einer ungerissenen Zugzone ermittelt werden.

(4) Die wirksame Biegesteifigkeit ergibt sich zu:

$$(E \cdot I)_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i \cdot I_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2) \quad (6.19)$$

$$A_i = b_i \cdot h_i \quad (6.20a)$$

$$I_i = b_i \cdot h_i^3 / 12 \quad (6.20b)$$

Bei Tafелеlementen ist b_{ef} anstelle von b_i einzusetzen (siehe Abschnitt 6.4.1).

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_i = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_i \cdot A_i \cdot s_i}{K_i \cdot \ell^2}} \quad \text{für } i = 1 \text{ und } i = 3 \quad (6.21)$$

Die Verschiebungsmoduln K_i dürfen angenommen werden zu

$$K_i = \frac{2}{3} \cdot K_{i,ser} \quad (6.22)$$

$E_{1(3)} \cdot A_{1(3)}$ ist die Dehnsteifigkeit des Querschnittsteils 1 (3), das an das Querschnittsteil 2 nachgiebig angeschlossen ist.

$K_{1(3)} / s_{1(3)}$ ist die Fugensteifigkeit der Fuge, über die Querschnittsteil 1 (3) an das Querschnittsteil 2 angeschlossen ist.

$s_{1(3)}$ Abstand der in eine Reihe geschoben gedachten Verbindungsmittel der Fuge, über die Querschnittsteil 1 (3) an das Querschnittsteil 2 angeschlossen ist. Bei konstantem Verbindungsmittelabstand s ergibt sich bei z. B. zwei Reihen von Verbindungsmitteln: $s_{1(3)} = s/2$.

ℓ ist bei Einfeldträgern gleich der Stützweite ℓ .

$\ell = 0,8 \cdot \ell_1$ für das Feld i (mit der Stützweite ℓ_1) eines Durchlaufträgers; für den Nachweis über den Zwischenstützen ist der jeweils kleinere Wert der beiden anschließenden Felder maßgebend.

$\ell = 2 \cdot \ell_k$ für Kragträger mit der Kraglänge ℓ_k .

(5) Die Lage der Spannungsnullebene ergibt sich zu

$$a_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot (h_1 + h_2) - \gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot (h_2 + h_3)}{\sum_{i=1}^3 \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i} \quad (6.23)$$

Für den Querschnittstyp B sind h_1 und h_3 mit einem Minuszeichen einzusetzen.

Gl. (6.23) ist auch für Querschnittstyp C gültig, wenn $A_3 = 0$ gesetzt wird.

Es wird vorausgesetzt, dass $a_2 \geq 0$ und $\leq h_2/2$.

(6) Die Bemessungswerte der Normalkräfte in den Querschnittsteilen 1 bis 3 betragen:

$$N_{i,d} = \frac{M_d}{(E \cdot I)_{ef}} \cdot \gamma_i \cdot a_i \cdot E_i \cdot A_i \quad (6.24)$$

(7) Die Bemessungswerte der Biegemomente in den Querschnittsteilen 1 bis 3 betragen:

$$M_{i,d} = \frac{M_d}{(E \cdot I)_{ef}} \cdot E_i \cdot I_i \quad (6.25)$$

(8) Der Bemessungswert des Schubflusses in der neutralen Ebene des Querschnittsteils 2 ergibt sich zu:

$$\tau_{2,max,d} = \frac{V_{max,d} \cdot (\gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot a_3 + 0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot h^2)}{(E \cdot I)_{ef} \cdot b_2} \quad (6.26)$$

mit h siehe **Bild 6.5**.

(9) Der Bemessungswert des Schubflusses in der Fuge 1 (3) berechnet sich zu:

$$F_{1(3),d} = \frac{V_{max,d} \cdot \gamma_{1(3)} \cdot E_{1(3)} \cdot A_{1(3)} \cdot a_{1(3)} \cdot s_{1(3)}}{(E \cdot I)_{ef}} \quad (6.27)$$

(10) Verbundbauteile aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen dürfen auch nach den in **Anhang F** angegebenen Verfahren berechnet werden.

6.5 Stabtragwerke

6.5.1 Allgemeines

(1) Stabtragwerke dürfen für die Ermittlung der Schnittgrößen durch Balkenelemente dargestellt werden, die entlang der Systemlinien verlaufen und in den Knotenpunkten miteinander verbunden sind (wie z.B. in **Bild 6.6**).

(2) Die Systemlinien der Stäbe müssen mit ihren Achsen übereinstimmen.

(3) Beanspruchungen, die durch ausmittige Anschlüsse hervorgerufen werden, sind zu berücksichtigen. Fiktive Balkenelemente können zur Darstellung ausmittiger Anschlüsse oder Auflager verwendet werden.

(4) In der Berechnung darf das geometrisch nichtlineare Verhalten eines auf Druck beanspruchten über mehrere Knoten durchgehenden Stabes (Knicken) vernachlässigt werden, wenn ein Knicknachweis bei der Bemessung des Einzelstabes geführt wird.

6.5.2 Vereinfachte Berechnung von Fachwerken

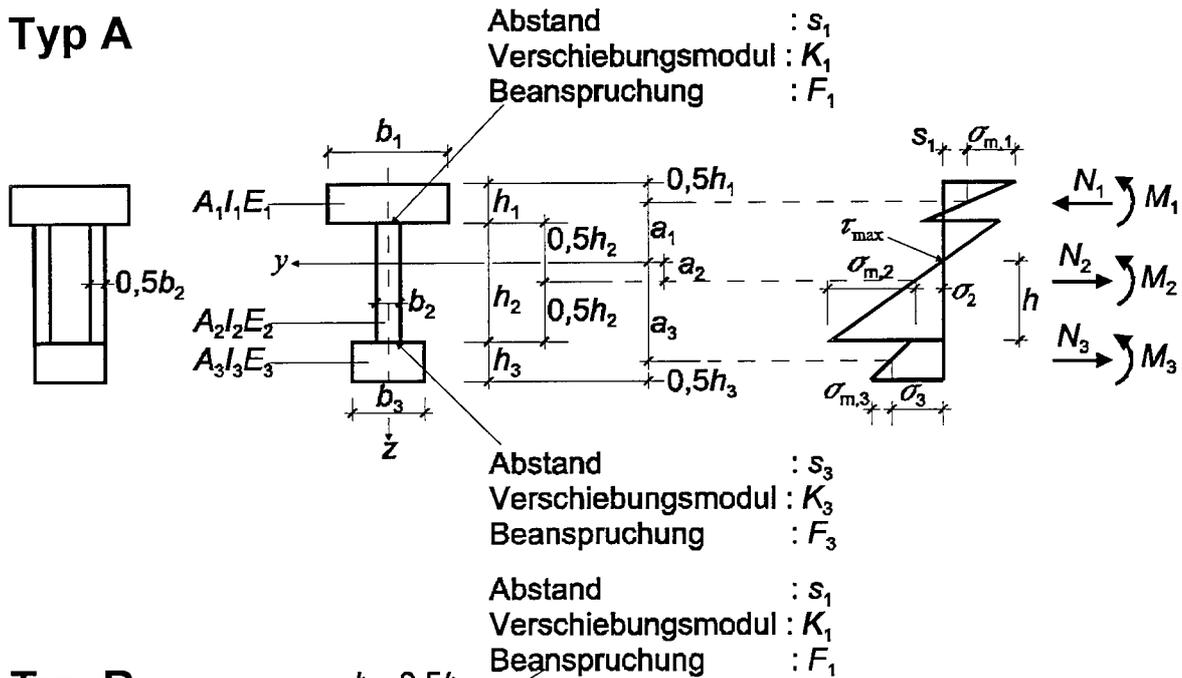
(1) Anstelle einer ausführlichen Berechnung darf für Fachwerkträger, die ausschließlich aus Dreiecken aufgebaut sind, ein vereinfachter Nachweis geführt werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- ein Teil der Auflagerfläche liegt unterhalb des Auflagerknotenpunktes,
- die Höhe des Fachwerkträgers ist größer als 15% seiner Spannweite und größer als das 7-fache der größten Gurthöhe.

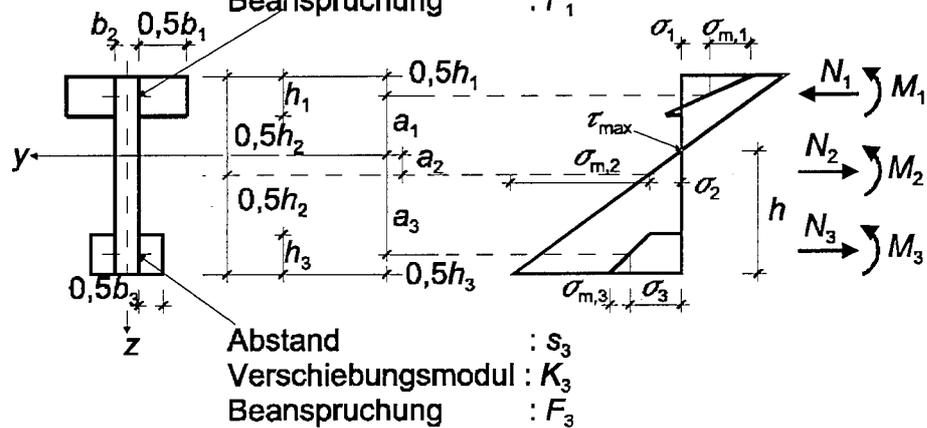
(2) Die Stabnormalkräfte sind mit einem Fachwerkmodell mit gelenkigen Verbindungen zu bestimmen.

(3) Die Biegemomente der Fachwerkstäbe sind ebenfalls unter der Annahme gelenkiger Verbindungen in den Knotenpunkten zu ermitteln.

Typ A



Typ B



Typ C

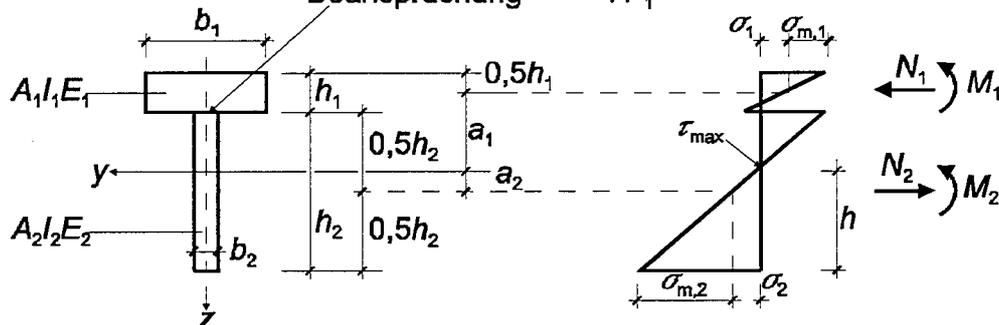


Bild 6.5 : Querschnitte aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen

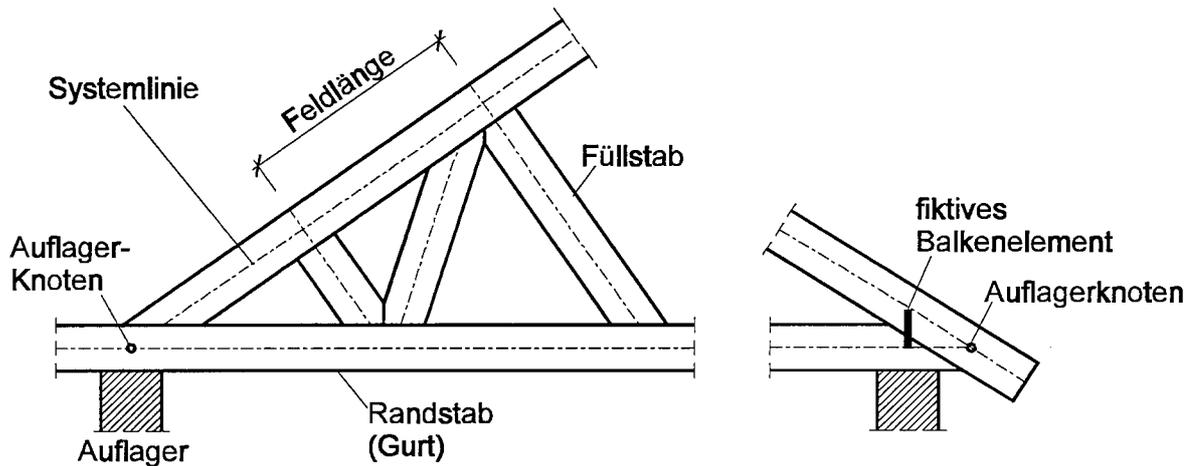


Bild 6.6 : Beispiele für den Aufbau von Fachwerkträgern mit Elementen für die Berechnung

6.5.3 Ausführliche Berechnung von Fachwerken

- (1) Bei der Berechnung von Fachwerken, die den Bedingungen des Abschnittes 6.5.2 nicht genügen, sind die Steifigkeiten und Verformungen der Stäbe, die Nachgiebigkeit der Verbindungen, der Einfluss von Auflagerausmitten sowie die Steifigkeit der Unterkonstruktion bei der Ermittlung der Stabkräfte und -momente und bei der Bestimmung der Beanspruchung der Verbindungen zu berücksichtigen.
- (2) Die Systemlinien der Gurt- und Füllstäbe sollten mit den Stabachsen übereinstimmen. Andernfalls ist der Einfluss der Ausmitte bei der Bemessung der Stäbe zu berücksichtigen.
- (3) Bei der Berechnung sind die Mittelwerte der Steifigkeitskennwerte der Bauteile und die Mittelwerte der Verschiebungsmoduln der Verbindungen zugrunde zu legen. Die Steifigkeit fiktiver Balkenelemente sollte entsprechend der Steifigkeit benachbarter Elemente angenommen werden.
- (4) Verbindungen dürfen im allgemeinen als gelenkig angenommen werden.
- (5) Bei flächigen Verbindungen, z.B. Nagelplattenverbindungen, dürfen die Stäbe im allgemeinen als gelenkig im Schwerpunkt der jeweils zugehörigen Anschlussfläche miteinander verbunden angenommen werden. Sofern das Tragwerk hierdurch kinematisch wird, ist für eine hinreichende Anzahl von Anschlüssen deren Drehsteifigkeit zu berücksichtigen.
- (6) Bei der Berechnung von Fachwerken mit Knotenplatten-, Knotenblech- oder Nagelplattenverbindungen ist im allgemeinen davon auszugehen, dass Kontaktkräfte zwischen den Stäben nicht auftreten. Ausgenommen sind faserparallele Stöße und rechtwinklige Anschlüsse von Füllstäben an die Gurtstäbe.

6.5.4 Knicklängen der Stäbe von Fachwerken

- (1) Als Knicklänge der Gurtstäbe von Fachwerkträgern ist für das Knicken in der Fachwerkebene die Länge der Systemlinien einzusetzen. Bei Füllstäben darf mit $l_{ef} = 0,8 \cdot l$ gerechnet werden; mit l als Länge ihrer Systemlinie. Ist ein Füllstab jedoch nur mittels Versatz oder durch Dübel besonderer Bauart mit einem Bolzen oder nur durch Bolzen angeschlossen, so gilt $l_{ef} = l$.
- (4) Für das Knicken aus der Fachwerkebene ist als Knicklänge bei Gurtstäben der Abstand der Queraussteifungen und bei Füllstäben stets die Länge der Systemlinie einzusetzen. Hierzu siehe auch Abschnitt 6.2.2.

6.5.5 Stabtragwerke

- (1) Für die Berechnung von Stabtragwerken gelten die Bestimmungen des Abschnittes 6.5.3 sinngemäß.

6.6 Flächentragwerke

6.6.1 Allgemeines

(1) Die Schnittgrößen von Flächentragwerken oder von Flächen, die Teile von Stabwerken (z.B.: Stege oder Druckplatten) sind, dürfen mit linear-elastischem Materialverhalten und den Mittelwerten der Steifigkeiten berechnet werden. Die Steifigkeitswerte sind in Richtung der Hauptachsen unter Berücksichtigung des Querschnittsaufbaues zu ermitteln.

(2) Ebene Flächen dürfen für Lasten in der Ebene als Scheiben und für Lasten rechtwinklig zur Ebene als Platten oder Trägerroste berechnet werden.

(3) Die Scheiben- und Plattenschnittgrößen sowie die Normal- und Schubspannungen werden nach **Bild 6.7** bezeichnet.

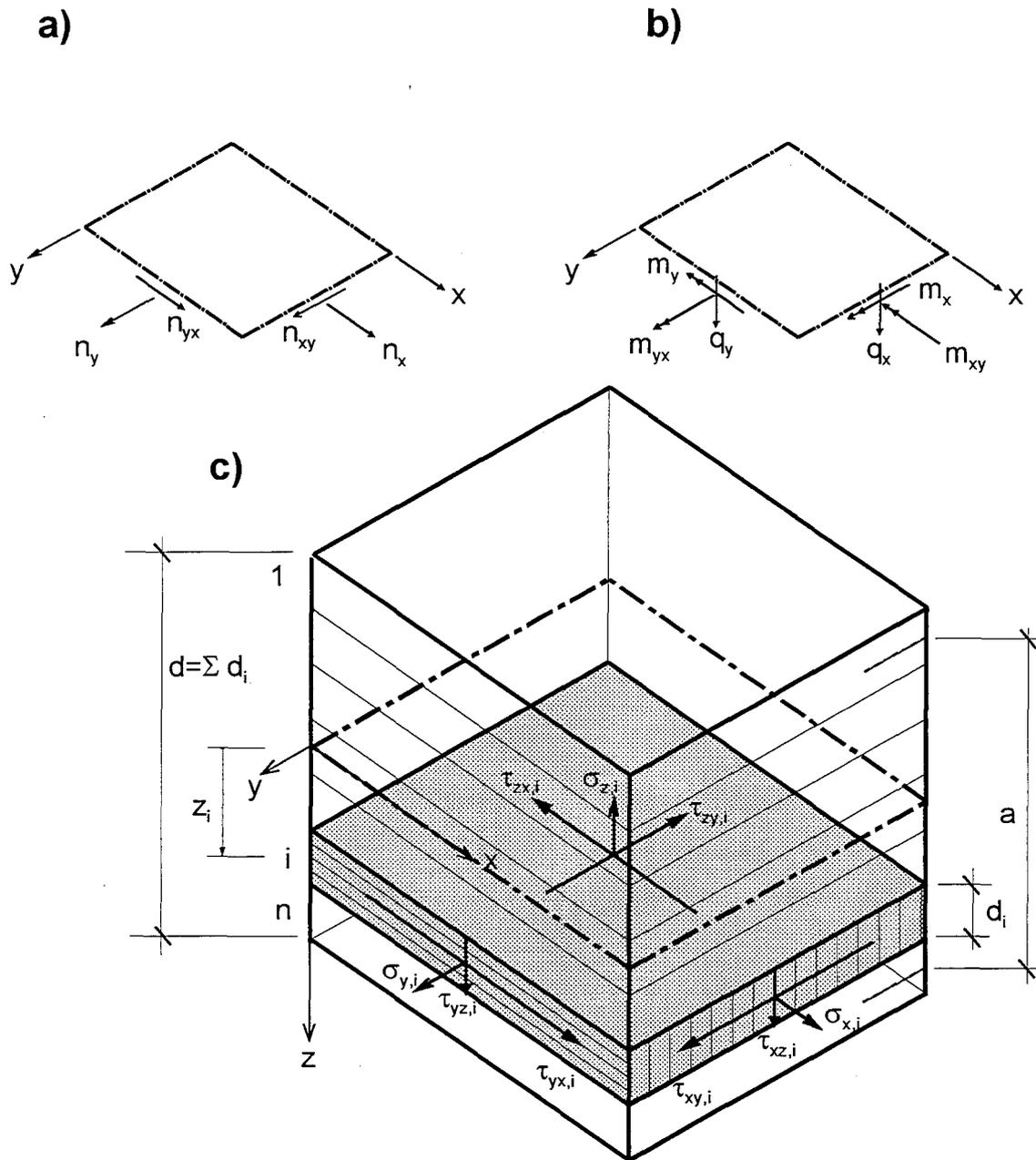


Bild 6.7: Bezeichnung der Scheibenschnittgrößen (a), der Plattenschnittgrößen (b) sowie der Spannungen in der Schicht i im Abstand z_i von der Mittelfläche (c)

(4) Beanspruchungen rechtwinklig zur Faserrichtung (Querdruck und Querzug) und Rollschub sind zu beachten. Wenn die x-Richtung mit der Faserrichtung übereinstimmt, ist $\tau_{yz} = \tau_{zy}$ der Rollschub.

6.6.2 Flächen aus zusammengeklebten Schichten

(1) Für Flächentragwerke mit Querschnitten aus geklebten Schichten (z.B. aus Holzwerkstoffplatten, Brettern oder Bohlen) sind die auf die Mittelfläche bezogenen Steifigkeitswerte nach der Verbundtheorie mit starrem Verbund zu berechnen. Dies gilt auch für die Spannungsberechnung.

(2) Rechenregeln sind in **Anhang F** angegeben.

6.6.3 Flächen aus nachgiebig miteinander verbundenen Schichten

(1) Bei Flächentragwerken mit Querschnitten aus nachgiebig miteinander verbundenen Schichten darf die Nachgiebigkeit durch Abminderung der Schubsteifigkeit berücksichtigt werden.

(2) Rechenregeln für die Berechnung mit abgeminderten Schubsteifigkeiten sind in **Anhang F** angegeben.

6.6.4 Flächen aus Nadelholzlamellen

(1) Für Flächen aus Nadelholzlamellen nach **Bild 6.8** dürfen je nach Art der Verbindung die Steifigkeitskennwerte nach **Tabelle M 19 (Anhang M)** angenommen werden.

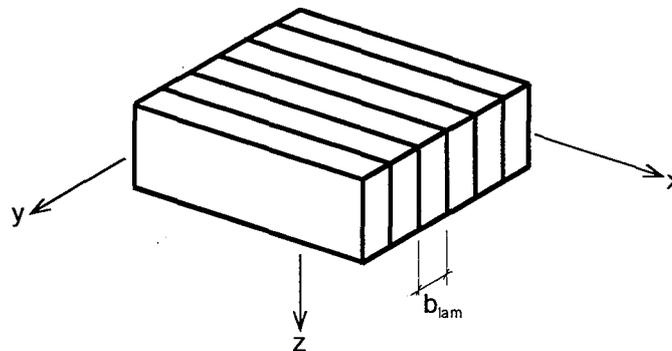


Bild 6.8: Flächen aus Nadelholzlamellen

7 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

7.1 Allgemeines

(1) In den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit darf der Nachweis durch eine Begrenzung der Verformungen erbracht werden.

(2) Für Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit sind die charakteristischen Werte der Einwirkungen zu verwenden. Für die Kombinationen von Einwirkungen gilt Abschnitt 3.6.3.

7.2 Berechnung der Verformungen

(1) Die elastische Anfangsverformung u_{inst} darf mit den Mittelwerten der Steifigkeitskennwerte der Baustoffe berechnet werden. Falls die Nachgiebigkeit von Verbindungen berücksichtigt werden muss, dürfen die Rechenwerte K_{ser} verwendet werden. Rechenwerte für K_{ser} sind in **Anhang V, Teil 1** angegeben.

(2) Die Endverformung u_{fin} darf wie folgt berechnet werden:

$$u_{fin} = u_{inst} (1 + k_{def}) \quad (7.1)$$

Rechenwerte für die Verformungsbeiwerte k_{def} sind der **Tabelle M.2 (Anhang M)** zu entnehmen. Für Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln sind die Verformungsbeiwerte k_{def} des Baustoffes der zu verbindenden Bauteile zu verwenden.

(3) Bei Tragwerken aus Bauteilen mit unterschiedlichen Kriecheigenschaften darf mit abgeminderten Steifigkeitskennwerten gerechnet werden, die dadurch bestimmt sind, dass die Steifigkeitskennwerte für jedes Bauteil durch den entsprechenden Wert von $(1 + k_{\text{def}})$ geteilt werden.

(4) Besteht eine Lastkombination aus Einwirkungen, die zu verschiedenen Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED, siehe **Tabelle 4.2**) gehören, dann sind die Verformungsanteile der Endverformungen aus den verschiedenen Einwirkungen mit den jeweils entsprechenden Werten für k_{def} zu berechnen.

(5) Die Endverformung einer Verbindung mit mechanischen Verbindungsmitteln zwischen Bauteilen mit unterschiedlichen Kriecheigenschaften ($k_{\text{def},1}$, $k_{\text{def},2}$) darf wie folgt berechnet werden:

$$u_{\text{fin}} = u_{\text{inst}} \sqrt{(1 + k_{\text{def},1}) \cdot (1 + k_{\text{def},2})} \quad (7.2)$$

7.3 Grenzwerte der Verformungen

(1) Grenzwerte der Verformungen sind entsprechend der vorgesehenen Nutzung des Tragwerkes zu vereinbaren, soweit sie nicht in anderen Normen geregelt sind.

(2) Die empfohlenen Grenzwerte der Verformungen gelten für trägerartige Bauteile.

(3) Die Verformungen (hier Durchbiegungen) werden wie folgt bezeichnet, siehe **Bild 7.1**:

- u_0 Überhöhung im lastfreien Zustand (falls vorhanden)
- u_1 Durchbiegung infolge ständiger Einwirkungen
- u_2 Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen.

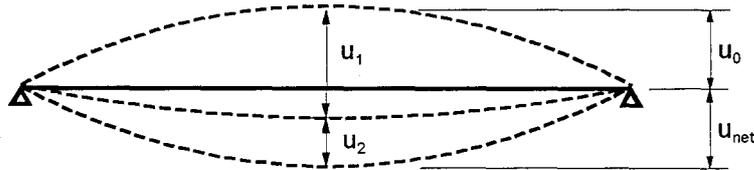


Bild 7.1: Anteile der Durchbiegungen

(3) Die gesamte Durchbiegung, bezogen auf eine die Auflager verbindende Gerade, ist:

$$u_{\text{net}} = u_1 + u_2 - u_0 \quad (7.3)$$

(4) Es werden folgende Grenzwerte empfohlen:

$$u_{2,\text{inst}} \leq \ell/300 \quad (\text{Kragträger } \ell_k/150) \quad (7.4)$$

$$u_{2,\text{fin}} \leq \ell/200 \quad (\text{Kragträger } \ell_k/100) \quad (7.5)$$

$$u_{\text{net,fin}} \leq \ell/200 \quad (\text{Kragträger } \ell_k/100) \quad (7.6)$$

Hierin bedeuten:

- ℓ Spannweite des Trägers,
- ℓ_k Länge des Kragträgers.

(5) Je nach Nutzung des Tragwerkes können auch andere Anforderungen (größere oder kleinere Grenzwerte der Verformungen) vereinbart werden.

(6) Bei Decken in Wohngebäuden sollten, um Unbehagen verursachende Schwingungen zu vermeiden, die Durchbiegungen $u_{1,\text{inst}}$ auf 5 mm begrenzt bleiben. Andernfalls ist ein genauere Nachweis zu führen.

8 Allgemeine Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

8.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt enthält allgemeine Nachweise für Stabquerschnitte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (Abschnitt 8.2) sowie Nachweise für bestimmte Bauteile (Abschnitte 8.4 bis 8.7). Die Nachweise werden im allgemeinen auf dem Niveau der Bemessungswerte der Spannungen geführt, die mit den nach Abschnitt 6 ermittelten Schnittgrößen und den entsprechenden Querschnittswerten berechnet werden.

(2) Dieser Abschnitt enthält außerdem vereinfachte Nachweise für knick- und kippgefährdete Bauteile, deren Schnittgrößen nach Abschnitt 6.2 ermittelt wurden (Abschnitt 8.3).

(3) Nachweise für Bauteilbereiche mit Queranschlüssen, Ausklinkungen, Durchbrüchen und Verstärkungen sind nach Abschnitt 9 zu führen.

8.2 Nachweise an Stabquerschnitten

8.2.1 Zug in Faserrichtung des Holzes

(1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1 \quad (8.1)$$

8.2.2 Zug rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes

(1) Für eine gleichmäßig über das Volumen V verteilte Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

für Vollholz

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{0,25 \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad (8.2)$$

für Brettschichtholz

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{(V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad (8.3)$$

Hierin bedeutet:

V_0 Bezugsvolumen von $0,01 \text{ m}^3$.

8.2.3 Zug unter einem Winkel α

(1) Für $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{t,\alpha,d}}{k_{t,\alpha} \cdot f_{t,0,d}} \leq 1 \quad (8.4)$$

Hierin bedeuten:

für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz ohne Querlagen

$$k_{t,\alpha} = \frac{1}{\frac{f_{t,0,d}}{f_{t,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.5a)$$

mit α Winkel zwischen Beanspruchungsrichtung und Faserrichtung des Holzes

für Holzwerkstoffe

$$k_{t,\alpha} = \frac{1}{\frac{f_{t,0,d}}{f_{t,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \frac{f_{t,0,d}}{f_{v,d}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.5b)$$

mit α Winkel zwischen Beanspruchungsrichtung und Faserrichtung der Deckfurniere bzw. Spanrichtung der Decklagen.

8.2.4 Druck in Faserrichtung des Holzes

(1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (8.6)$$

8.2.5 Druck rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes

(1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1 \quad (8.7)$$

Hierin bedeutet:

$k_{c,90}$ Beiwert zur Berücksichtigung der Lastanordnung (siehe Bild 8.1) nach Tabelle 8.1.

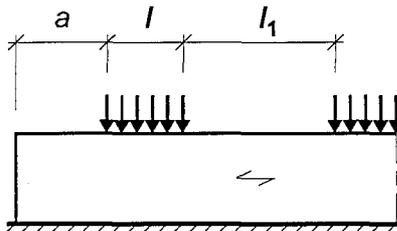


Bild 8.1: Lastanordnung für kurze Druckflächen

Tabelle 8.1: Beiwert $k_{c,90}$

	1	2	3	4	5
		$l_1 \leq 150 \text{ mm}$		$l_1 > 150 \text{ mm}$	
1		$a \geq 100 \text{ mm}$	$0 \leq a < 100 \text{ mm}$	$a \geq 100 \text{ mm}$	$0 \leq a < 100 \text{ mm}$
2	$l \geq 150 \text{ mm}$			1,7	$1,3 + \frac{4 \cdot a}{1000}$
3	$150 \text{ mm} > l \geq 15 \text{ mm}$	1,3	$1 + \frac{3 \cdot a}{1000}$	$1,7 + \frac{150 - l}{100}$	$1,7 + \frac{a \cdot (150 - l)}{10000}$
4	$15 \text{ mm} > l$			3	$1,7 + a/77$

8.2.6 Druck unter einem Winkel α

(1) Für $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{k_{c,\alpha} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (8.8)$$

Hierin bedeuten:

für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz ohne Querlagen

$$k_{c,\alpha} = \frac{1}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.9a)$$

mit α Winkel zwischen Beanspruchungsrichtung und Faserrichtung des Holzes,
für Holzwerkstoffe

$$k_{c,\alpha} = \frac{1}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.9b)$$

mit α Winkel zwischen Beanspruchungsrichtung und Faserrichtung der Deckfurniere bzw.
Spanrichtung der Decklagen.

8.2.7 Biegung

(1) Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

$$k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (8.10)$$

und

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (8.11)$$

Hierin betragen:

$k_{red} = 0,7$ für Rechteckquerschnitte,

$k_{red} = 1,0$ für andere Querschnitte.

8.2.8 Biegung und Zug

(1) Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (8.12)$$

und

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (8.13)$$

mit k_{red} nach Abschnitt 8.2.7.

8.2.9 Biegung und Druck

(1) Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (8.14)$$

und

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (8.15)$$

mit k_{red} nach Abschnitt 8.2.7.

8.2.10 Schub aus Querkraft

(1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1 \quad (8.16)$$

(2) Für Biegeträger mit Auflagerung am unteren Trägerrand und Lastangriff am oberen Trägerrand darf der Nachweis der Schubspannungen und gegebenenfalls der Schubverbindungsmittel im Bereich von End- und Zwischenauflagern, wenn dort keine Ausklinkungen und Durchbrüche sind, mit der maßgebenden Querkraft geführt werden. Als maßgebend darf die Querkraft im Abstand von $h/2$ (h = Trägerhöhe über Auflagermitte) vom Auflagertrand angenommen werden.

(3) Träger, die am unteren Rand aufgelagert und am oberen Rand belastet werden, dürfen mit einem Querkraftanteil $V_{red} = V \cdot e/2 \cdot h$ aus auflagnahen (d.h. $e \leq 2 \cdot h$) Einzellasten nachgewiesen werden (siehe Bild 8.2).

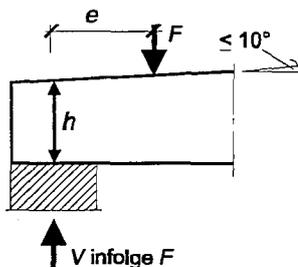


Bild 8.2: Auflagernahe Einzellast

8.2.11 Torsion

(1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} \leq 1 \quad (8.17)$$

Hierin bedeutet:

$f_{v,d}$ Bemessungswert der Schubfestigkeit.

(2) Bei Kombination von Schub aus Querkraft und Torsion muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}}\right)^2 \leq 1 \quad (8.18)$$

(3) Die Torsionsspannungen dürfen näherungsweise wie für homogene Bauteile aus isotropem Material berechnet werden.

8.2.12 Zug rechtwinklig zur Faserrichtung und Schub

(1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{0,25 \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad \text{für Vollholz} \quad (8.19a)$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{(V_0/V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad \text{für Brettschichtholz} \quad (8.19b)$$

Hierin bedeuten:

V mit gleichmäßig verteilter Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung beanspruchtes Volumen in m^3 ,

V_0 Bezugsvolumen von $0,01 m^3$.

8.3. Nachweise für Stäbe nach dem Ersatzstabverfahren

8.3.1 Druckstäbe mit planmäßig mittigem Druck

(1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (8.20)$$

Der Knickbeiwert k_c beträgt

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}} \leq 1 \quad (8.21)$$

mit

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] \quad (8.22)$$

und

$\beta_c = 0,2$ für Vollholz und Balkenschichtholz,

$\beta_c = 0,1$ für Brettschichtholz und Furnierschichtholz

und mit dem bezogenen Schlankheitsgrad

$$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\ell_{ef}}{\pi \cdot i} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (8.23)$$

Hierin bedeuten:

i Trägheitsradius,

$\ell_{ef} = \beta \cdot s$ oder $\beta \cdot h$ Ersatzstablänge,

β Knicklängenbeiwert (siehe **Anhang K**),

s bzw. h Stablänge.

8.3.2 Biegestäbe ohne Druckkraft

(1) Biegestäbe müssen an den Auflagern gegen Verdrehen gesichert sein.

(2) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} \leq 1 \quad (8.24)$$

Der Kippbeiwert k_m beträgt

$$k_m = \begin{cases} 1 & \text{für } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} & \text{für } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 & \text{für } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad (8.25a-c)$$

mit dem bezogenen Kippschlankheitsgrad

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{\ell_{ef}}{\pi \cdot i}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05} \cdot G_{0,05}}}} \quad (8.26)$$

Hierin bedeuten:

$$i = \sqrt{\frac{I_z \cdot I_t}{W}} \cdot \left(\frac{b^2}{h}\right) \quad \text{mit} \quad I_z \text{ Flächenmoment 2. Grades um die schwache Achse,}$$

I_t Torsionsträgheitsmoment,
 W Widerstandsmoment um die starke Achse.

(3) Für Biegestäbe mit Rechteckquerschnitt der Breite b und der Höhe h darf der bezogene Kippschlankheitsgrad berechnet werden zu:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{\ell_{ef} \cdot h}{\pi \cdot b^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05} \cdot G_{0,05}}}} \quad (8.27)$$

(4) Für den gabelgelagerten Einfeldträger mit konstantem Moment entspricht die Ersatzstablänge ℓ_{ef} der Stützweite ℓ des Trägers.

(5) Für andere Lagerungen und andere Einwirkungen ist die Ersatzstablänge ℓ_{ef} nach **Anhang K** zu berechnen.

(6) Für Biegestäbe, bei denen eine seitliche Verschiebung des gedrückten Randes über die ganze Länge verhindert wird, darf $k_m = 1$ gesetzt werden.

(7) Bei Biegestäben mit Rechteckquerschnitt und $a < 18 \cdot b$ darf $k_m = 1$ gesetzt werden. Dabei ist a der Abstand der seitlichen Abstützung und b die Trägerbreite.

8.3.3 Stäbe mit Biegung und Druck

(1) Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (8.28)$$

und

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (8.29)$$

Hierin betragen:

$k_{red} = 0,7$ für Rechteckquerschnitte,

$k_{red} = 1,0$ für andere Querschnitte.

Hierin bedeuten:

$k_{c,y}$ Knickbeiwert nach Gleichung (8.21) für Knicken um die y -Achse,

$k_{c,z}$ Knickbeiwert nach Gleichung (8.21) für Knicken um die z -Achse,

k_m Kippbeiwert nach Gleichung (8.25a-c).

(2) Für Stäbe mit Rechteckquerschnitt und einem bezogenen Schlankheitsgrad $\lambda_{rel,c,z} < 0,3$ nach Gl. (8.23) sowie einem Verhältniswert der Querschnittmaße $h/b \leq 6$ darf der Kippbeiwert k_m zu 1,0 angenommen werden.

8.4 Nachweise für Pultdach-, Satteldach- und gekrümmte Träger

8.4.1 Pultdachträger

(1) Der Einfluss des Faseranschnittwinkels auf die Biegefestigkeiten am zugbeanspruchten Rand und am druckbeanspruchten Rand mit $\alpha > 5^\circ$ ist zu berücksichtigen.

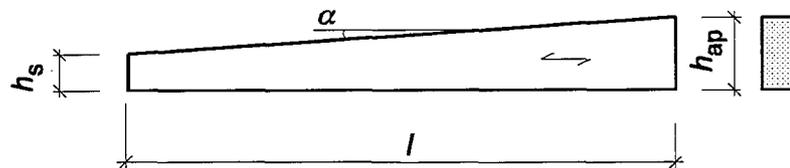


Bild 8.3: Pultdachträger

(2) Die Nachweisbedingungen lauten für die Spannungen
am Rand parallel zur Faserrichtung des Holzes:

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (8.30)$$

mit den Spannungen am Rand parallel zur Faserrichtung:

$$\sigma_{m,0,d} = (1 + 4 \cdot \tan^2 \alpha) \cdot \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} \quad (8.31)$$

am Rand schräg zur Faserrichtung:

$$\frac{\sigma_{m,\alpha,d}}{f_{m,\alpha,d}} \leq 1 \quad (8.32)$$

mit den Spannungen am Rand schräg zur Faserrichtung:

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 - \tan^2 \alpha) \cdot \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} \quad (8.33)$$

Die Bemessungswerte der Festigkeit am Rand schräg zur Faserrichtung betragen

im Biegezugbereich:

$$f_{m,\alpha,d} = k_{\alpha,t} \cdot f_{m,d} \quad (8.34)$$

mit

$$k_{\alpha,t} = \frac{1}{\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.35a)$$

für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz ohne Querlagen
und

$$k_{\alpha,t} = \frac{1}{\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \frac{f_{m,d}}{f_{v,d}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.35b)$$

für Holzwerkstoffe;

im Biegedruckbereich:

$$f_{m,\alpha,d} = k_{\alpha,c} \cdot f_{m,d} \quad (8.36)$$

mit

$$k_{\alpha,c} = \frac{1}{\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.37a)$$

für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz ohne Querlagen
und

$$k_{\alpha,c} = \frac{1}{\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \frac{f_{m,d}}{f_{v,d}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.37b)$$

für Holzwerkstoffe.

8.4.2 Satteldachträger mit geradem unteren Rand

(1) Für die faserparallelen Ränder und die Ränder mit schräg verlaufenden Fasern sind die Nachweise wie für einen Pultdachträger zu führen.

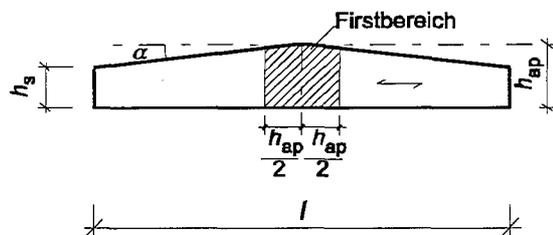


Bild 8.4: Satteldachträger mit geradem unteren Rand

(2) Im Firstquerschnitt müssen folgende Bedingungen erfüllt sein
für die maximale Längsrandspannung:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (8.38)$$

mit

$$\sigma_{m,d} = (1 + 1,4 \cdot \tan \alpha + 5,4 \cdot \tan^2 \alpha) \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad (8.39)$$

für die maximale Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes:

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{1,4 \cdot (V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad (8.40)$$

mit

$$\sigma_{t,90,d} = 0,2 \cdot \tan \alpha \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad (8.41)$$

Hierin bedeuten:

V Volumen des Firstbereiches in m^3 (siehe **Bild 8.4**),

V_0 Bezugsvolumen von $0,01 m^3$.

Als V braucht nicht mehr als $2/3$ des Trägersgesamtolumens eingesetzt zu werden.

(3) Falls die Bedingung

$$\sigma_{t,90,d} > 0,7 \cdot (V_0/V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d} \quad (8.42)$$

erfüllt ist, sind die auftretenden Querkzugkräfte mindestens teilweise durch Verstärkungselemente aufzunehmen (siehe Abschnitt 9.4.5).

(4) Werden die Zugkräfte rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes vollständig durch Verstärkungselemente aufgenommen (siehe Abschnitt 9.4.5), dann darf die Bedingung nach Gleichung (8.40) unbeachtet bleiben.

8.4.3 Gekrümmte Träger

(1) Die nachfolgenden Nachweise müssen erfüllt sein

für die maximale Längsrandspannung:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,d}} \leq 1 \quad (8.43)$$

$$\sigma_{m,d} = \left(1 + 0,35 \cdot k_{ap} + 0,6 \cdot k_{ap}^2\right) \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad (8.44)$$

Hierin bedeuten:

$$k_{ap} = h_{ap}/r$$

$$k_r = 1 \quad \text{für} \quad r_{in}/t \geq 240,$$

$$k_r = 0,76 + 0,001 \cdot r_{in}/t \quad \text{für} \quad r_{in}/t < 240,$$

t Lamellendicke;

für die maximale Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes:

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{1,4 \cdot (V_0/V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad (8.45)$$

$$\sigma_{t,90,d} = 0,25 \cdot k_{ap} \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad (8.46)$$

Hierin bedeuten:

V Volumen des gekrümmten Firstbereiches in m^3 (siehe Bild 8.5),

V_0 Bezugsvolumen von $0,01 m^3$.

Als V braucht nicht mehr als $2/3$ des Trägersamtvolumens eingesetzt zu werden.

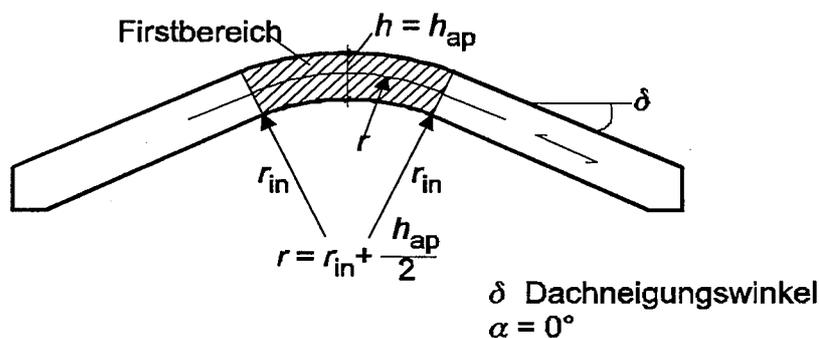


Bild 8.5: Gekrümmter Träger

(2) Falls die Bedingung

$$\sigma_{t,90,d} > 0,7 \cdot (V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d} \quad (8.47)$$

erfüllt ist, sind die auftretenden Querkzugkräfte mindestens teilweise durch Verstärkungselemente aufzunehmen (siehe Abschnitt 9.4.5).

(3) Werden die Zugkräfte rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes vollständig durch Verstärkungselemente aufgenommen (siehe Abschnitt 9.4.5), dann darf die Bedingung nach Gleichung (8.45) unbeachtet bleiben.

8.4.4 Satteldachträger mit gekrümmtem unteren Rand

(1) Für die faserparallelen Ränder und die Ränder mit schräg verlaufenden Fasern sind die Nachweise wie für einen Pultdachträger zu führen.

(2) Im Firstquerschnitt müssen folgende Bedingungen erfüllt sein

für die maximale Längsrandspannung:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,d}} \leq 1 \quad (8.48)$$

mit

$$\sigma_{m,d} = k_\ell \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad (8.49)$$

Hierin bedeuten:

$$k_\ell = k_1 + k_2 \cdot k_{ap} + k_3 \cdot k_{ap}^2 + k_4 \cdot k_{ap}^3,$$

$$k_{ap} = h_{ap} / r$$

mit

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \tan \alpha + 5,4 \cdot \tan^2 \alpha,$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \cdot \tan \alpha,$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \tan \alpha - 7,8 \cdot \tan^2 \alpha,$$

$$k_4 = 6 \cdot \tan^2 \alpha,$$

k_r siehe Abschnitt 8.4.3.

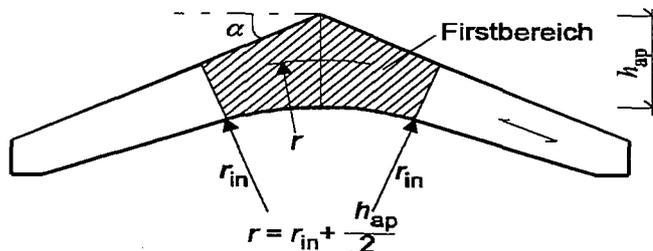


Bild 8.6 Träger mit zu den Auflagern hin abnehmender Höhe der geraden Trägerbereiche

für die Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes:

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{1,7 \cdot (V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad (8.50)$$

mit

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad (8.51)$$

Hierin bedeuten:

$$k_{ap} = h_{ap}/r,$$

$$k_p = k_5 + k_6 \cdot k_{ap} + k_7 \cdot k_{ap}^2$$

mit

$$k_5 = 0,2 \cdot \tan \alpha,$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \cdot \tan \alpha + 2,6 \cdot \tan^2 \alpha,$$

$$k_7 = 2,1 \cdot \tan \alpha - 4 \cdot \tan^2 \alpha.$$

V Volumen des gekrümmten Firstbereiches in m^3 (siehe **Bild 8.6**),

V_0 Bezugsvolumen von $0,01 m^3$.

Als V braucht nicht mehr als $2/3$ des Trägersgesamtolumens eingesetzt zu werden.

(3) Falls die Bedingung

$$\sigma_{t,90,d} > 0,85 \cdot (V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d} \quad (8.52)$$

erfüllt ist, sind die auftretenden Querkzugkräfte mindestens teilweise durch Verstärkungselemente aufzunehmen (siehe Abschnitt 9.4.5).

(4) Werden die Zugkräfte rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes vollständig durch Verstärkungselemente aufgenommen (siehe Abschnitt 9.4.5), dann darf die Bedingung nach Gleichung (8.50) unbeachtet bleiben.

8.5 Nachweise für zusammengesetzte Bauteile (Verbundbauteile)

8.5.1 Geklebte Verbundbauteile

(1) Die Nachweise sind mit den nach Abschnitt 6.4.1 ermittelten Schnittgrößen und Querschnittswerten zu führen.

(2) Sofern kein genauere Nachweis geführt wird, ist für den Druckgurt von Stegträgern die folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{\sigma_{f,c,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (8.53)$$

Hierin bedeuten:

$\sigma_{f,c,d}$ Bemessungswert der Schwerpunktspannung im Druckgurt,

k_c Knickbeiwert nach Gleichung (8.21) für den Schlankheitsgrad $\lambda_z = \ell_c / 0,289 \cdot b$,

ℓ_c Abstand zwischen denjenigen Querschnitten, bei denen ein seitliches Ausweichen des Druckgurtes verhindert wird.

(3) Falls für den Steg geklebter, dünnstegiger Träger kein genauere Beulnachweis geführt wird, sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

$$h_w \leq 70 \cdot b_w \quad (8.54)$$

und

$$V_d \leq \begin{cases} n \cdot b_w \cdot h_w \cdot (1 + 0,5 \cdot (h_{f,t} + h_{f,c}) / h_w) \cdot f_{v,0,d} & \text{für } h_w \leq 35 \cdot b_w \\ n \cdot 35 \cdot b_w^2 \cdot (1 + 0,5 \cdot (h_{f,t} + h_{f,c}) / h_w) \cdot f_{v,0,d} & \text{für } 35 \cdot b_w < h_w \leq 70 \cdot b_w \end{cases} \quad (8.55a,b)$$

Hierin bedeuten:

- $h_w, h_{f,c}, h_{f,t}, b_w$ siehe **Bild 8.7**,
- $f_{v,d}$ Bemessungswert der Schubfestigkeit bei Scheibenbeanspruchung für das Stegmaterial,
- V_d Bemessungswert der Querkraft (Schubkraft),
- n Anzahl der Stege mit jeweils der Stegdicke b_w .

(4) Für die Klebfuge zwischen Steg und Gurt (Schnitt 1-1 in **Bild 8.7**) ist nachzuweisen, dass

$$\tau_{ef,d} \leq \begin{cases} f_{v,d} & \text{für } h_{f,c(t)} \leq 4 \cdot b_w \\ f_{v,d} \cdot (4 \cdot b_w / h_{f,c(t)})^{0,8} & \text{für } h_{f,c(t)} > 4 \cdot b_w \end{cases} \quad (8.56a,b)$$

Hierin bedeuten:

- $\tau_{ef,d}$ Bemessungswert der Schubspannung, die als über die Gurthöhe $h_{f,c(t)}$ gleichmäßig verteilt angenommen wird,
- $f_{v,d}$ Bemessungswert der Schubfestigkeit des Gurtes oder des Steges bei Plattenbeanspruchung.

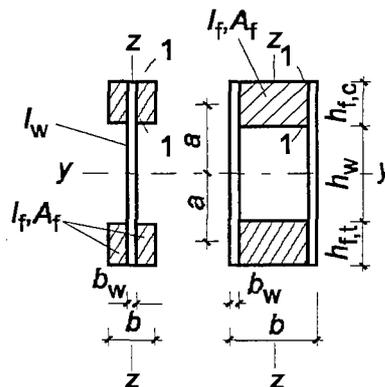


Bild 8.7: Stegträger

(5) Für die Klebfuge zwischen Beplankung und Rippe von Tafелеlementen ist die folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{v,d}} \leq 1 \quad (8.57)$$

Hierin bedeuten:

- $\tau_{ef,d}$ Bemessungswert der als gleichmäßig verteilt über die Breite des Schnittes 1-1 (siehe **Bild 6.4**) angenommenen Schubspannung,
- $f_{v,d}$ Bemessungswert der Schubspannung der Beplankung bei Plattenbeanspruchung.

(6) Ein Beulnachweis für die Beplankung von Tafелеlementen kann entfallen, wenn der lichte Rippenabstand b_f nicht größer ist als $40 \cdot h_f$ (siehe **Bild 6.4**).

8.5.2 Zusammengesetzte Biegestäbe mit nachgiebigem Verbund

- (1) Die Nachweise sind mit den nach Abschnitt 6.4.2 ermittelten Schnittgrößen zu führen.
- (2) Für die Einzelquerschnitte sind die Nachweise nach Abschnitt 8.2.8 bzw. 8.2.9 zu führen.

(3) Örtliche Spannungserhöhungen infolge von Querschnittsschwächungen dürfen näherungsweise ermittelt werden, indem

- die Normalspannungen σ_i in den Schwerpunkten mit $A_i/A_{i,n}$,
- die Biegespannungen $\sigma_{m,i}$ mit $I_i/I_{i,n}$

multipliziert werden.

Dabei bedeuten:

- $A_{i,n}$ Netto-Querschnittsfläche des Querschnittsteiles i ,
- $I_{i,n}$ Flächenmoment 2. Grades des geschwächten Querschnittsteiles i , bezogen auf die Achse des ungeschwächten Querschnittsteiles i .

(4) Für die maximalen Schubspannungen der Querschnittsteile i ist folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{\tau_{i,max,d}}{f_{i,v,d}} \leq 1 \quad (8.58)$$

(5) Die Beanspruchung $F_{i,d}$ eines Verbindungsmittels in der Fuge i ist mit dem Schubfluß $t_{i,d}$ in der Fuge i zu ermitteln und hat folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{F_{i,d}}{R_{i,d}} \leq 1 \quad (8.59)$$

Hierin bedeutet:

- $R_{i,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit des Verbindungsmittels in der Fuge i .

8.5.3 Aus Holz oder Holzwerkstoffen zusammengesetzte Druckstäbe mit nachgiebigem Verbund

(1) Die Verformungen der Druckstäbe infolge von Verschiebungen in Verbindungen, infolge von Schub- und Biegeverformungen in Zwischen- und Bindehölzern und in den Einzelteilen oder Gurten sowie infolge der Normalkräfte in den Pfosten und Diagonalen von Gitterstäben sind zu berücksichtigen.

(2) Für das Ausknicken in y -Richtung (Knicken um die z -Achse) ist der Nachweis nach Abschnitt 8.3.1 zu führen. Dabei ist die Druckspannung $\sigma_{c,0,d}$ mit der Gesamtquerschnittsfläche A_{tot} zu ermitteln.

(3) Für das Ausknicken in z -Richtung (Knicken um die y -Achse) ist der Knickbeiwert k_c nach Gleichung (8.21) für den wirksamen Schlankheitsgrad λ_{ef} anstelle der Schlankheit λ in Gleichung (8.23) zu ermitteln.

(4) Für nicht gespreizte Stäbe ist:

$$\lambda_{ef} = \ell_z / \sqrt{I_{ef} / A_{tot}} \quad (8.60)$$

mit

$$I_{ef} = (E \cdot I)_{ef} / E \quad (8.61)$$

(5) Für gespreizte Stäbe (Rahmenstäbe) nach Bild 8.8 darf der wirksame Schlankheitsgrad λ_{ef} ermittelt werden zu

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \eta \cdot \frac{n}{2} \cdot \lambda_1^2} \quad (8.62)$$

mit

$$\lambda = \ell_y \cdot \sqrt{\frac{12}{h^2 + 3 \cdot a_1^2}} \quad \text{für zweiteilige Rahmenstäbe} \quad (8.63)$$

$$\lambda = \ell_y \cdot \sqrt{\frac{12}{h^2 + 8 \cdot a_1^2}} \quad \text{für dreiteilige Rahmenstäbe} \quad (8.64)$$

und

$$\lambda_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 30 \\ \frac{\ell_1 \cdot \sqrt{12}}{h} \end{array} \right. \quad (8.65)$$

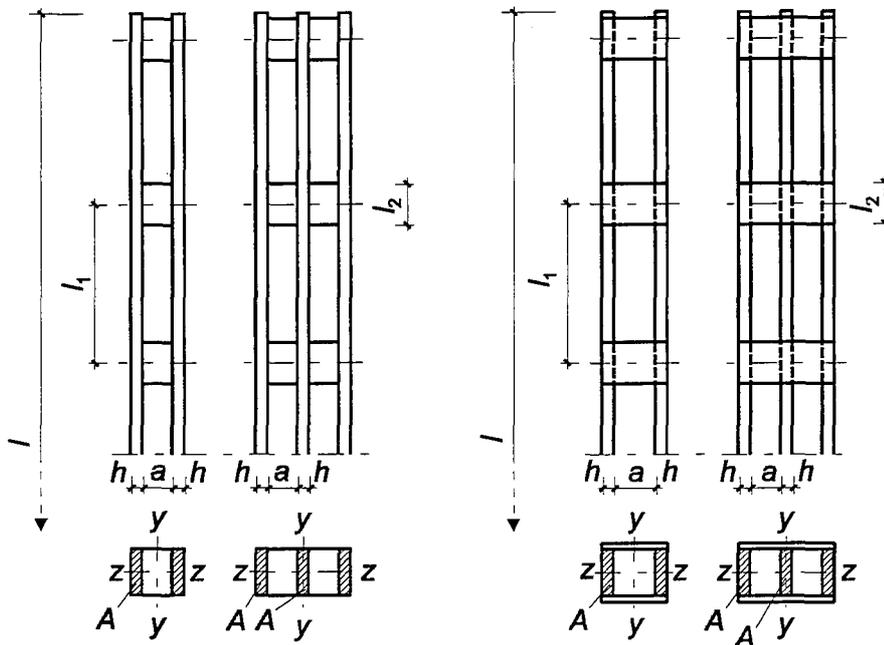


Bild 8.8: Rahmenstäbe

Hierin bedeuten:

- n Anzahl der Einzelstäbe,
- $\ell_y = \beta \cdot h$ Knicklänge für Ausknicken in z-Richtung (Knicken um y-y); β nach Anhang K,
- η Beiwert für Rahmenstäbe nach Tabelle 8.2.

Tabelle 8.2: Beiwerte η für Rahmenstäbe

	1	2	3	4	5	6
1		Zwischenhölzer			Bindehölzer	
2		Leim	Nägel	Dübel	Leim	Nägel
3	ständige/lang andauernde Belastung	1	4	3,5	3	6
4	mittellange/kurz andauernde Belastung	1	3	2,5	2	4,5

Gl. (8.62) gilt nur unter folgenden Voraussetzungen:

- ungerade Anzahl der Felder zwischen den Querverbindungen ≥ 3 ,
- $a/h \leq 3$ und $\ell_2/a \geq 1,5$ im Rahmenstab mit Zwischenhölzern,
- $a/h \leq 6$ und $\ell_2/a \geq 2$ im Rahmenstab mit Bindehölzern,
- in jeder Fuge Querverbindung/Stab ≥ 2 Dübel oder ≥ 4 Nägel,

- an den Stabenden in jeder Fuge Querverbindung/Stab ≥ 4 Nägel in einer Reihe hintereinander.

(6) Für Gitterstäbe nach **Bild 8.9** darf λ_{ef} ermittelt werden zu:

$$\lambda_{ef} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{2 \cdot \ell_y}{a_1} \cdot \sqrt{1 + \mu} \\ 2,1 \cdot \frac{\ell_y}{a_1} \end{array} \right. \quad (8.66)$$

mit μ nach **Tabelle 8.3**.

Die Gl.(8.66) gilt nur unter folgenden Voraussetzungen:

- ungerade Anzahl der Felder zwischen den Vergitterungen ≥ 3 ,
- mindestens vier Nägel in jeder Scherfuge des Strebenanschlusses,
- $\lambda_1 = \ell_1 / i_{\min} \leq 60$,
- Nagelanzahl im Pfostenanschluss (bei N-Vergitterung) $> n \cdot \sin \theta$
(n = Nagelanzahl je Strebenanschluss).

Tabelle 8.3: Beiwerte μ für Gitterstäbe

	1	2	3
1		V-Vergitterung	N-Vergitterung
2	geklebt	$4 \cdot \frac{e^2 \cdot A_f}{I_f} \cdot \left(\frac{a_1}{\ell_y} \right)^2$	$\frac{e^2 \cdot A_f}{I_f} \cdot \left(\frac{a_1}{\ell_y} \right)^2$
3	genagelt	$25 \cdot \frac{a_1 \cdot E_{\text{mean}} \cdot A_f}{\ell_y^2 \cdot n \cdot K_u \cdot \sin 2\theta}$	$50 \cdot \frac{a_1 E_{\text{mean}} \cdot A_f}{\ell_y^2 \cdot n \cdot K_u \cdot \sin 2\theta}$

In **Tabelle 8.3** bedeuten:

- e Ausmitte in der Verbindung (siehe **Bild 8.9**),
- K_u Verschiebungsmodul eines Nagels.

(7) Dem Nachweis der Verbindungen ist eine über die ganze Stablänge als wirksam angenommene Querkraft zugrunde zu legen. Der Bemessungswert dieser Querkraft V_d beträgt:

$$V_d = \begin{cases} F_{c,d} / (120 \cdot k_c) & \text{für } \lambda_{ef} \leq 30 \\ F_{c,d} \cdot \lambda_{ef} / (3600 \cdot k_c) & \text{für } 30 < \lambda_{ef} < 60 \\ F_{c,d} / (60 \cdot k_c) & \text{für } 60 \leq \lambda_{ef} \end{cases} \quad (8.67a-c)$$

Hierin bedeutet:

- k_c Knickbeiwert nach Gleichung (8.21), für den Schlankheitsgrad λ_{ef} .

Für nicht gespreizte Stäbe ist die Beanspruchung $F_{i,d}$ eines Verbindungsmittels in jeder Fuge aus dem aus V_d resultierenden Schubfluß in dieser Fuge zu ermitteln. Folgende Bedingung ist einzuhalten:

$$\frac{F_{i,d}}{R_{i,d}} \leq 1 \quad (8.68)$$

Hierin bedeutet:

- $R_{i,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit des jeweiligen Verbindungsmittels.

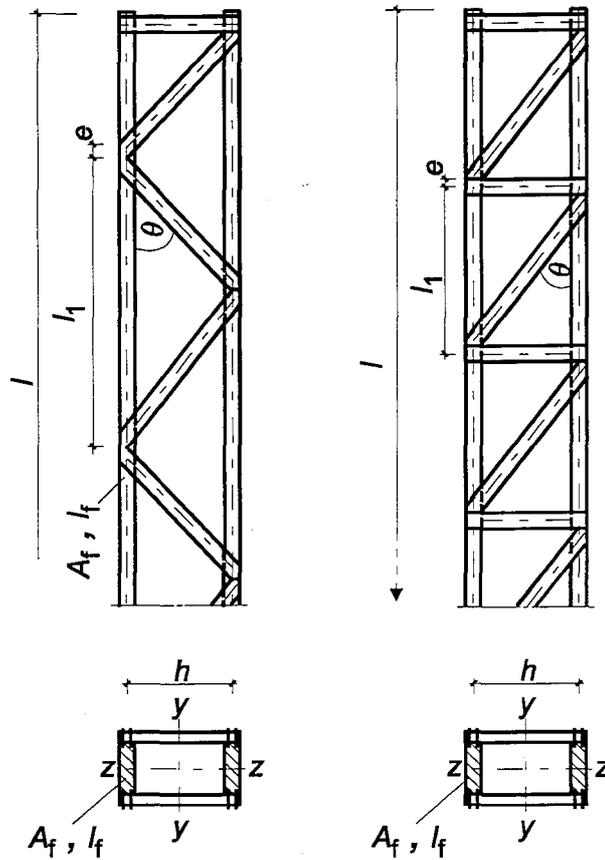


Bild 8.9: Gitterstäbe

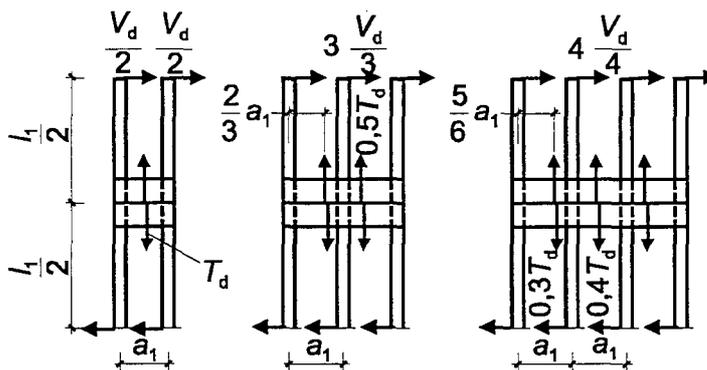


Bild 8.10: Querkraftverteilung und Belastung der Querverbindungen bei Rahmenstäben

Für gespreizte Stäbe (Rahmenstäbe) sind die Querverbindungen für die in **Bild 8.10** angegebenen Schubkräfte T_d nachzuweisen. Für T_d darf angenommen werden:

$$T_d = \frac{V_d \cdot l_1}{a_1} \quad (8.69)$$

Für Gitterstäbe sind die Pfosten und ihre Anschlüsse für V_d , die Streben und ihre Anschlüsse für $V_d/\sin\theta$ nachzuweisen.

8.6 Nachweise für Dach-, Decken- und Wandscheiben

8.6.1 Dach- und Deckenscheiben

(1) Dieser Abschnitt gilt für Dach- und Deckenscheiben, die durch eine Gleichstreckenlast (z. B. aus Wind- einwirkung) beansprucht werden. Sie bestehen entweder aus Platten aus Holzwerkstoffen und einer Unter- konstruktion (z.B. Träger oder Binder mit Pfetten), die miteinander kraftschlüssig durch stiftförmige Verbin- dungsmittel verbunden sind (siehe Bild 8.11), oder aus Tafелеlementen (siehe Bild 8.13).

(2) Beim Nachweis der Platten und der Unterkonstruktion bzw. der Tafелеlemente sind die Beanspruchun- gen aus der Scheibenwirkung zusätzlich zu den sonstigen Beanspruchungen (z.B. aus Biegung oder Druck) zu berücksichtigen. Die Scheibenbeanspruchung darf vereinfachend nach Absatz (3) bis (7) nachgewiesen werden.

(3) Wenn die Gurte und Auflagerrippen nicht gestoßen oder ihre Stöße für mindestens die 1,5fache Gurt- oder Auflagerkraft bemessen sind, dürfen Scheiben vereinfachend nach der Balkentheorie nachgewiesen werden, wobei die Gurte für die Kraft aus dem größten Biegemoment zu bemessen sind, die Scheibenhöhe h_s rechnerisch nicht größer als $l_s/2$ angesetzt werden darf und die Scheibendurchbiegung $u_{2,inst}$ nicht mehr als $l_s/1000$ betragen darf.

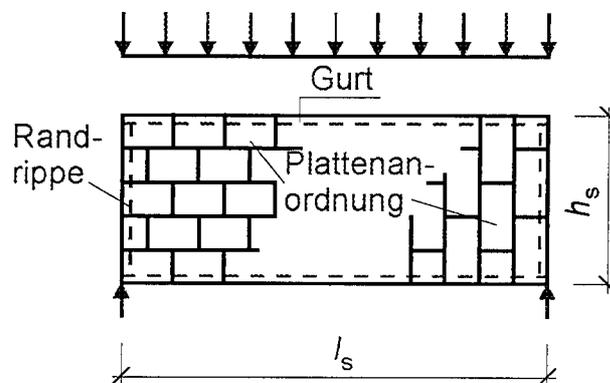


Bild 8.11: Beispiele für versetzte Plattenanordnung von Dach- oder Deckenscheiben

(4) Die Stützkkräfte von über mehrere Felder durchlaufenden Scheiben dürfen näherungsweise ohne Be- rücksichtigung einer Durchlaufwirkung bestimmt werden.

(5) Der Bemessungswert der Schubtragfähigkeit von Scheiben mit stiftförmigen Verbindungsmitteln darf berechnet werden zu

$$R_{v,d} = k_{sv} \cdot R_{f,d} \cdot h_s / s \quad (8.70)$$

Hierin bedeuten:

k_{sv} Faktor zur Berücksichtigung der Anordnung und Verbindungsart der Platten, siehe Absatz (6),

$R_{f,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels auf Abscheren,

h_s Scheibenhöhe,

s Abstand der Verbindungsmittel untereinander.

(6) Der Faktor k_{sv} in Gl. (8.70) darf angenommen werden zu:

$k_{sv} = 1,0$ für Scheiben aus Platten, die an allen Rändern untereinander sowie mit den Gurten und Randrippen schubsteif verbunden sind, siehe Absatz (12),

$k_{sv} = 0,66$ für Scheiben aus Platten, die an den rechtwinklig zu den Rippen verlaufenden Plattenrän- dern nicht schubsteif miteinander verbunden sind, siehe Absatz (13).

(7) Bei Scheiben der Stützweite l_s mit Öffnungen der Höhe $\Delta h_s \leq 0,2 \cdot h_s$ darf der vereinfachte Nachweis nach Absatz (3) bis (6) mit einer verringerten Höhe $h_s - \Delta h_s$ geführt werden.

(8) Für Scheiben, die nach Absatz (3) bis (6) bemessen werden, ist ein Nachweis der Scheibendurchbie- gung nicht erforderlich, wenn

- die Scheibenhöhe h_s mindestens $\ell_s/4$ beträgt,
- die Seitenlänge der Platten mindestens 1,0 m beträgt und
- der Nagelabstand s im Bereich der gesamten Scheibe eingehalten wird.

(9) Werden für den Anschluss der Holzwerkstoffplatten stiftförmige Verbindungsmittel verwendet, so dürfen die charakteristischen Tragfähigkeiten nach Abschnitt 10 mit um 20 % erhöhten Werten in Rechnung gestellt werden.

(10) Wenn die Holzwerkstoffplatten versetzt angeordnet und schubsteif verbunden sind (siehe **Bild 8.11**), darf der Verbindungsmittelabstand entlang den nicht durchlaufenden Plattenrändern um 50 % bis zu einem Größtwert von 150 mm vergrößert werden, ohne dass die charakteristische Tragfähigkeit als geringer zu betrachten ist.

(11) Platten, die nicht unmittelbar auf der Unterkonstruktion gestoßen sind, können z.B. mittels eines Stoßholzes (siehe **Bild 8.12**) schubsteif verbunden werden. Für die Befestigung der Platten an die Stoßhölzer sind Sondernägeln, Holzschrauben oder bauaufsichtlich zugelassene Klammern zu verwenden.

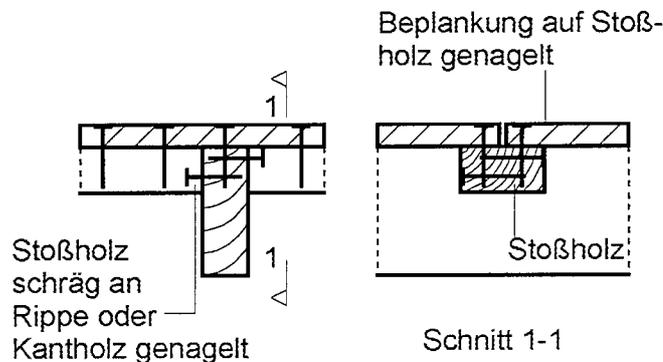


Bild 8.12: Beispiel für die schubsteife Verbindung eines Plattenrandes mittels eines Stoßholzes

(12) Platten brauchen untereinander an den rechtwinklig zu den Rippen verlaufenden Rändern nicht schubsteif verbunden zu werden, sofern folgende Bedingungen eingehalten sind:

- der Bemessungswert der Einwirkungen ist nicht größer als 5,0 kN/m,
- die Scheibenhöhe h_s beträgt mindestens $\ell_s/4$,
- die Plattenstöße sind versetzt angeordnet (siehe **Bild 8.11**),
- bei Stützweiten oder Scheibenhöhen größer als 12,5 m sind nicht mehr als drei Plattenreihen vorhanden,
- der Rippenabstand der Unterkonstruktion beträgt höchstens das 0,75fache der Seitenlänge der Platten in Rippenrichtung,

(13) Bei aus Tafелеlementen zusammengesetzten Dach- und Deckenscheiben (siehe **Bild 8.13**) muss die Scheibenhöhe h_s mindestens $\frac{1}{4}$ der Scheibenspannweite ℓ_s betragen.

8.6.2 Wandscheiben

(1) Dieser Abschnitt gilt für Wandscheiben aus Tafелеlementen, die an ihrer Oberkante in Scheibenebene durch waagerechte Lasten, zusätzlich gegebenenfalls durch lotrechte Lasten, beansprucht werden. Die Tafелеlemente sind allseits durch Rippen begrenzt und können zusätzlich Mittelrippen haben. Die Rippen sind ein- oder beidseitig mit Holzwerkstoffen beplankt oder mit diagonaler Bretterschalung versehen. Die Beplankung ist mit den Rippen durch Klebung oder mit stiftförmigen Verbindungsmitteln verbunden.

(2) Wandscheiben können aus einem oder aus mehreren Tafелеlementen bestehen (siehe **Bild 8.14**). Die Breite b eines Tafелеlementes wird begrenzt durch

- den Abstand der Randrippen (**Bild 8.14 links**) oder
- den Abstand der Beplankungsstöße (**Bild 8.14 rechts**).

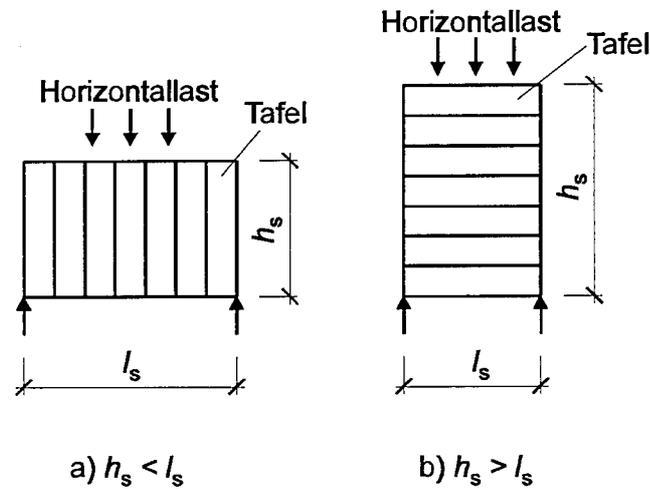


Bild 8.13: Beispiele für aus Tafel-elementen zusammengesetzte Dach- oder Deckenscheiben

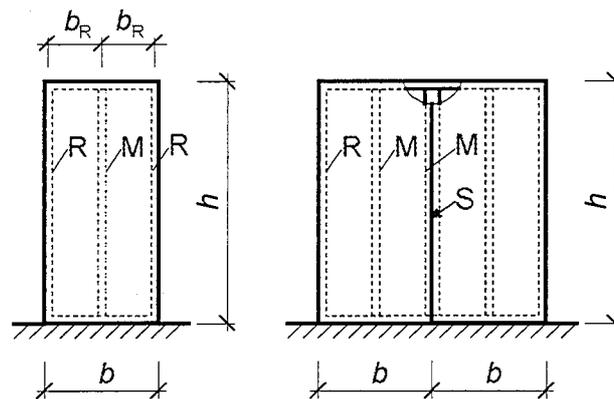


Bild 8.14: Beispiele für Wandscheiben aus einem (links) oder zwei Tafel-elementen (rechts)
R Randrippe; M Mittelrippe; S Beplankungsstoß

- (3) Knicken der Rippen in Scheibenebene braucht nicht nachgewiesen zu werden bei
- beidseitiger Beplankung,
 - einseitiger Beplankung und Einhaltung eines Seitenverhältnisses der auszusteifenden Rippe von $h/b \leq 4$.

- (4) Für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{F_{v,d}}{R_{v,d}} \leq 1 \quad (8.71)$$

Hierin bedeuten:

$F_{v,d}$ Bemessungswert der Horizontallast in Wandscheibenebene,

$R_{v,d}$ Bemessungswert der Wandscheiben-Tragfähigkeit.

- (5) Für Wandscheiben mit stiftförmigen Verbindungsmitteln zwischen Beplankung und Rippen darf der Bemessungswert der Wandscheiben-Tragfähigkeit vereinfachend nach Absatz (6) ermittelt werden, sofern die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

- die Wandscheibe weist keine Öffnungen größer als 200 x 200 mm auf,

- der Verbindungsmittelabstand s entlang sämtlicher Plattenränder ist konstant,
- die Wandscheibenbreite b_s beträgt mindestens das 0,25fache der Scheibenhöhe h_s .

(6) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{v,d}$ einer Wandscheibe darf vereinfachend unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel und des Beulens der Beplankung berechnet werden zu

$$R_{v,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} R_{f,d} \cdot \frac{b_s}{s} \\ \tau_{crit} \cdot t \cdot b_s / 1,3 \end{array} \right. \quad (8.72a,b)$$

Hierin bedeuten:

$$\tau_{crit} = \left(5,35 + 4 \cdot \frac{h_s^2}{b_R^2} \right) \cdot \frac{\pi^2 \cdot t^2 \cdot E_{mean}}{12 \cdot h_s^2}$$

- $R_{f,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels auf Abscheren,
- b_s Wandscheibenbreite (siehe Bild 8.15),
- s Abstand der Verbindungsmittel untereinander,
- τ_{crit} kritische Beulspannung,
- t Dicke der Beplankung,
- h_s Wandscheibenhöhe,
- b_R Rippenabstand (siehe Bild 8.14),
- E_{mean} Elastizitätsmodul der Beplankung für Plattenbeanspruchung, (bei nicht isotropen Werkstoffen darf das geometrische Mittel der Werte in den Hauptrichtungen eingesetzt werden).

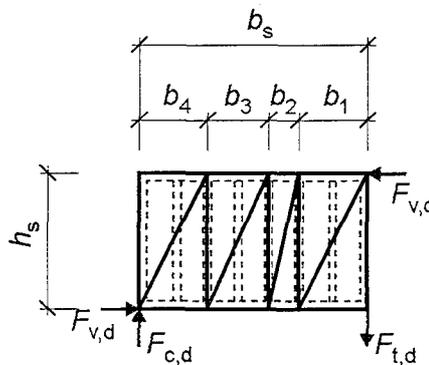


Bild 8.15: Beispiel einer aus mehreren Tafel-elementen bestehenden Wandscheibe

- (7) Bei der Berechnung von $R_{f,d}$ dürfen die charakteristischen Tragfähigkeiten nach Abschnitt 10 mit um 20 % erhöhten Werten in Rechnung gestellt werden.
- (8) Der Abstand der Verbindungsmittel entlang der Beplankungsränder darf bei Nägeln und Klammern höchstens 150 mm, bei Schrauben höchstens 200 mm betragen. In den anderen Bereichen darf der Abstand höchstens 300 mm betragen (siehe Bild 8.16). Als Randabstand darf das Maß $a_{4,c}$ (siehe Bild 10.1) gewählt werden.
- (9) Für Wandscheiben mit geklebter Verbindung von Beplankung und Rippen darf $R_{v,d}$ sinngemäß berechnet werden.
- (10) Wenn auf beiden Seiten der Tafel-elemente die gleiche Art und Dicke der Beplankung angebracht wird, darf die Tragfähigkeit als Summe der Beiträge beider Beplankungen berechnet werden. Falls unterschiedliche Holzwerkstoffplatten oder Verbindungsmittel auf beiden Seiten verwendet werden, darf die Tragfähigkeit der schwächeren Seite nur zu 80% in Rechnung gestellt werden.

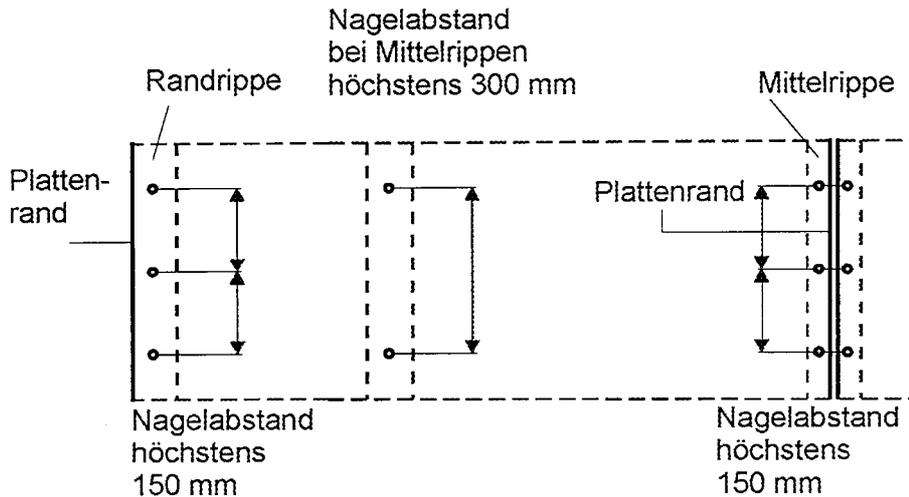


Bild 8.16: Nagelabstand bei Wandtafeln

(11) Die druckbeanspruchten Rippen sind für folgende Druckkräfte zu bemessen und anzuschließen:

$$F_{c,d} = \begin{cases} 0,67 \cdot F_{v,d} \cdot \frac{h_s}{b_s} & \text{im Falle beidseitiger Beplankung} \\ 0,75 \cdot F_{v,d} \cdot \frac{h_s}{b_s} & \text{im Falle einseitiger Beplankung} \end{cases} \quad (8.73a,b)$$

(12) Mittelrippen sind für folgende Druckkraft zu bemessen und anzuschließen:

$$F_{c,d} = 0,20 \cdot F_{v,d} \cdot \frac{h_s}{b_s} \quad (8.74)$$

(13) Die zugbeanspruchten Rippen sind unmittelbar in der Unterkonstruktion zu verankern und für folgende Zugkraft zu bemessen und anzuschließen:

$$F_{t,d} = F_{v,d} \cdot \frac{h_s}{b_s} \quad (8.75)$$

(14) Werden Wandscheiben durch Zusammenfügen von mehreren Tafелеlementen gebildet, so sind, sofern kein genauere Nachweis erfolgt, die Verbindungsmittel zur Verbindung der Tafелеlemente für die Schubkraft $T_d = F_{t,d}$ zu bemessen. Ferner sind im Kopf- und erforderlichenfalls auch im Fußbereich durchgehende Gurte anzuordnen, deren Anschlüsse für die Weiterleitung der Horizontallast $F_{v,d}$ zu bemessen sind.

(15) Wenn einzelne Tafелеlemente einer Wandscheibe Tür- oder Fensteröffnungen aufweisen, dürfen diese bei der Berechnung der Tragfähigkeit vernachlässigt werden. Jede Gruppe aneinanderstoßender Tafелеlemente ist, wie in **Bild 8.17** dargestellt, als einzelne Wandscheibe nachzuweisen und zu verankern.

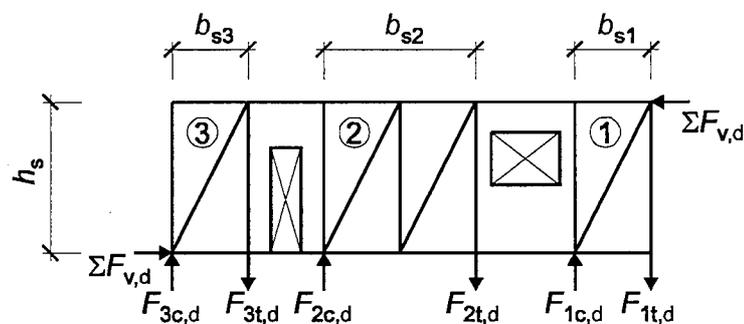


Bild 8.17: Verankerungspunkte einer Wandscheibe mit Öffnungen

(16) Werden Wandtafeln mit diagonaler Bretterschalung ausgebildet, so ist der Tragfähigkeits- bzw. Knicknachweis für die Bretterschalung mit einer ideellen Breite $b_i = 0,20 b_s$, höchstens jedoch $b_i = 0,2 h_s$, zu führen, wobei Schlankheitsgrade bis $\lambda = 200$ zulässig sind. Als Knicklänge ℓ_{ef} ist die Länge der Diagonalen

zwischen den stützenden Rippen einzusetzen. Die für den Anschluss der Diagonalkraft erforderliche Nagel- oder Schraubenzahl darf auf die Länge $b_s/2 + h_s/2$ gleichmäßig verteilt werden.

8.7 Nachweise für Flächentragwerke

8.7.1 Flächen aus Schichten

(1) Die aus den Schnittgrößen berechneten Spannungen sind den Bemessungswerten der Festigkeiten gegenüberzustellen. Bei Querschnitten aus verschiedenen Schichten gilt dies für jede Schicht i eines Querschnittes. Dabei sind die Spannungen in den Hauptrichtungen (in der Regel Faserrichtung und rechtwinklig dazu, siehe **Bild 6.7**) aus Platten- und Scheibenbeanspruchung zu betrachten. Gleichzeitiges Auftreten von verschiedenen Spannungen ist zu berücksichtigen.

(2) Die folgenden Bedingungen für die Beanspruchung in Faserrichtung müssen in jeder Schicht erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\tau_{\text{drill},d}}{f_{v,d}} \leq 1 \quad (8.76)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\tau_{\text{drill},d}}{f_{v,d}} \leq 1 \quad (8.77)$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1 \quad (8.78)$$

Hierin bedeuten:

$\sigma_{t,0,d}$	Bemessungswert der Zugspannung in Faserrichtung im Schwerpunkt der Schicht,
$\sigma_{c,0,d}$	Bemessungswert der Druckspannung in Faserrichtung im Schwerpunkt der Schicht,
$\sigma_{m,d}$	Bemessungswert der Biegespannung in Faserrichtung der Schicht,
$\tau_{\text{drill},d}$	Bemessungswert der Schubspannung aus dem Drillmoment m_{xy} in der Schicht (entspricht τ_{xy} in Bild 6.7),
τ_d	Bemessungswert der Schubspannung aus Querkraft q_x .

(3) Die folgenden Bedingungen für die Beanspruchung rechtwinklig zur Faserrichtung und den Rollschub müssen in jeder Schicht erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d}} + \frac{\tau_{R,d}}{f_{R,d}} \leq 1 \quad (8.79)$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} + \frac{\tau_{R,d}}{f_{R,d}} \leq 1 \quad (8.80)$$

Hierin bedeuten:

$\sigma_{t,90,d}$	Bemessungswert der Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung in der Schicht aus Biegung und Normalkraft,
$\sigma_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckspannung rechtwinklig zur Faserrichtung in der Schicht aus Biegung und Normalkraft,
$\tau_{R,d}$	Bemessungswert der Rollschubspannung in der Schicht.

(4) Bei zusammengeklebten Schichten gilt für den Nachweis der Klebfuge Abschnitt 12.

(5) Bei Schichten, die mit mechanischen Verbindungsmitteln verbunden sind, gelten für den Nachweis der Schubübertragung die Abschnitte 10 und 11.

8.7.2 Flächen aus Vollholzlamellen

(1) Beim Nachweis der Tragwirkung in Faserrichtung dürfen die Bemessungswerte der Biege- und Schubfestigkeiten um einen Systembeiwert k_1 erhöht in Rechnung gestellt werden:

$$f_{m,l,d} = k_l \cdot f_{m,d} \quad (8.81)$$

$$f_{v,l,d} = k_l \cdot f_{v,d} \quad (8.82)$$

Hierin bedeuten:

- $f_{m,d}$ Bemessungswert der Biegefestigkeit der Lamelle,
 $f_{v,d}$ Bemessungswert der Schubfestigkeit der Lamelle,
 k_l Systembeiwert nach **Bild 8.18**.

Die Anzahl der mitwirkenden Lamellen ergibt sich wie folgt:

$$n = b_{ef} / b_{lam} \quad (8.83)$$

Hierin bedeuten:

- b_{ef} mitwirkende Breite; $b_{ef} = M_{Träger} / m_{Platte}$
 $M_{Träger}$ ist das Biegemoment aus Trägerberechnung,
 m_{Platte} ist das Biegemoment aus Plattenberechnung.
 b_{lam} Breite der Lamelle nach **Bild 6.8**.

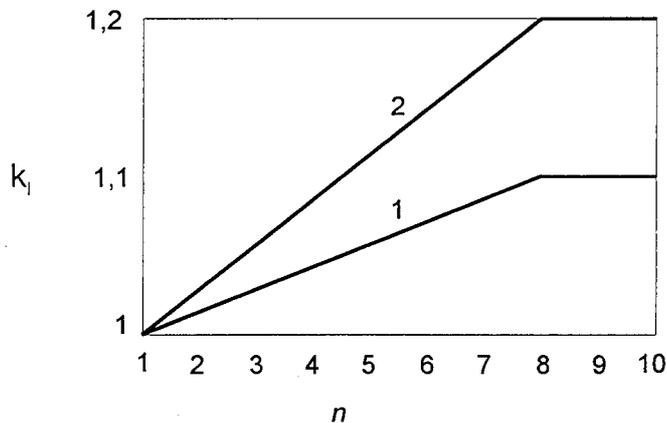


Bild 8.18: Systembeiwert k_l für Lamellen in Abhängigkeit von der Anzahl n der mitwirkenden Lamellen
 Linie 1: nachgiebig verbundene Lamellen
 Linie 2: zusammengespannte oder verklebte Lamellen

(2) Für die Spannungen rechtwinklig zur Lamellenrichtung, die aus einer Teilflächenbelastung herrühren, müssen die Bedingungen der Gleichungen (8.79) und (8.80) für den Querschnittsrand und die Querschnittsmitte erfüllt sein.

(3) Bei Flächen aus nachgiebig verbundenen Lamellen und Teilflächenbelastung ist die Querkraftübertragung von Lamelle zu Lamelle über stiftförmige Verbindungsmittel nach Abschnitt 10 nachzuweisen.

(4) Bei Flächen aus zusammengespannten Lamellen und Teilflächenbelastung muß folgende Bedingung erfüllt sein:

$$q_{v,d} < \mu_d \cdot \sigma_{p,min} \cdot h \quad (8.84)$$

Hierin bedeuten:

- $q_{v,d}$ Bemessungswert der Querkraft, die von Lamelle zu Lamelle zu übertragen ist,
 $\sigma_{p,min}$ geringste verbleibende Langzeitquerdruckspannung infolge der Vorspannung,
 h Dicke der Platte,
 μ_d Bemessungswert für den Reibungskoeffizienten:
- | | |
|-------------------|-----|
| sägerauh-sägerauh | 0,3 |
| gehobelt-gehobelt | 0,2 |

sägerauh-gehobelt	0,2
Holz-Beton	0,4.

8.7.3 Theorie II.Ordnung, Stabilitätsnachweise

(1) Die Schnittgrößen ebener Flächen mit Druckkräften aus Scheibenbeanspruchung sind nach Theorie II.Ordnung entsprechend Abschnitt 6.3 zu berechnen. Dies ist nicht erforderlich, wenn die Bedingung nach Gleichung (6.1) erfüllt ist. In dieser Bedingung bedeuten:

ℓ_{ef} Ersatzstablänge der Fläche; bei Wänden ist ℓ_{ef} die Geschosshöhe oder der halbe Abstand der Aussteifungen durch Querwände (der kleinere Wert ist maßgebend),

$E_{0,05}I$ Biegesteifigkeit für die Breite $b = 1$ nach **Anhang F**,

N_d Druckkraft für die Breite $b = 1$.

(2) Schalen sind auf Beulen zu untersuchen, sofern die Beulsicherheit nicht offensichtlich ist.

(3) Der Beulnachweis von Flächen zusammengesetzter Bauteile ist erbracht, wenn die Bedingungen nach **Tabelle 6.1** bzw. die Bedingungen nach den Gleichungen (8.54) und (8.55a,b) eingehalten sind.

9 Queranschlüsse, Ausklinkungen, Durchbrüche und Verstärkungen

9.1 Queranschlüsse

(1) Werden Bauteile mit Rechteckquerschnitt durch eine Kräfteinleitung rechtwinklig zur Holzfaserrichtung beansprucht (siehe z.B. **Bild 9.1**), dürfen die dadurch verursachten Querzugspannungen wie folgt berücksichtigt werden. Für Queranschlüsse mit $a/h > 0,7$ ist ein Nachweis nicht erforderlich.

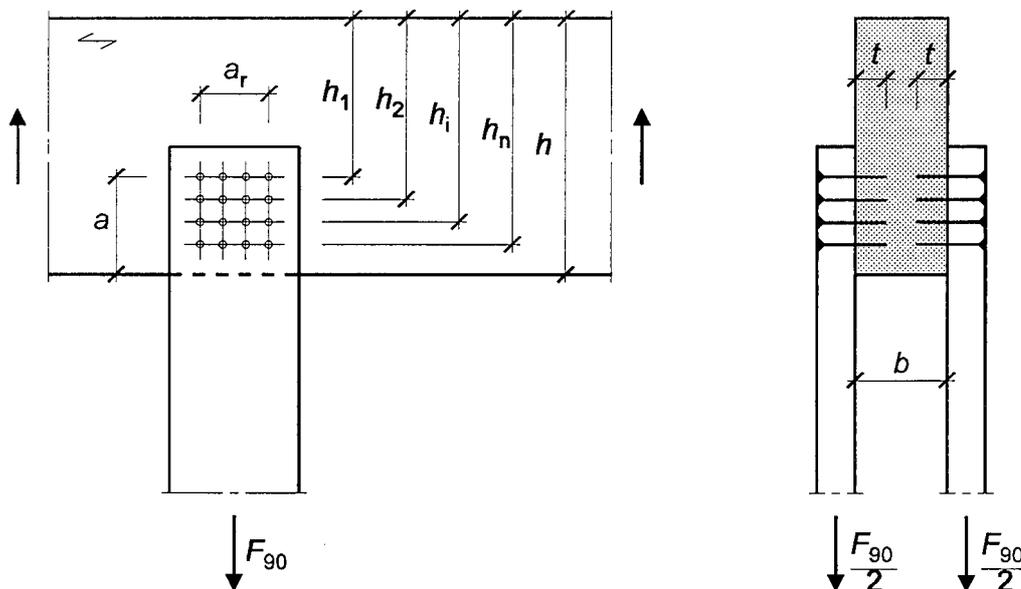


Bild 9.1 Beispiel eines Queranschlusses mit Bezeichnungen

(2) Für Queranschlüsse mit $a/h \leq 0,7$ ist die folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{F_{90,d}}{R_{90,d}} \leq 1 \quad (9.1)$$

mit

$$R_{90,d} = k_s \cdot k_r \cdot \left(6,5 + \frac{18 \cdot a^2}{h^2} \right) \cdot (t_{ef} \cdot h)^{0,8} \cdot f_{t,90,d} \quad (9.2)$$

wobei

$$k_s = \max \begin{cases} 1 \\ 0,7 + \frac{1,4 \cdot a_r}{h} \end{cases} \quad (9.3)$$

und

$$k_r = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{h_1}{h_i} \right)^2} \quad (9.4)$$

Hierin bedeuten:

- $F_{90,d}$ Bemessungswert der Kraftkomponente quer zur Faserrichtung in N,
- $R_{90,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit des Bauteils in N,
- k_s Beiwert zur Berücksichtigung mehrerer nebeneinander angeordneter Verbindungsmittel,
- k_r Beiwert zur Berücksichtigung mehrerer übereinander angeordneter Verbindungsmittel, (für eingeklebte Stahlstäbe siehe Abschnitt 12.3),
- a Abstand des (obersten) Verbindungsmittels vom beanspruchten Rand in mm,
- a_r Abstand der beiden äußersten Verbindungsmittel (siehe **Bild 9.1**); der Abstand der Verbindungsmittel untereinander in Faserrichtung des querzuggefährdeten Holzes darf $0,5 \cdot h$ nicht überschreiten,
- h Höhe des Bauteils in mm,
- t_{ef} wirksame Anschlußtiefe in mm,
- n Anzahl der Verbindungsmittelreihen,
- h_i Abstand der jeweiligen Verbindungsmittelreihe vom unbeanspruchten Bauteilrand (siehe **Bild 9.1**).

(3) Bei beidseitigem oder mittigem Queranschluß gilt:

$$t_{ef} = \min \begin{cases} \sum t \\ 24 \cdot d \end{cases} \quad \text{für Holz-Holz- bzw. Holzwerkstoff-Holzverbindungen mit Nägeln oder Holzschrauben,}$$

$$t_{ef} = \min \begin{cases} \sum t \\ 30 \cdot d \end{cases} \quad \text{für Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen,}$$

$$t_{ef} = \min \begin{cases} \sum t \\ 12 \cdot d \end{cases} \quad \text{für Stabdübel- und Bolzenverbindungen,}$$

$$t_{ef} = \min \begin{cases} b \\ 100 \text{ mm} \end{cases} \quad \text{für Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart,}$$

$$t_{ef} = \min \begin{cases} b \\ 6 \cdot d \end{cases} \quad \text{für Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben.}$$

Hierin bedeuten:

$\sum t$ kleinerer Wert aus b und doppelter Eindringtiefe der Verbindungsmittel,

b Breite des Bauteils.

(4) Bei einseitigem Queranschluß gilt:

$$t_{ef} = \min \begin{cases} t \\ 12 \cdot d \end{cases} \quad \text{für Holz-Holz- bzw. Holzwerkstoff-Holzverbindungen mit Nägeln oder Holzschrauben,}$$

$$t_{ef} = \min \begin{cases} t \\ 15 \cdot d \end{cases} \quad \text{für Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen,}$$

$$t_{ef} = \min \begin{cases} t \\ 6 \cdot d \end{cases} \quad \text{für Stabdübel- und Bolzenverbindungen,}$$

$$t_{ef} = \min \begin{cases} b \\ 50 \text{ mm} \end{cases} \quad \text{für Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart.}$$

Hierin bedeutet:

t kleinerer Wert aus b und der Eindringtiefe der Verbindungsmittel.

(5) Sind mehrere Verbindungsmittelgruppen nebeneinander angeordnet, darf der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{90,d}$ für eine Verbindungsmittelgruppe nach Gleichung (9.2) ermittelt werden, wenn der lichte Abstand in Faserrichtung zwischen den Verbindungsmittelgruppen mindestens $2 \cdot h$ beträgt.

(6) Beträgt der lichte Abstand in Faserrichtung zwischen mehreren, nebeneinander angeordneten Verbindungsmittelgruppen nicht mehr als $0,5 \cdot h$, sind die Verbindungsmittel dieser Gruppen als eine Verbindungsmittelgruppe zu betrachten.

(7) Beträgt der lichte Abstand in Faserrichtung zwischen mehreren, nebeneinander angeordneten Verbindungsmittelgruppen mindestens $0,5 \cdot h$ und weniger als $2 \cdot h$, ist der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{90,d}$ nach Gleichung (9.2) pro Verbindungsmittelgruppe mit dem Beiwert k_g zu reduzieren:

$$k_g = \frac{\ell_g}{4 \cdot h} + 0,5 \quad (9.5)$$

Hierin bedeutet:

ℓ_g lichter Abstand zwischen den Verbindungsmittelgruppen.

9.2 Ausklinkungen

(1) Bei Trägern, die an den Enden ausgeklinkt sind (siehe **Bild 9.2** und **9.3**), ist die Schubspannung mit der Höhe h_e zu berechnen.

(2) Der Einfluß der Spannungskonzentration in der Ausklinkung darf nach Absatz (3) berücksichtigt werden.

(3) Für Ausklinkungen am Endauflager von Trägern mit Rechteckquerschnitt ist die folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot h_e}}{k_v \cdot f_{v,d}} \leq 1 \quad (9.6)$$

Anderenfalls sind Ausklinkungen nach Abschnitt 9.4.3 zu verstärken.

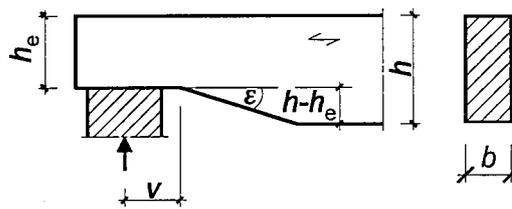


Bild 9.2: Ausklinkung auf der belasteten Seite

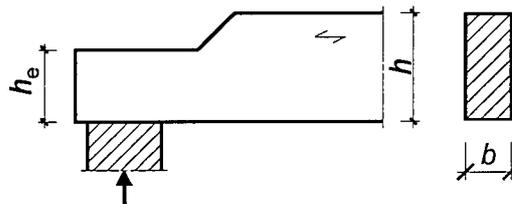


Bild 9.3: Ausklinkung auf der unbelasteten Seite

Für Träger mit Ausklinkungen auf der belasteten Seite (siehe **Bild 9.2**) ist

$$k_v = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ k_{90} \cdot k_\varepsilon \end{array} \right. \quad (9.7)$$

wobei

$$k_{90} = \frac{k_n}{\sqrt{h} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{v}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} \quad (9.8)$$

und

$$k_\varepsilon = 1 + \frac{1,1}{\tan \varepsilon \cdot \sqrt{h} \cdot \tan \varepsilon} \quad (9.9)$$

Hierin bedeuten:

h Trägerhöhe in mm,

v Abstand zwischen Kraftwirkungslinie der Auflagerkraft und Ausklinkungsecke in mm,

ε Steigungswinkel des Anschnitts,

$\alpha = h_e / h$,

$k_n = 5$ für Vollholz und Balkenschichtholz,

$k_n = 6,5$ für Brettschichtholz und Furnierschichtholz.

Die Gleichung (9.6) darf nur angewendet werden, wenn $\alpha \geq 0,5$ und $v/h \leq 0,4$ ist.

Für Träger mit Ausklinkungen auf der unbelasteten Seite (siehe **Bild 9.3**) ist $k_v = 1$.

9.3 Durchbrüche

(1) Durchbrüche in Trägern sind Öffnungen mit den lichten Maßen $d > 50$ mm (siehe **Bild 9.4**). Sie dürfen in unverstärkten Trägerbereichen mit planmäßiger Querzugbeanspruchung nicht angeordnet werden. Außerdem gelten die folgenden Mindest- und Höchstmaße:

$l_v \geq h$	$l_z \geq h$, jedoch mindestens 300 mm	$l_A \geq h/2$	$h_{ro(ru)} \geq 0,25 \cdot h$	$a \leq h$	$h_d \leq 0,4 \cdot h$
--------------	-----------------------------------------	----------------	--------------------------------	------------	------------------------

(2) Unverstärkte Durchbrüche nach Absatz (1) dürfen nur in Nutzungsklasse 1 und 2 verwendet werden.

(2) Beträgt das lichte Maß $d \leq 50$ mm, dann müssen dennoch die Regeln für Querschnittsschwächungen beachtet werden.

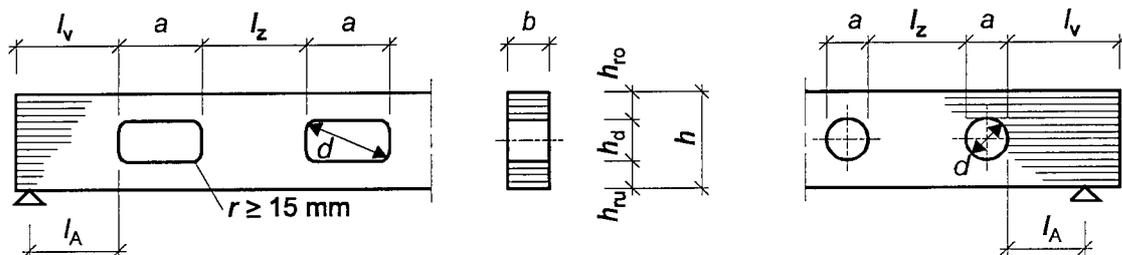


Bild 9.4: Unverstärkte Durchbrüche

(4) Bei Durchbrüchen nach Absatz (1) müssen folgende Bedingungen eingehalten werden:

$$\frac{F_{t,90,d}}{0,5 \cdot l_{t,90} \cdot b \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad (9.10)$$

Hierin bedeuten:

b Trägerbreite,

$f_{t,90,d}$ Bemessungswert der Zugfestigkeit des Brett- oder Furnierschichtholzes rechtwinklig zur Faserrichtung,

und

$$l_{t,90} = 0,5 \cdot (h_d + h) \quad \text{für rechteckige Durchbrüche,} \quad (9.11a)$$

$$l_{t,90} = 0,353 \cdot h_d + 0,5 \cdot h \quad \text{für kreisförmige Durchbrüche.} \quad (9.11b)$$

Der Bemessungswert der Zugkraft $F_{t,90,d}$ ist dabei wie folgt zu ermitteln:

$$F_{t,90,d} = F_{t,v,d} + F_{t,m,d} \quad (9.12)$$

mit

$$F_{t,v,d} = V_d \cdot \left[3 \cdot h_r^2 \left(\frac{1}{(h - h_d)^2} - \frac{1}{h^2} \right) - 2 \cdot h_r^3 \cdot \left(\frac{1}{(h - h_d)^3} - \frac{1}{h^3} \right) \right] \quad (9.13)$$

und

$$F_{t,m,d} = 0,008 \cdot \frac{M_d}{h_r} \quad (9.14)$$

Hierin bedeuten:

V_d Betrag des Bemessungswertes der Querkraft am Durchbruchrand,

$h_r = h_{ro}$ oder $h_r = h_{ru}$ für rechteckige Durchbrüche,

$h_r = h_{ro} + 0,15 \cdot h_d$ oder $h_r = h_{ru} + 0,15 \cdot h_d$ für kreisförmige Durchbrüche,

M_d Betrag des Bemessungswertes des Biegemomentes am Durchbruchrand.

9.4 Verstärkungen

9.4.1 Allgemeines

- (1) Die Abschnitte 9.4.1 bis 9.4.4 beziehen sich auf Bauteile, deren Tragfähigkeit durch eine oder mehrere Verstärkungen rechtwinklig zur Faserrichtung erhöht wird.
- (2) Die Zugfestigkeit des Holzes rechtwinklig zur Faserrichtung wird bei der Ermittlung der Beanspruchungen der Verstärkungen nach den Abschnitten 9.4.2 bis 9.4.4 nicht berücksichtigt.
- (3) Als innenliegende Verstärkungen dürfen folgende Stahlstäbe verwendet werden:
- eingeklebte Gewindebolzen nach DIN 976-1 mit metrischem Gewinde,
 - eingeklebte Betonrippenstähle nach DIN 488-1,
 - Stäbe mit dem Gewinde von Sechskant-Holzschrauben nach DIN 571.
- (4) Als außenliegende Verstärkungsplatten dürfen verwendet werden:
- aufgeklebtes Baufurniersperrholz nach Abschnitt 4.6,
 - aufgeklebtes Furnierschichtholz nach Abschnitt 4.4,
 - aufgeklebte Bretter aus Nadelvollholz,
 - eingepresste Nagelplatten.
- (5) Der Bohrlochdurchmesser im Holz zum Einbringen von eingeklebten Stahlstäben muß den Anforderungen des verwendeten Klebers genügen. Der Bohrlochdurchmesser darf nicht kleiner sein als der Außendurchmesser der eingeklebten Stahlstäbe.
- (6) Beim Einkleben von Stahlstäben und beim Aufkleben von Verstärkungsplatten aus Holz und Holzwerkstoffen sind geeignete Kleber zu verwenden (siehe auch Abschnitt 12).

9.4.2 Queranschlüsse

- (1) Die Verstärkung eines Queranschlusses (siehe Beispiele in **Bild 9.5**) darf für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ bemessen werden:

$$F_{t,90,d} = \frac{1}{k_r} \cdot \left[1 - 3 \cdot \frac{a^2}{h^2} + 2 \cdot \frac{a^4}{h^4} \right] \cdot F_{90,d} \quad (9.15)$$

Hierin bedeuten:

- $F_{90,d}$ Bemessungswert der Anschlußkraft quer zur Faserrichtung des Holzes,
 k_r Beiwert nach Gleichung (9.4), siehe **Abschnitt 9.1**.

- (2) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gleichung (9.15) durch Stahlstäbe ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, daß

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (9.16)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot \ell_{ad}} \quad (9.17)$$

Hierin bedeuten:

$$\ell_{ad} = \min \begin{cases} \ell_{ad,c} \\ \ell_{ad,t} \end{cases} \quad (\text{siehe Bild 9.5}),$$

- n Anzahl der Stahlstäbe; dabei dürfen nicht mehr als zwei in Trägerlängsrichtung hintereinander angeordnete Stäbe in Rechnung gestellt werden,
 d_r Stahlstabaußendurchmesser,
 $f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugenspannung (siehe **Tabelle M.20, Anhang M**).

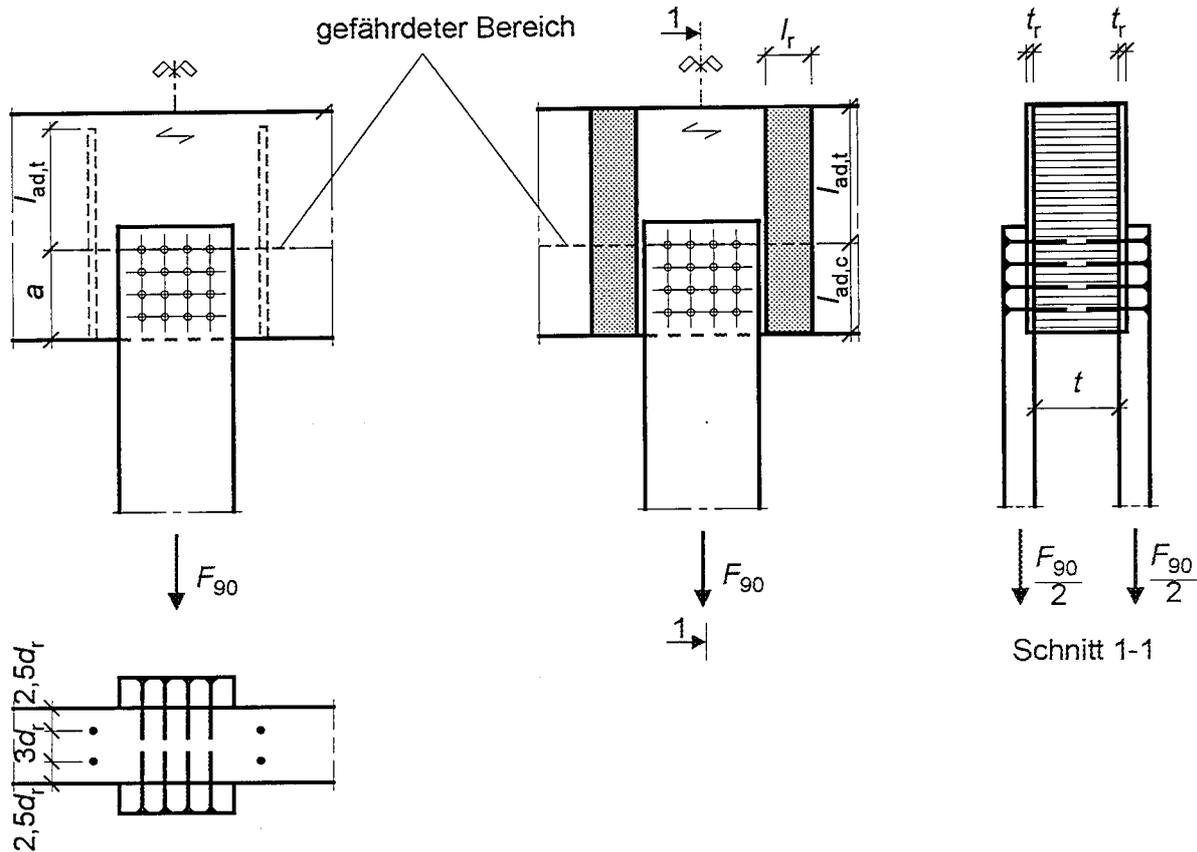


Bild 9.5: Beispiele für Verstärkungen von Queranschlüssen

- (3) Verstärkungen mit Stäben mit dem Gewinde von Sechskantholzschrauben nach DIN 571 sind sinngemäß nach Absatz (2) nachzuweisen. Anstelle des Bemessungswertes der Klebfugenfestigkeit darf dabei 80% des entsprechenden Wertes nach **Tabelle M.20, Anhang M** eingesetzt werden.
- (4) Die Zugbeanspruchung der Stahlstäbe ist mit den Spannungsquerschnitten nachzuweisen.
- (5) Die Randabstände der Stahlstäbe sowie deren Abstände untereinander dürfen die in **Bild 9.5** angegebenen Mindestwerte nicht unterschreiten.
- (6) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gleichung (9.15) durch seitlich aufgeklebte Verstärkungsplatten ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1 \tag{9.18}$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{4 \cdot l_{ad} \cdot l_r} \tag{9.19}$$

Hierin bedeuten:

$$l_{ad} = \min \begin{cases} l_{ad,c} \\ l_{ad,t} \end{cases} \quad (\text{siehe Bild 9.5}),$$

l_r Breite der Verstärkungsplatte (siehe **Bild 9.5**),

$f_{k2,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (siehe **Tabelle M.20, Anhang M**).

- (7) Für die Zugspannung in den aufgeklebten Verstärkungsplatten ist nachzuweisen, daß

$$k_k \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \tag{9.20}$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n_r \cdot t_r \cdot l_r} \quad (9.21)$$

Hierin bedeuten:

- n_r Anzahl der Verstärkungsplatten,
- t_r Dicke einer Verstärkungsplatte,
- k_k Beiwert zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Spannungsverteilung; ohne genaueren Nachweis darf $k_k = 1,5$ angenommen werden,
- $f_{t,d}$ Bemessungswert der Zugfestigkeit des Plattenwerkstoffes in Richtung der Zugkraft $F_{t,90}$.

(8) Die Verstärkungsplatten sind entsprechend **Bild 9.5** aufzukleben, wobei gilt:

$$0,25 \leq \frac{l_r}{l_{ad}} \leq 0,5 \quad (9.22)$$

(9) Verstärkungen mit Nagelplatten sind sinngemäß nach Absatz (6) und (7) nachzuweisen und nach Absatz (8) anzuordnen.

9.4.3 Rechtwinklige Ausklinkungen bei Biegestäben mit Rechteckquerschnitt

(1) Die Verstärkung einer rechtwinkligen Ausklinkung auf der belasteten Seite eines Trägersauflagers (siehe **Bild 9.6**) darf für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ bemessen werden:

$$F_{t,90,d} = 1,3 \cdot V_d \cdot \left[3 \cdot (1-\alpha)^2 - 2 \cdot (1-\alpha)^3 \right] \quad (9.23)$$

Hierin bedeuten:

- V_d Bemessungswert der Querkraft,
- $\alpha = h_e/h$ (siehe **Bild 9.6**).

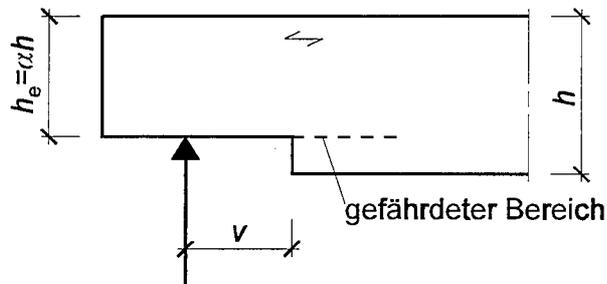


Bild 9.6 : Rechtwinklige Ausklinkung auf der belasteten Trägerseite

(2) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gl. (9.23) durch Stahlstäbe ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, daß

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (9.24)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot l_{ad}} \quad (9.25)$$

Hierin bedeuten:

- l_{ad} wirksame Verankerungslänge (siehe **Bild 9.7**),
- n Anzahl der Stahlstäbe; dabei dürfen nicht mehr als zwei in Trägerlängsrichtung hintereinander angeordnete Stäbe in Rechnung gestellt werden,

- d_r Stahlstabaußendurchmesser (≤ 20 mm),
 $f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (siehe **Tabelle M.20, Anhang M**).

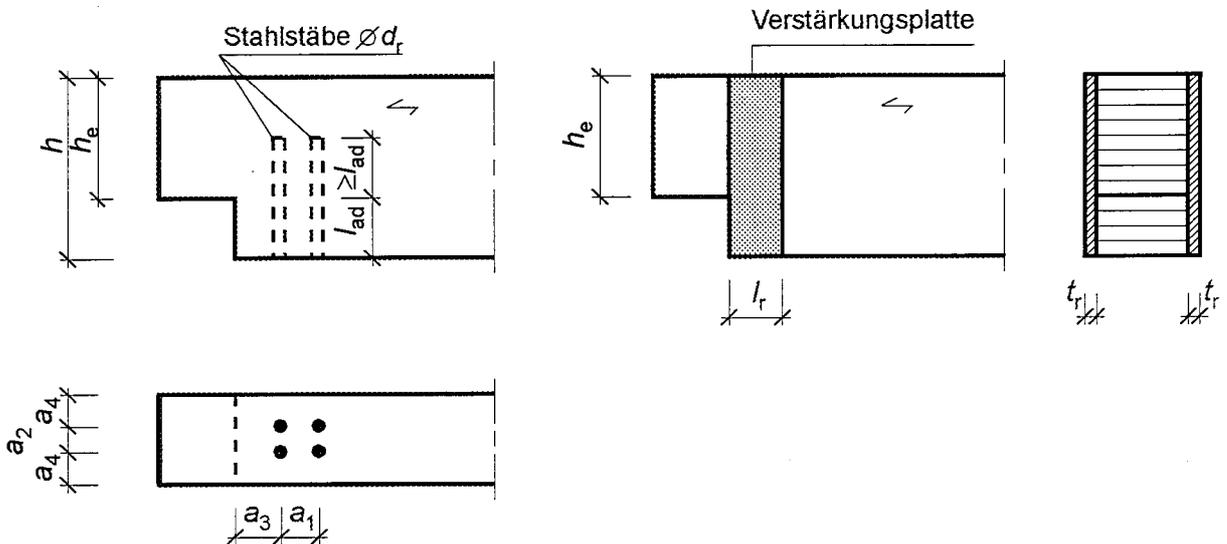


Bild 9.7: Angaben für Verstärkungen rechtwinkliger Ausklinkungen

(3) Verstärkungen mit Stäben mit dem Gewinde von Sechskantholzschrauben nach DIN 571 sind sinngemäß nach Absatz (2) nachzuweisen. Anstelle des Bemessungswertes der Klebfugenfestigkeit darf dabei 80% des entsprechenden Wertes nach **Tabelle M.20, Anhang M** eingesetzt werden.

(4) Die Mindestlänge eines jeden Stahlstabes beträgt $2 \cdot l_{ad}$, der Durchmesser d_r darf 20 mm nicht überschreiten.

(5) Die Zugbeanspruchung der Stahlstäbe ist mit den Spannungsquerschnitten nachzuweisen.

(6) Die Abstände a_1 und a_2 der Stahlstäbe untereinander müssen mindestens $3 \cdot d_r$ und dürfen höchstens $4 \cdot d_r$ betragen. Die Endabstände a_3 und Randabstände a_4 der Stahlstäbe müssen mindestens $2,5 \cdot d_r$ und dürfen höchstens $4 \cdot d_r$ betragen (siehe **Bild 9.7**).

(7) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gl. (9.23) durch seitlich aufgeklebte Verstärkungsplatten ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, daß

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (9.26)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot (h - h_e) \cdot l_r} \quad (9.27)$$

Hierin bedeuten:

- $F_{t,90,d}$ Zugkraft nach Gl. (9.23),
 h, h_e siehe **Bild 9.7**,
 l_r Breite der Verstärkungsplatte (siehe **Bild 9.7**),
 $f_{k2,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (siehe **Tabelle M.20, Anhang M**).

(8) Für die Zugspannung in den aufgeklebten Verstärkungsplatten ist nachzuweisen, daß

$$k_k \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (9.28)$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot t_r \cdot \ell_r} \quad (9.29)$$

Hierin bedeuten:

- t_r Dicke einer Verstärkungsplatte,
 k_k Beiwert zur Berücksichtigung der ungleichförmigen Spannungsverteilung; ohne genaueren Nachweis darf $k_k = 2,0$ angenommen werden,
 $f_{t,d}$ Bemessungswert der Zugfestigkeit des Plattenwerkstoffes in Richtung der Zugkraft $F_{t,90}$.

(9) Die Verstärkungsplatten sind entsprechend **Bild 9.7** aufzukleben, wobei gilt

$$0,25 \leq \frac{\ell_r}{h - h_e} \leq 0,5 \quad (9.30)$$

(10) Verstärkungen mit Nagelplatten sind sinngemäß nach Absatz (7) und (8) nachzuweisen und nach Absatz (9) anzuordnen.

9.4.4 Durchbrüche bei Biegestäben mit Rechteckquerschnitt

(1) Für Durchbrüche, bei denen die geometrischen Randbedingungen nach den Gleichungen (9.31) bis (9.33) eingehalten sind, darf die Verstärkung des Durchbruchs für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gleichung (9.12) bemessen werden. Die Zugkraft $F_{t,90,d}$ ist bei rechteckigen Durchbrüchen in der Höhe der querzugbeanspruchten Durchbruchsecke, bei kreisförmigen Durchbrüchen in der Höhe des querzugbeanspruchten Durchbruchsrandes unter 45° zur Trägerachse vom Kreismittelpunkt aus (siehe **Bild 9.8**) anzunehmen.

$$\ell_A \geq h/2 \quad (9.31)$$

$$a \leq h \quad (9.32)$$

$$h_{ro} \geq h/4 \quad (9.33a)$$

$$h_{ru} \geq h/4 \quad (9.33b)$$

Die folgenden Nachweise sind für jeden gefährdeten Bereich zu führen.

(2) Bei der Verstärkung mit Stahlstäben ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (9.34)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot \ell_{ad}} \quad (9.35)$$

Hierin bedeuten:

$$\ell_{ad} = \begin{cases} h_{ru} + 0,15 \cdot h_d & \text{oder } h_{ro} + 0,15 \cdot h_d \\ h_{ru} & \text{oder } h_{ro} \end{cases}$$

$h_{ru (ro)}$ siehe **Bild 9.9**,

n Anzahl der Stahlstäbe; dabei dürfen nicht mehr als zwei in Trägerlängsrichtung hintereinander angeordnete Stäbe in Rechnung gestellt werden,

d_r Stahlstabaußendurchmesser (≤ 20 mm),

$f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugensfestigkeit (siehe **Tabelle M.20, Anhang M**).

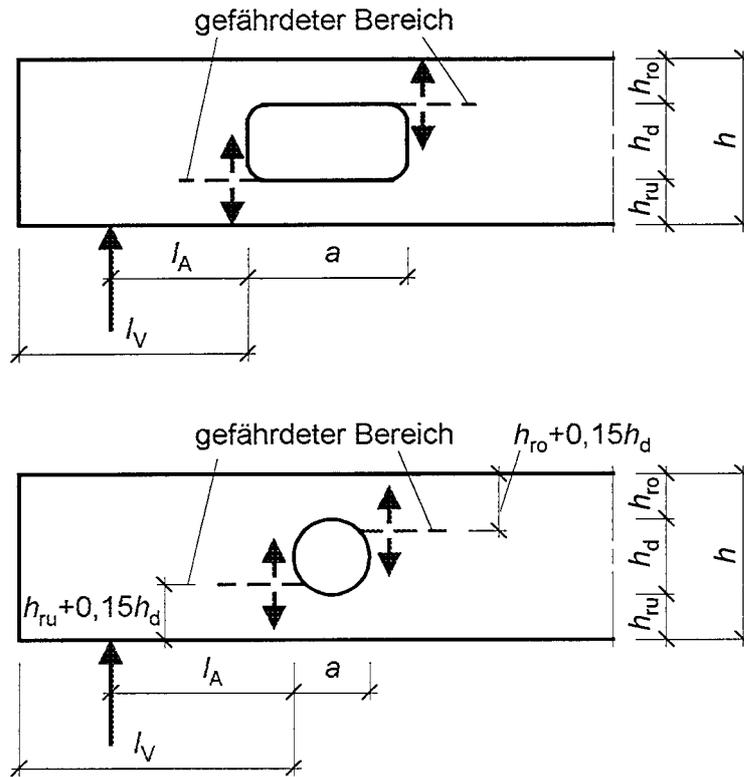


Bild 9.8 : Rechteckiger (oben) und kreisförmiger (unten) Durchbruch eines Biegestabes

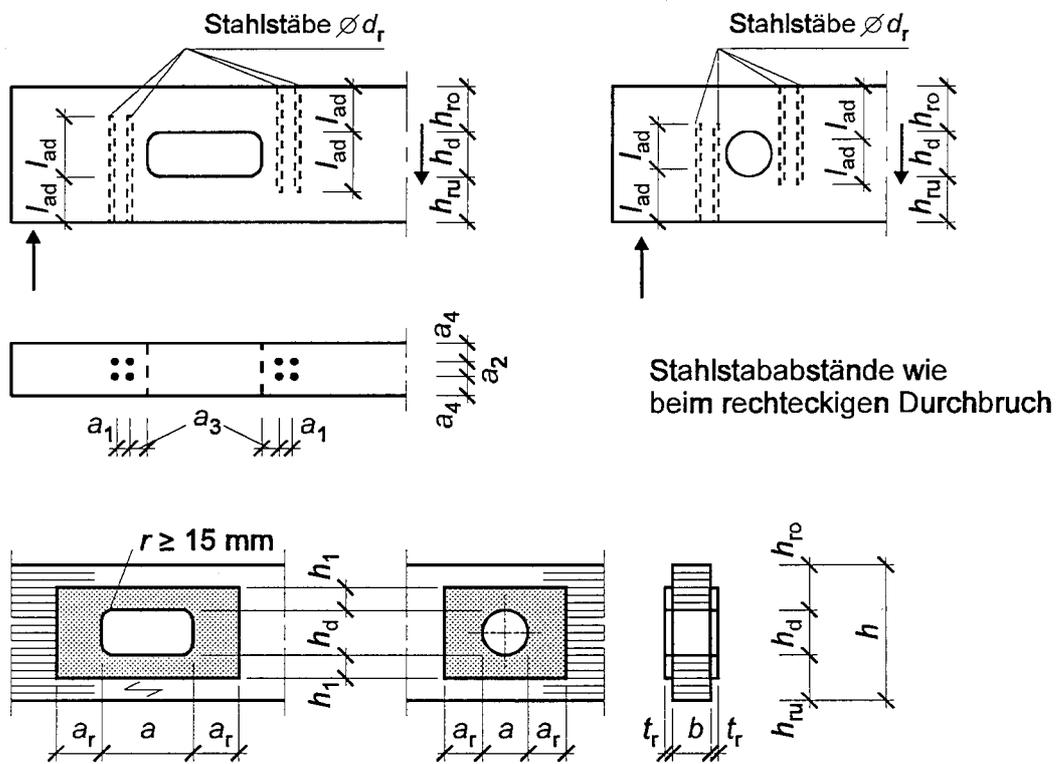


Bild 9.9: Angaben für Verstärkungen von Durchbrüchen

(3) Verstärkungen mit Stäben mit dem Gewinde von Sechskantholzschrauben nach DIN 571 sind sinngemäß nach Absatz (2) nachzuweisen. Anstelle des Bemessungswertes der Klebfugenfestigkeit darf dabei 80% des entsprechenden Wertes nach **Tabelle 20, Anhang M** eingesetzt werden.

(4) Die Mindestlänge eines jeden Stahlstabes beträgt $2 \cdot \ell_{ad}$, der Durchmesser d_f darf 20 mm nicht überschreiten.

(5) Die Zugbeanspruchung der Stahlstäbe ist mit den Spannungsquerschnitten nachzuweisen.

(6) Die Abstände a_1 und a_2 der Stahlstäbe untereinander müssen mindestens $2 \cdot d_f$ und dürfen höchstens $4 \cdot d_f$ betragen. Die Endabstände a_3 und Randabstände a_4 der Stahlstäbe müssen mindestens $2,5 \cdot d_f$ und dürfen höchstens $4 \cdot d_f$ betragen (siehe **Bild 9.9**).

(7) Bei Verstärkungsplatten ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, daß

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (9.36)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot a_r \cdot h_{ad}} \quad (9.37)$$

Hierin bedeuten:

$h_{ad} = h_1$ für rechteckige Durchbrüche,

$h_{ad} = h_1 + 0,15 h_d$ für kreisförmige Durchbrüche,

a_r, h_1, h_d siehe **Bild 9.9**,

$f_{k2,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (siehe **Tabelle M.20, Anhang M**).

(8) Für die Zugspannung in den aufgeklebten Verstärkungsplatten ist nachzuweisen, daß.

$$k_k \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (9.38)$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot a_r \cdot t_r} \quad (9.39)$$

Hierin bedeuten:

a_r, t_r siehe **Bild 9.9**,

k_k Beiwert zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Spannungsverteilung; ohne genaueren Nachweis darf $k_k = 2,0$ angenommen werden,

$f_{t,d}$ Bemessungswert der Zugfestigkeit des Plattenwerkstoffes in Richtung der Zugkraft $F_{t,90}$.

(9) Die Verstärkungsplatten sind entsprechend **Bild 9.9** aufzukleben,

wobei

$$0,25 \cdot a \leq a_r \leq 0,6 \cdot \ell_{t,90} \quad \text{mit } \ell_{t,90} = 0,5 \cdot (h_d + h) \quad (9.40)$$

und

$$h_1 \geq 0,25 \cdot a \quad (9.41)$$

(10) Verstärkungen mit Nagelplatten sind sinngemäß nach Absatz (7) und (8) nachzuweisen und nach Absatz (9) anzuordnen.

9.4.5 Gekrümmte Träger und Satteldachträger aus Brettschichtholz

(1) Die Absätze (2) bis (4) gelten für die Verstärkungen gekrümmter Bereiche von Trägern mit konstanter Trägerhöhe (siehe **Bild 8.5**).

(2) Falls die Bedingung

$$\sigma_{t,90,d} \geq 2,8 \cdot (V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d} \quad (9.42)$$

erfüllt ist, sind die Verstärkungen in der mittleren Hälfte des gekrümmten Bereichs für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = \sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1 \quad (9.43)$$

Hierin bedeuten:

- $\sigma_{t,90,d}$ der Bemessungswert der Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung nach Gl. (8.46),
- b die Trägerbreite,
- a_1 der Abstand der Verstärkungen in Trägerlängsrichtung.

Die Verstärkungen in den äußeren Vierteln des gekrümmten Bereichs sind in diesem Fall für folgende Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = \frac{2}{3} \cdot \sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1 \quad (9.44)$$

(3) Beträgt der Bemessungswert der Querspannung

$$\sigma_{t,90,d} = 0,7 \cdot (V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d} \quad (9.45)$$

sind die Verstärkungen in der mittleren Hälfte des gekrümmten Bereichs mindestens für eine Zugkraft

$$F_{t,90,d} = 0,25 \cdot \sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1 \quad (9.46)$$

zu bemessen. Die Verstärkungen in den äußeren Vierteln des gekrümmten Bereichs sind in diesem Fall für folgende Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = 0,17 \cdot \sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1 \quad (9.47)$$

(4) Für $0,7 \cdot (V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d} < \sigma_{t,90,d} < 2,8 \cdot (V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d}$ darf geradlinig interpoliert werden.

(5) Die Absätze (6) bis (8) gelten für die Verstärkungen in den Firstbereichen von Satteldachträgern mit gekrümmtem unteren Rand (siehe **Bild 8.6**).

(6) Falls die Bedingung

$$\sigma_{t,90,d} \geq 3,4 \cdot (V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d} \quad (9.48)$$

erfüllt ist, sind die Verstärkungen in der mittleren Hälfte des Firstbereichs für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = \sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1 \quad (9.49)$$

Hierin bedeuten:

- $\sigma_{t,90,d}$ der Bemessungswert der Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung nach Gl.(8.51),
- b die Trägerbreite,
- a_1 der Abstand der Verstärkungen in Trägerlängsrichtung.

Die Verstärkungen in den äußeren Vierteln des Firstbereichs sind in diesem Fall für folgende Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = \frac{2}{3} \cdot \sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1 \quad (9.50)$$

(7) Beträgt der Bemessungswert der Quersugspannung

$$\sigma_{t,90,d} = 0,85 \cdot (V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d} \quad (9.51)$$

sind die Verstärkungen in der mittleren Hälfte des Firstbereichs mindestens für eine Zugkraft

$$F_{t,90,d} = 0,25 \cdot \sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1 \quad (9.52)$$

zu bemessen. Die Verstärkungen in den äußeren Vierteln des Firstbereichs sind in diesem Fall für folgende Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = 0,17 \cdot \sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1 \quad (9.53)$$

(8) Für $0,85 \cdot (V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d} < \sigma_{t,90,d} < 3,4 \cdot (V_0 / V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d}$ darf geradlinig interpoliert werden.

(9) Die Absätze (2) bis (4) gelten sinngemäß auch für Satteldachträger mit geradem unterem Rand (siehe **Bild 8.4**). Der Bemessungswert der Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung ist nach Gl. (8.41) zu bestimmen.

(10) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ durch eingeklebte Stahlstäbe ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, daß

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (9.54)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{\pi \cdot \ell_{ad} \cdot d_r} \quad (9.55)$$

Hierin bedeuten:

$F_{t,90,d}$ die Zugkraft je Stahlstab nach Gl. (9.43), (9.44), (9.46), (9.47), (9.49), (9.50), (9.52) und (9.53),

ℓ_{ad} die halbe Einkleblänge des Stahlstabes,

d_r der Stahlstabaußendurchmesser,

$f_{k1,d}$ der Bemessungswert der Klebfugensfestigkeit (siehe **Tabelle M.20, Anhang M**).

(11) Verstärkungen mit Stäben mit dem Gewinde von Sechskantholzschrauben nach DIN 571 sind sinngemäß nach Absatz (8) nachzuweisen. Anstelle des Bemessungswertes der Klebfugensfestigkeit darf dabei 80 % des entsprechenden Wertes nach **Tabelle M.20, Anhang M** eingesetzt werden.

(12) Die Stahlstäbe müssen mit Ausnahme einer Randlamelle über die gesamte Trägerhöhe durchgehen.

(13) Die Zugbeanspruchung der Stahlstäbe ist mit den Spannungsquerschnitten nachzuweisen.

(14) Die Mindestabstände der Stahlstäbe rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes betragen $2,5 \cdot d_r$ von den Trägerrändern und $2 \cdot d_r$ untereinander. In Trägerlängsrichtung sollte der Abstand der Stahlstäbe untereinander mindestens 250 mm, jedoch nicht mehr als 75 % der Trägerhöhe h_{ap} betragen.

(15) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ durch seitlich aufgeklebte Verstärkungen ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, daß

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (9.56)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{\ell_r \cdot h} \quad (9.57)$$

Hierin bedeuten:

$F_{t,90,d}$ die Zugkraft je Verstärkungsplatte nach Gl.(9.43), (9.44), (9.46), (9.47), (9.49), (9.50), (9.52) und (9.53),

h die Trägerhöhe,

ℓ_r die Länge der Verstärkung in der Trägerachse,

$f_{k2,d}$ der Bemessungswert der Klebfugensfestigkeit (siehe **Tabelle M.20, Anhang M**).

(16) Für die Zugspannung in den aufgeklebten Verstärkungen ist nachzuweisen, daß

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (9.58)$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot t_r \cdot l_r} \quad (9.59)$$

Hierin bedeuten:

t_r die Dicke einer Verstärkung,

$f_{t,d}$ der Bemessungswert der Zugfestigkeit des Werkstoffes der Verstärkung in Richtung der Zugkraft $F_{t,90}$.

10 Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln

10.1 Allgemeines

(1) Stiftförmige Verbindungsmittel im Sinne dieses Abschnittes sind:

Stabdübel, Bolzen, Gewindestangen (Gewindebolzen nach DIN 976-1), Nägel, Schrauben und Klammern.

(2) Wird die Lasteinwirkung auf eine Verbindung von unterschiedlichen Verbindungsmitteln aufgenommen, sind die Unterschiede in der Nachgiebigkeit zu berücksichtigen. Kleber und stiftförmige Verbindungsmittel dürfen wegen der sehr unterschiedlichen Last-Verformungs-Charakteristiken nicht als gemeinsam wirkend in Rechnung gestellt werden.

(3) Der Einfluss von zwischen Zugkräften F_t und Druckkräften F_c in den Bauteilen wechselnden Beanspruchungen auf die Tragfähigkeit stiftförmiger metallischer Verbindungsmittel ist dadurch zu berücksichtigen, daß die Verbindung für den Bemessungswert

$$F_d = \max \begin{cases} F_{t,d} + 0,5 \cdot F_{c,d} \\ F_{c,d} + 0,5 \cdot F_{t,d} \end{cases} \quad (10.1a,b)$$

nachzuweisen ist.

Dieser Nachweis darf bei kurzer Lasteinwirkungsdauer entfallen.

(4) Der Verschiebungsmodul K_u darf bei stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit vereinfachend angenommen werden zu

$$K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} \quad (10.2)$$

Rechenwerte für K_{ser} sind in **Anhang V, Teil 1**, angegeben.

10.2 Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren)

10.2.1 Allgemeines

(1) Für die Ermittlung der Tragfähigkeit R_k pro Scherfuge und Verbindungsmittel darf für die Stifte unter Biegebeanspruchung und für das Holz und die Holzwerkstoffe unter Lochleibungsbeanspruchung idealplastisches Verhalten angenommen werden.

(2) Vereinfachend dürfen die in Abschnitt 10.2 angegebenen Regeln angewendet werden, wenn kein genauere Nachweis erfolgt. Genauere Nachweisverfahren enthält der **Anhang V, Teil 2**.

(3) Die Bestimmungen für Verbindungen mit Stabdübeln in Abschnitt 10.3, mit Bolzen und Gewindestangen in Abschnitt 10.4, mit Nägeln in Abschnitt 10.5, mit Schrauben in Abschnitt 10.6 und mit Klammern in Abschnitt 10.7 sind in jedem Falle zusätzlich zu beachten.

(4) Bei Herstellung der Verbindungen dürfen stiftförmige Verbindungsmittel bei Einhaltung der Mindestabstände um den halben Durchmesser gegenüber den Reißlinien versetzt oder nicht versetzt angeordnet werden.

10.2.2 Verbindungen von Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen

(1) Falls die Bedingungen über die Mindestdicken $t_{1,req}$ und $t_{2,req}$ eingehalten sind, darf für Verbindungen von Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen, die mit in den Abschnitten 10.3 bis 10.7 behandelten Verbindungsmitteln hergestellt sind, der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k pro Scherfuge und Verbindungsmittel wie folgt berechnet werden:

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_k \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (10.3)$$

Die Mindestdicke $t_{1,req}$ für das Seitenholz 1 (siehe **Bild 10.3**) beträgt:

$$t_{1,req} = \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d}} \quad (10.4)$$

Die Mindestdicke $t_{2,req}$ für das Seitenholz 2 (siehe **Bild 10.3**) einer einschnittigen Verbindung beträgt:

$$t_{2,req} = \left(2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad (10.5)$$

Die Mindestdicke $t_{2,req}$ für Mittelhölzer (siehe **Bild 10.3**) mit zweischnittig beanspruchten Verbindungsmitteln beträgt:

$$t_{2,req} = \left(\frac{4}{\sqrt{1 + \beta}} \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad (10.6)$$

Hierin bedeuten:

- t_1, t_2 Holz- oder Holzwerkstoffdicken oder Eindringtiefe der Verbindungsmittels
(der kleinere Wert ist maßgebend, siehe z.B. **Bild 10.3**),
- $f_{h,1,k}, f_{h,2,k}$ charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit im Holz 1 bzw. 2,
- β $f_{h,2,k}/f_{h,1,k}$,
- d Durchmesser des Verbindungsmittels,
- $M_{y,k}$ charakteristischer Wert des Fließmoments des Verbindungsmittels.

(2) Sind die Holzdicken t_1 oder t_2 geringer als die Mindestdicken $t_{1,req}$ bzw. $t_{2,req}$, darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k ermittelt werden, indem der Wert R_k nach Gleichung (10.3) mit dem kleineren der Verhältniszerte $t_1/t_{1,req}$ und $t_2/t_{2,req}$ multipliziert wird.

(3) Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit sind wie folgt zu berechnen:

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_k}{\gamma_M} \quad (10.7)$$

Für γ_M ist der Wert für Stahl in Verbindungen beim Nachweis gegen die Streckgrenze nach **Tabelle 3.3** einzusetzen.

Unterscheiden sich bei Holzwerkstoff - Holz - Verbindungen die Modifikationsbeiwerte k_{mod} der beiden miteinander verbundenen Bauteile ($k_{\text{mod},1}$ und $k_{\text{mod},2}$), dann darf für k_{mod} folgender Wert angenommen werden:

$$k_{\text{mod}} = \sqrt{k_{\text{mod},1} \cdot k_{\text{mod},2}} \quad (10.8)$$

(4) Falls nachfolgend nichts anderes bestimmt ist, sollten die Lochleibungsfestigkeiten f_h in Übereinstimmung mit DIN EN 383 bestimmt werden.

(5) Falls nachfolgend nichts anderes bestimmt ist, sollte das Fließmoment M_y in Übereinstimmung mit DIN EN 409 bestimmt werden.

10.2.3 Stahlblech-Holz-Verbindungen

(1) Bei Stahlblech-Holz-Verbindungen sind zu unterscheiden:

- Verbindungen mit innenliegenden Stahlblechen oder mit außenliegenden dicken Stahlblechen,
- Verbindungen mit außenliegenden dünnen Stahlblechen.

(2) Die Annahme dicker Stahlbleche gilt als erfüllt, wenn die Stahlblechdicke t_s mindestens gleich dem Verbindungsmitteldurchmesser d ist sowie für mindestens 2 mm dicke Stahlbleche, die mit Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse 3 (siehe **Tabelle 10.7**) mit einem Durchmesser von höchstens dem doppelten der Stahlblechdicke angeschlossen sind.

(3) Stahlbleche sind als dünn anzusehen, wenn die Stahlblechdicke t_s kleiner als die Hälfte des Verbindungsmitteldurchmessers d ist.

(4) Falls die Bedingung über die Mindestholzdicke t_{req} eingehalten ist, darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k pro Scherfuge und Verbindungsmittel für Verbindungen mit innenliegenden Stahlblechen und mit außenliegenden dicken Stahlblechen (siehe Absatz (1) und (2)) wie folgt berechnet werden:

$$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (10.9)$$

Die Mindestholzdicke t_{req} beträgt:

$$t_{\text{req}} = 4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad (10.10)$$

(5) Falls die Bedingung über die Mindestholzdicke t_{req} eingehalten ist, darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Verbindungsmittel für Verbindungen mit außenliegenden dünnen Stahlblechen (siehe Absatz (1)) wie folgt berechnet werden:

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (10.11)$$

Die Mindestholzdicke t_{req} beträgt:

$$t_{\text{req}} = (2\sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad \text{für Mittelhölzer mit zweiseitig beanspruchten Verbindungsmitteln} \quad (10.12)$$

$$t_{\text{req}} = (2 + \sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad \text{für alle anderen Fälle.} \quad (10.13)$$

(6) Für Stahlblechdicken t_s zwischen $0,5 d$ und d darf bei der Berechnung des charakteristischen Wertes der Tragfähigkeit zwischen den Werten nach Gleichung (10.9) und Gleichung (10.11) geradlinig interpoliert werden. Vereinfachend dürfen in diesen Fällen die Mindestholzdicken nach Gl. (10.10) und (10.12) bestimmt werden.

(7) Ist die Holzdicke t geringer als die Mindestholzdicke t_{req} , darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k ermittelt werden, indem der Wert R_k nach Gleichung (10.9) bzw. (10.11) mit dem Verhältniswert t/t_{req} multipliziert wird.

(8) Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit sind wie folgt zu berechnen:

$$R_d = \frac{k_{mod} \cdot R_k}{\gamma_M} \quad (10.14)$$

Hierin bedeutet:

k_{mod} Modifikationsbeiwert für das Holz oder den Holzwerkstoff.

Für γ_M ist der Wert für Stahl in Verbindungen beim Nachweis gegen die Streckgrenze nach **Tabelle 3.3** einzusetzen.

(9) Der Nachweis der Stahlteile ist nach DIN 18800-1 zu führen.

10.3 Verbindungen mit Stabdübeln

(1) Es gelten die Bestimmungen des Abschnittes 10.2.

(2) Die Löcher für Stabdübel sind im Holz mit dem Nenndurchmesser des Stabdübels zu bohren. Bei Stahlblech - Holz - Verbindungen dürfen die Löcher im Stahlteil bis zu 1 mm größer sein als der Nenndurchmesser des Stabdübels. Bei außenliegenden Stahlblechen ist darauf zu achten, daß anstelle der Stabdübel Paßbolzen verwendet werden. Dabei muß zur Aufnahme von Lochleibungskräften der volle Schaftquerschnitt des Paßbolzens auf die erforderliche Länge vorhanden sein.

(3) Der Durchmesser der Stabdübel muß mindestens $d = 6$ mm und darf höchstens $d = 30$ mm betragen. Charakteristische Festigkeitskennwerte für Stabdübel enthält **Tabelle V.9 (Anhang V, Teil 3)**. Vorzugsgrößen sind in **Tabelle V.10 (Anhang V, Teil 3)** angegeben.

(4) Tragende Verbindungen mit Stabdübeln sollten mindestens vier Scherflächen besitzen. Dabei sollten mindestens zwei Stabdübel vorhanden sein.

(5) Für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz dürfen folgende charakteristische Werte der Lochleibungsfestigkeit für eine Belastung unter einem Winkel α zur Faserrichtung des Holzes angenommen werden:

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (10.15)$$

Hierin bedeuten:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad \text{N/mm}^2 \quad (10.16)$$

mit ρ_k in kg/m^3 und d in mm,

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d \quad \text{für Nadelhölzer} \quad (10.17a)$$

$$k_{90} = 0,90 + 0,015 \cdot d \quad \text{für Laubhölzer} \quad (10.17b)$$

mit d in mm.

Für Stabdübel mit $d \leq 8$ mm darf $k_{90} = 1$ gesetzt werden.

(6) Für Baufurniersperrholz nach Abschnitt 4.6 dürfen unabhängig vom Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung der Deckfurniere folgende charakteristische Werte der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

$$f_{h,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad \text{N/mm}^2 \quad (10.18)$$

mit ρ_k in kg/m^3 und d in mm.

(7) Für kunstharzgebundene Holzspanplatten nach Abschnitt 4.8 dürfen folgende charakteristische Werte der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

$$f_{h,k} = 50 \cdot d^{-0,6} \cdot f^{0,2} \quad \text{N/mm}^2 \quad (10.19)$$

(8) Für Stabdübel aus Stahl mit kreisförmigem Querschnitt darf der charakteristische Wert des Fließmomentes wie folgt angenommen werden:

$$M_{y,k} = 0,26 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,7} \quad \text{in Nmm} \quad (10.20)$$

Hierin bedeuten:

- $f_{u,k}$ charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Stahles in N/mm^2 ,
- d Stabdübeldurchmesser in mm.

(9) Für mehrere in Krafrichtung hintereinander angeordnete Stabdübel ist die wirksame Anzahl n_{ef} wie folgt zu bestimmen:

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{10 \cdot d}} \end{array} \right. \quad (10.21)$$

Hierin bedeutet:

- n Anzahl der in Krafrichtung hintereinander angeordneten Stabdübel.

(10) Die Mindestabstände untereinander und von den Rändern sind in **Tabelle 10.1** angegeben. Die Bezeichnungen sind in **Bild 10.1** definiert.

Tabelle 10.1: Mindestabstände von Stabdübeln

	1	2	3
1	a_1	parallel zur Faserrichtung	$(3 + 4 \cdot \cos \alpha) \cdot d^1$
2	a_2	rechtwinklig zur Faserrichtung	$3 \cdot d$
3	$a_{3,t}$	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$7 \cdot d$ (jedoch mindestens 80 mm)
4	$a_{3,c}$	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$ $90^\circ < \alpha < 150^\circ$ $210^\circ < \alpha < 270^\circ$	$3 \cdot d$ $7 \cdot d \cdot \sin \alpha $ (jedoch mindestens $3 \cdot d$) $7 \cdot d \cdot \sin \alpha $ (jedoch mindestens $3 \cdot d$)
5	$a_{4,t}$	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d$ (jedoch mindestens $3 \cdot d$)
6	$a_{4,c}$	für alle anderen Werte von α	$3 \cdot d$

¹⁾ Der Mindestabstand a_1 darf bis auf $(3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d$ verringert werden, wenn die Lochleibungsfestigkeit $f_{h,0,k}$ mit dem Faktor $\sqrt{a_1 / (3 + 4 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d}$ abgemindert wird.

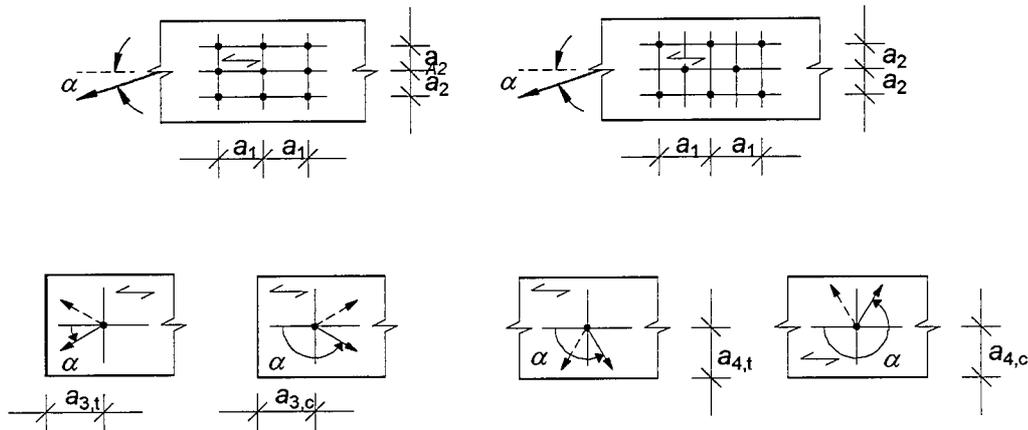


Bild 10.1: Definitionen der Verbindungsmittelabstände

10.4 Verbindungen mit Bolzen und Gewindestangen

- (1) Bolzen im Sinne dieser Norm sind alle Schraubenbolzen und Bolzen ähnlicher Bauart. Sie sind mit Kopf und Mutter versehen und werden nach Vorbohren der Bolzenlöcher mit geringem Spiel eingebaut und anschließend fest angezogen. Charakteristische Festigkeitskennwerte für Bolzen enthält **Tabelle V.11 (Anhang V, Teil 3)**.
- (2) Der Durchmesser der Bolzen muß mindestens $d = 6$ mm und darf höchstens $d = 30$ mm betragen.
- (3) Unter dem Kopf und der Mutter der Bolzen müssen Unterlegscheiben mit einer Seitenlänge oder einem Durchmesser von mindestens $3 \cdot d$ und einer Dicke von mindestens $0,3 \cdot d$ angeordnet werden. Dabei ist d der Bolzendurchmesser. Die Unterlegscheiben müssen vollflächig anliegen. Vorzugsmaße für Scheiben sind in **Tabelle V.13 (Anhang V, Teil 3)** angegeben.
- (4) Bolzen sollten derart angezogen werden, daß die Holzteile eng aneinander liegen; falls zur Sicherstellung der Tragfähigkeit und der Steifigkeit der Konstruktion erforderlich, sollten sie nachgezogen werden, wenn das Holz seine Ausgleichsfeuchte erreicht hat.
- (5) Tragende Verbindungen mit Bolzen sollten mindestens vier Scherflächen besitzen. Dabei sollten mindestens zwei Bolzen vorhanden sein.
- (6) Bolzenverbindungen sind nicht in Dauerbauten zu verwenden, bei denen es auf Steifigkeit und Formbeständigkeit der Konstruktion ankommt.
- (7) Gewindestangen im Sinne dieser Norm sind Gewindebolzen M 6 bis M 30 mit metrischem Gewinde nach DIN 976-1. Charakteristische Festigkeitskennwerte für Gewindestangen enthält **Tabelle V.12 (Anhang V, Teil 3)**.
- (8) Die Löcher für Bolzen dürfen bis zu 1 mm größer sein als der Nenndurchmesser des Bolzens. Die Löcher für Gewindestangen dürfen bis zu 1 mm größer sein als der Nenndurchmesser (= Gewindeaußendurchmesser) der Gewindestange.
- (9) Sofern im folgenden nichts anderes festgelegt ist, gelten im übrigen die Bestimmungen für Verbindungen mit Stabdübeln (siehe Abschnitt 10.3) sinngemäß.
- (10) Für die Berechnung des charakteristischen Wertes des Fließmomentes nach Gl.(10.20) ist bei Gewindestangen für d der Mittelwert aus Kerndurchmesser und Gewindeaußendurchmesser einzusetzen.
- (11) Die Mindestabstände untereinander und von den Rändern sind in **Tabelle 10.2** angegeben. Die Bezeichnungen sind in **Bild 10.1** definiert.

Tabelle 10.2: Mindestabstände von Bolzen und Gewindestangen

	1	2	3
1	a_1	parallel zur Faserrichtung	$(4 + 3 \cdot \cos \alpha) \cdot d$ ¹⁾
2	a_2	rechtwinklig zur Faserrichtung	$4 \cdot d$
3	$a_{3,t}$	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$7 \cdot d$ (jedoch mindestens 80 mm)
4	$a_{3,c}$	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$ $90^\circ < \alpha < 150^\circ$ $210^\circ < \alpha < 270^\circ$	$4 \cdot d$ $(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d$ (jedoch mindestens $4d$) $(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d$ (jedoch mindestens $4 \cdot d$)
5	$a_{4,t}$	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d$ (jedoch mindestens $3 \cdot d$)
6	$a_{4,c}$	für alle anderen Werte von α	$3 \cdot d$

¹⁾ Der Mindestabstand a_1 darf bis auf $(4 + |\cos \alpha|) \cdot d$ verringert werden, wenn die Lochleibungs-
festigkeit $f_{h,0,k}$ mit dem Faktor $\sqrt{a_1 / (4 + 3 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d}$ abgemindert wird.

10.5 Verbindungen mit Nägeln

10.5.1 Allgemeines

(1) Die Festlegungen für Nagelverbindungen gelten für die Anwendung von runden Drahtstiften der Form B nach DIN 1151 aus Stahl und von runden Maschinenstiften nach DIN 1143-1. Andere als in diesen Normen angegebene Nagellängen sind zulässig. Zusätzlich zu den Maßen nach DIN 1151 müssen die Kopfdurchmesser mindestens das 1,8fache des Nageldurchmessers d betragen. Von DIN 1151 bzw. DIN 1143-1 abweichende Kopfformen sind zulässig, wenn die Kopffläche mindestens $2,5 \cdot d^2$ beträgt. Die Länge l_p der Nagelspitze (siehe Bild 10.2) muß mindestens $0,7 \cdot d$ betragen, darf jedoch nicht größer als $2 \cdot d$ sein.

(2) Anstelle von Draht- und Maschinenstiften nach Absatz (1) dürfen auch Drahtstifte mit anderer Querschnittsform oder Sondernägel (Nägel mit profilierter Schaftausbildung) verwendet werden. Der Nagelschaft darf über die gesamte Nagellänge oder ausgehend von der Nagelspitze über einen Teil der Nagellänge profiliert werden.

(3) Draht- und Maschinenstifte dürfen beharzt sein.

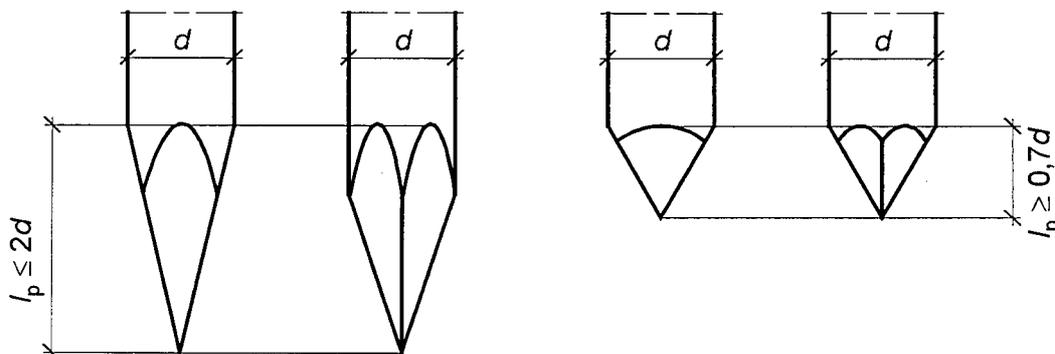
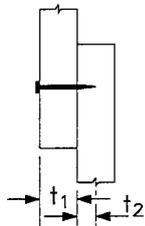
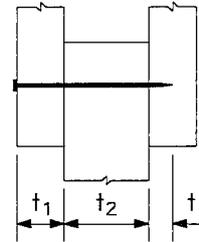


Bild 10.2: Nagelspitzen (schematische Darstellung)

(4) Für den Nachweis der Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zur Nagelachse (Abscheren) gelten die Bestimmungen des Abschnittes 10.2. Die Bezeichnungen t_1 bzw. t_2 sind in **Bild 10.3** definiert. Bei zweischnittigen Verbindungen ist t_1 der kleinere Wert aus Seitenholzdicke und Eindringtiefe des Nagels.



(a) einschnittige Verbindung



(b) zweischnittige Verbindung

Bild 10.3: Definitionen von t_1 bzw. t_2

(5) Nägel sollten rechtwinklig zur Holzfaserrichtung und bis in eine solche Tiefe eingeschlagen werden, daß die Nagelköpfe mit der Holzoberfläche bündig abschließen.

(6) Schrägnagelungen sollten in Übereinstimmung mit **Bild 10.7b** ausgeführt werden.

(7) Der Durchmesser von vorgebohrten Löchern für Nägel sollte etwa $0,9 \cdot d$ betragen. Bei Stahlblech-Holz-Verbindungen darf der Lochdurchmesser im Stahlblech bis zu 1 mm größer sein als der Nageldurchmesser.

(8) Bei Anschlüssen von Holzwerkstoffen an Vollholz oder Brettschichtholz dürfen die Nägel nicht mehr als 2 mm tief versenkt werden, müssen jedoch mindestens bündig mit der Oberfläche des Holzwerkstoffes eingeschlagen werden. Ein bündiger Abschluß des Nagelkopfes mit der Plattenoberfläche gilt als nicht versenkt. Bei versenkter Anordnung der Nägel müssen die Mindestdicken der Holzwerkstoffe um 2 mm erhöht werden. Für die Einschlagtiefen der Nägel in das Vollholz oder Brettschichtholz gilt Abschnitt 10.5.2 (8) und (9).

(8) Bei Anschlüssen von Brettern, Bohlen, Holzwerkstoffplatten und dergleichen an Rundholz ohne passende Bearbeitung der Berührungsflächen des Rundholzes dürfen die charakteristischen Werte der Tragfähigkeit nur zu $2/3$ in Rechnung gestellt werden. Für Verbindungen von Bauteilen aus Rundholz ist ein genauere Nachweis erforderlich, sofern die Berührungsflächen im Anschlussbereich nicht passend bearbeitet sind.

10.5.2 Holz-Holz-Nagelverbindungen

(1) Für Nägel bis zu einem Nageldurchmesser von 8 mm und für alle Winkel zur Faserrichtung des Holzes dürfen folgende charakteristische Werte der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

für nicht vorgebohrte Hölzer:

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} \quad \text{N/mm}^2 \quad (10.22a)$$

für vorgebohrte Hölzer:

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad \text{N/mm}^2 \quad (10.22b)$$

Hierin bedeuten:

ρ_k charakteristische Rohdichte in kg/m^3 ,

d Durchmesser in mm.

(2) Die charakteristischen Werte des Fließmomentes für runde glattschaftige Drahnägel und für Sondernägel, die jeweils aus Draht mit einer Mindestzugfestigkeit von 600 N/mm^2 hergestellt worden sind, dürfen angenommen werden zu:

$$M_{y,k} = 180 \cdot d^{2,6} \text{ Nmm} \quad (10.23a)$$

Hierin bedeutet:

d Durchmesser in mm.

(3) Die charakteristischen Werte des Fließmomentes für Nägel mit etwa rechteckigem oder quadratischem Querschnitt, die aus Draht mit einer Mindestzugfestigkeit von 600 N/mm^2 hergestellt worden sind, dürfen angenommen werden zu:

$$M_{y,k} = 270 \cdot d^{2,6} \text{ Nmm} \quad (10.23b)$$

Hierin bedeutet:

d kleinste Seitenlänge des Nagelquerschnitts in mm.

(4) Abweichend von Gleichung (10.3) darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Nagel für Verbindungen von Bauteilen aus Nadelholz angenommen werden zu:

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (10.24)$$

Hierin darf für $f_{h,1,k}$ der größere Wert der Lochleibungsfestigkeiten der miteinander verbundenen Bauteile eingesetzt werden.

(5) Abweichend von den Gleichungen (10.4) bis (10.6) dürfen die Mindestdicken $t_{i,req}$ (Holzdicken oder Eindringtiefen der Nägel) für Verbindungen zwischen Bauteilen aus Nadelholz angenommen werden zu:

$$t_{req} = 8 \cdot d \quad (10.25)$$

(6) Bei Bauholz mit einer charakteristischen Rohdichte von über 500 kg/m^3 und bei Douglasienholz sind die Nagellöcher über die ganze Nagellänge vorzubohren. In Douglasienholz darf bei Nägeln mit einem Durchmesser $d < 3 \text{ mm}$ bei einer Verdoppelung der Mindestnagelabstände nach **Tabelle 10.3** auf die Vorbohrung verzichtet werden.

(7) Eine tragende Verbindung muss mindestens zwei Nägel enthalten. Dies gilt nicht für die Befestigung von Schalungen, Latten (Trag- und Konterlatten) und Windrispen, auch nicht für die Befestigung von Sparren, Pfetten und dergleichen auf Bindern und Rähmen sowie von Querriegeln an Rahmenhölzern, wenn das Bauteil mit mindestens zwei Nägeln angeschlossen ist.

(8) Bei glattschaftigen Nägeln und Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse 1 muss die Einschlagtiefe mindestens $8 \cdot d$ betragen.

(9) Bei Sondernägeln mindestens der Tragfähigkeitsklasse 2 muss die Einschlagtiefe mindestens $6 \cdot d$ betragen.

(10) Nägel in Hirnholz dürfen nicht zur Kraftübertragung in Rechnung gestellt werden.

(11) Die Mindestnagelabstände untereinander und von den Rändern sind in **Tabelle 10.3** angegeben. Die Bezeichnungen sind in **Bild 10.1** definiert. Bei Brettschichtholz darf für die Bestimmung der Nagelabstände eine Rohdichte $\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$ zugrunde gelegt werden.

(12) Bei tragenden Nägeln und bei Heftnägeln soll der größte Abstand in Faserrichtung des Holzes $40 \cdot d$ und rechtwinklig dazu $20 \cdot d$ nicht überschreiten. Bei Platten aus Holzwerkstoffen soll der größte Abstand in keiner Richtung $40 \cdot d$ überschreiten. Haben die Platten nur aussteifende Funktion, so ist ein Abstand von $80 \cdot d$ zulässig. Dies gilt auch für den Anschluss mittragender Beplankungen an Mittelrippen von Wandscheiben.

(13) Für untergeordnete Bauteile (z.B. Latten, Schalungen) bei einem Lattenabstand bis zu $0,5 \text{ m}$ und einem Sparrenabstand bis zu $1,0 \text{ m}$ sind in Ausnahmefällen Abweichungen zulässig, wenn die Bauteile keine weitere statischen Funktionen (z.B. Aussteifung) zu übernehmen haben und alle Stöße versetzt angeordnet sind.

(14) Falls $(t_2 - t_1)$ größer ist als $4 \cdot d$ (siehe **Bild 10.4**), dürfen sich die Nägel, die von beiden Seiten in nicht vorgebohrte Nagellöcher eingeschlagen sind, im Mittelholz übergreifen.

Tabelle 10.3: Mindestnagelabstände

	1	2	3	4
		Nicht vorgebohrte Nagellöcher		Vorgebohrte Nagellöcher
		$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 < \rho_k < 500 \text{ kg/m}^3$	
1	a_1	$d < 5 \text{ mm: } (5 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm: } (5 + 7 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(7 + 8 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$4 + 3 \cdot \cos \alpha \cdot d$ ¹⁾
2	a_2	$5 \cdot d$	$7 \cdot d$	$(3 + \sin \alpha) \cdot d$
3	$a_{3,t}$	$(10 + 5 \cos \alpha) \cdot d$	$(15 + 5 \cos \alpha) \cdot d$	$(7 + 5 \cos \alpha) \cdot d$
4	$a_{3,c}$	$10 \cdot d$	$15 \cdot d$	$7 \cdot d$
5	$a_{4,t}$	$(5 + 5 \sin \alpha) \cdot d$	$(7 + 5 \sin \alpha) \cdot d$	$(3 + 4 \sin \alpha) \cdot d$
6	$a_{4,c}$	$5 \cdot d$	$7 \cdot d$	$3 \cdot d$

¹⁾ Der Mindestabstand a_1 darf bis auf $(4 + |\cos \alpha|) \cdot d$ verringert werden, wenn die Lochleibungsfestigkeit $f_{h,k}$ mit dem Faktor $\sqrt{a_1 / (4 + 3 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d}$ abgemindert wird.

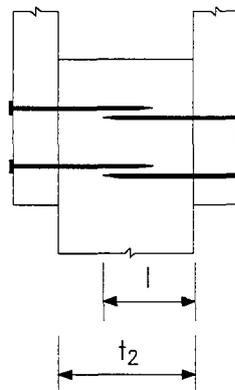


Bild 10.4: Übergreifende Nägel

(15) Bei Nagelverbindungen ohne Vorbohrung muss die Dicke t der Hölzer mindestens betragen:

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 7 \cdot d \\ (13 \cdot d - 30) \frac{\rho_k}{400} \end{array} \right. \quad (10.26a,b)$$

Hierin bedeuten:

- ρ_k charakteristische Rohdichte in kg/m^3 ,
 d Durchmesser in mm.

(16) Für mehrere in Krafrichtung hintereinander angeordnete Nägel mit Durchmessern $d \geq 6$ mm ist zur Bestimmung der wirksamen Anzahl die Gleichung (10.21) anzuwenden.

10.5.3 Holzwerkstoff-Holz-Nagelverbindungen

(1) Die Regeln für Holz-Holz-Nagelverbindungen nach Abschnitt 10.5.2 gelten sinngemäß.

(2) Für mehrschichtige Massivholzplatten nach Abschnitt 4.5 dürfen die charakteristischen Werte der Lochleibungsfestigkeit nach Gl. (10.22a) bzw. (10.22b) angenommen werden.

(3) Für Baufurniersperrholz nach Abschnitt 4.6 dürfen folgende charakteristische Werte der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

für nicht vorgebohrte Baufurniersperrhölzer:

$$f_{h,k} = 0,11 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} \quad \text{N/mm}^2 \quad (10.27a)$$

für vorgebohrte Baufurniersperrhölzer:

$$f_{h,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad \text{N/mm}^2 \quad (10.27b)$$

Hierin bedeuten:

- ρ_k charakteristische Rohdichte in kg/m^3 ,
 d Durchmesser in mm.

(4) Für kunstharzgebundene Holzspanplatten nach Abschnitt 4.8 dürfen folgende charakteristische Werte der Lochleibungsfestigkeiten angenommen werden:

für nicht vorgebohrte Holzspanplatten:

$$f_{h,k} = 65 \cdot d^{-0,7} \cdot t^{0,1} \quad \text{N/mm}^2 \quad (10.28a)$$

für vorgebohrte Holzspanplatten:

$$f_{h,k} = 50 \cdot d^{-0,6} \cdot t^{0,2} \quad \text{N/mm}^2 \quad (10.28b)$$

Hierin bedeuten:

- d Durchmesser in mm,
 t Plattendicke in mm.

(5) Für Holzfaserplatten des Plattentyps HFH20 nach DIN 68754-1 oder harte Holzfaserplatten nach DIN EN 622-2 darf folgender charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

$$f_{h,k} = 30 \cdot d^{-0,3} \cdot t^{0,6} \quad \text{N/mm}^2 \quad (10.29)$$

Hierin bedeuten:

- d Durchmesser in mm,
 t Plattendicke in mm.

(6) Abweichend von Gleichung (10.3) darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Nagel für Verbindungen von Holzwerkstoffen und Bauteilen aus Nadelvollholz oder Brettschichtholz angenommen werden zu:

$$R_k = A \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (10.30)$$

Hierin bedeuten:

A Faktor nach **Tabelle 10.4**,

$f_{h,1,k}$ charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit des Holzwerkstoffes.

(7) Abweichend von den Gleichungen (10.4) bis (10.6) dürfen die in **Tabelle 10.4** angegebenen Mindestdicken t_{req} für Verbindungen zwischen Bauteilen aus Holzwerkstoffen und Nadelvollholz oder Brettschichtholz angenommen werden.

(8) Als Mindestnagelabstände a_1 und a_2 für Baufurniersperrholz in Sperrholz-Holz-Verbindungen gelten die 0,85fachen Werte in **Tabelle 10.3**.

Tabelle 10.4: Werte des Faktors A in Gleichung (10.30) und der erforderlichen Holzwerkstoffdicken in Holzwerkstoff - Holz - Nagelverbindungen

	1	2	3	4
1	Holzwerkstoff	Faktor A in Gl.(10.30)	erforderliche Dicke t_{req} für außenliegende Holzwerkstoffplatten (einschnittige Verbindung)	erforderliche Dicke t_{req} für innenliegende Holzwerkstoffplatten (zweischrittige Verbindung)
2	Baufurniersperrholz nach DIN 68705-3	0,9	6,5·d	5·d
3	Baufurniersperrholz nach DIN 68705-5	0,8	5·d	4·d
4	Kunstharzgebundene Holzspanplatten nach DIN 68763 oder DIN EN 312-4 bis 7	0,8	6·d	5·d
5	Holzfaserverplatten des Plattentyps HFH20 nach DIN 68754-1 oder des Plattentyps HB nach DIN EN 622-2 und 3	0,7	5·d	4·d

(9) Der größte Abstand sollte in keiner Richtung 40·d überschreiten. Haben die Holzwerkstoffplatten nur aussteifende Funktion, ist ein Abstand bis zu 80·d zulässig. Dies gilt auch für den Anschluß mittragender Beplankungen an Mittelrippen von Wandscheiben.

(10) Die Mindestrandabstände in Baufurniersperrholz, OSB-Platten, kunstharzgebundenen Holzspanplatten und Holzfaserverplatten des Plattentyps HFH20 betragen 3·d für den unbeanspruchten Rand, soweit nicht die Nagelabstände im Holz maßgebend werden. Vom beanspruchten Plattenrand dürfen die Abstände der Nägel $(3 + 4\sin\alpha) \cdot d$ bei Baufurniersperrholz, 7·d bei OSB-Platten, kunstharzgebundenen Holzspanplatten und Holzfaserverplatten des Plattentyps HFM20 sowie 7,5·d bei Holzfaserverplatten des Plattentyps HFH20 nicht unterschreiten.

10.5.4 Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen

- (1) Die Regeln für Holz-Holz-Verbindungen nach Abschnitt 10.5.2 gelten sinngemäß.
 (2) Abweichend von Gleichung (10.3) darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Nagel für Verbindungen von Stahlblechen und Bauteilen aus Nadelvollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz oder Furnierschichtholz angenommen werden zu:

$$R_k = A \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad (10.31)$$

Hierin bedeuten:

- A Faktor nach **Tabelle 10.5**,
 $f_{h,k}$ charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit des Holzes.

- (3) Bei einschnittigen Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen mit Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse 3 darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k nach Gleichung (10.31) um einen Anteil ΔR_k erhöht werden:

$$\Delta R_k = \min \begin{cases} 0,5 \cdot R_k \\ 0,25 \cdot R_{ax,k} \end{cases} \quad (10.32)$$

Hierin bedeutet:

- $R_{ax,k}$ Auszieh Widerstand des Sondernagels nach Gleichung (10.36a).

Tabelle 10.5: Werte des Faktors A in Gleichung (10.31) und der erforderlichen Holzdicke
in Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen

	1	2	3	4
1	Stahlblech (vorgebohrt)	Faktor A in Gl.(10.31)	erforderliche Mittelholzdicke t_{req} (zweischichtige Verbindung)	erforderliche Dicke t_{req} in allen anderen Fällen
2	innenliegend oder dick und außenliegend	1,4	5· d	10· d
3	Dünn und außenliegend;	1,0	7· d	8· d

- (4) Abweichend von den Gleichungen (10.10), (10.12) und (10.13) dürfen die in **Tabelle 10.5** angegebenen Mindestholzdicken t_{req} für Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen mit Bauteilen aus Nadelvollholz oder Brettschichtholz angenommen werden.

- (5) Für nicht vorgebohrte Nagellöcher gelten als Mindestnagelabstände die 0,7fachen Werte der **Tabelle 10.3**. Andere Kombinationen von a_1 und a_2 sind zulässig, wenn damit die Fläche $0,5 \cdot a_1 \cdot a_2$ mit den Werten aus **Tabelle 10.3** nicht unterschritten wird.

- (6) Für den Abstand der Nägel vom Blechrand gilt DIN 18800-1 sinngemäß.

10.6 Verbindungen mit Holzschrauben

(1) Die Festlegungen über Verbindungen mit Holzschrauben gelten für die Anwendung von Holzschrauben mit einem Gewinde nach DIN 7998 mit mindestens 4 mm Nenndurchmesser. Der Nenndurchmesser d entspricht dem Außendurchmesser des Schraubengewindes. Die Verwendung anderer Holzschrauben ist zulässig, wenn ihre Eignung durch ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis nachgewiesen ist.

(2) Eine tragende Schraubenverbindung muss mindestens zwei Holzschrauben enthalten. Dies gilt nicht für die Befestigung von Schalungen, Latten (Trag- und Konterlatten) und Windrispen, auch nicht für die Befestigung von Sparren, Pfetten und dergleichen auf Bindern und Rähmen sowie von Querriegeln an Rahmenhölzern, wenn das Bauteil mit mindestens zwei Holzschrauben angeschlossen ist.

(3) Für Holzschrauben mit einem Gewinde nach DIN 7998 und mit $d > 8$ mm sind die zu verbindenden Teile auf die Tiefe des glatten Schaftes mit dem Schaftdurchmesser und auf die Länge des Gewindeteiles mit $0,7 \cdot d$ vorzubohren. Beträgt der Nenndurchmesser $d \leq 8$ mm, dann dürfen die zu verbindenden Teile vorgebohrt werden. Bei Bauholz mit einer charakteristischen Rohdichte von über 500 kg/m^3 und bei Douglasienholz sind die Schraubenlöcher über die ganze Schraubenlänge vorzubohren. Der Bohrlochdurchmesser darf auch dann höchstens $0,7 \cdot d$ betragen.

(4) Für den Nachweis der Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zur Schraubenachse (Abscheren) gelten die Bestimmungen des Abschnittes 10.2. Für Holzschrauben mit einem Durchmesser bis zu 8 mm gelten die Bestimmungen des Abschnittes 10.5, für Holzschrauben mit einem Durchmesser $d > 8$ mm gelten diejenigen des Abschnittes 10.3 sinngemäß. In den maßgebenden Gleichungen ist für d der Nenndurchmesser einzusetzen.

(5) Für Holzschrauben mit einem Gewinde nach DIN 7998, die aus Draht mit einer Mindestzugfestigkeit von 400 N/mm^2 hergestellt worden sind, dürfen die charakteristischen Werte des Fließmomentes angenommen werden zu:

für Holzschrauben mit einem Durchmesser ≤ 8 mm

$$M_{y,k} = 100 \cdot d^{2,6} \text{ Nmm} \quad (10.33a)$$

für Holzschrauben mit einem Durchmesser > 8 mm

$$M_{y,k} = 80 \cdot d^{2,7} \text{ Nmm} \quad (10.33b)$$

Hierin bedeutet:

d Nenndurchmesser der Schrauben in mm.

(6) Sind in einem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis charakteristische Werte des Fließmoments sowohl für den Schaft- als auch für den Gewindebereich angegeben, ist ohne genaueren Nachweis der kleinere der beiden Werte zu verwenden.

(7) Bei einschnittigen Verbindungen mit Holzschrauben darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k nach Absatz (4) um einen Anteil ΔR_k erhöht werden.

$$\Delta R_k = \min \left\{ \begin{array}{l} R_k \\ 0,25 \cdot R_{ax,k} \end{array} \right. \quad (10.34)$$

Dabei ist $R_{ax,k}$ der kleinere Wert des Ausziehwiderstandes der Holzschraube für den Fall des Herausziehens aus dem Holzteil mit der Schraubenspitze nach Gleichung (10.38) und für den Fall des Kopfdurchziehens nach Gleichung (10.40), siehe Abschnitt 10.8.2. Bei Stahlblech - Holz - Schraubenverbindungen darf der Fall des Kopfdurchziehens unbeachtet bleiben.

(8) Die Einschraubtiefe im Bauteil mit der Schraubenspitze muß mindestens $4 \cdot d$ betragen.

(9) Als Mindestabstände der Holzschrauben in Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz untereinander und von den Rändern gelten die Werte wie nach **Tabelle 10.3** sinngemäß. Die Bezeichnungen sind in **Bild 10.1** definiert.

(10) Für die Mindestabstände der Holzschrauben in Holzwerkstoffen gelten Abschnitt 10.5.3 (7), (8) und (9) sinngemäß.

(11) Bei Holzschraubenverbindungen ohne Vorbohrung der zu verbindenden Teile müssen die Teile eine Mindestdicke t nach Gl.(10.26) aufweisen.

10.7 Verbindungen mit Klammern

(1) Die Festlegungen über Holz-Holz- und Holzwerkstoff-Holz-Klammerverbindungen gelten für die Anwendung von Klammern aus Stahldraht (siehe **Bild 10.5**) mit einer Querschnittsfläche zwischen $1,7 \text{ mm}^2$ und $3,2 \text{ mm}^2$, die aus Draht mit einer Mindestzugfestigkeit von 800 N/mm^2 hergestellt worden sind. Die Breite b_R des Klammerrückens muß $6 \cdot d$ bis $10 \cdot d$ und die Länge ℓ des Klammerschaftes darf höchstens $50 \cdot d$ betragen. Die Klammern müssen über mindestens die halbe Länge des Klammerschaftes beharzt sein. Der Nenn-durchmesser d entspricht dem Drahtdurchmesser. Es dürfen nur Klammern verwendet werden, deren Eignung nachgewiesen ist. Der Eignungsnachweis erfolgt im Rahmen eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses auf der Grundlage der in **Anhang E, Teil 3** angegebenen Eignungsprüfung.

(2) Bei Anschlüssen von Holzwerkstoffen dürfen die Klammerrücken nicht mehr als 2 mm tief versenkt werden, müssen jedoch mindestens bündig mit der Oberfläche des Holzwerkstoffes eingetrieben werden. Ein bündiger Abschluß des Klammerrückens mit der Plattenoberfläche gilt als nicht versenkt. Bei versenkter Anordnung der Klammerrücken müssen die Mindestdicken der Holzwerkstoffe um 2 mm erhöht werden.

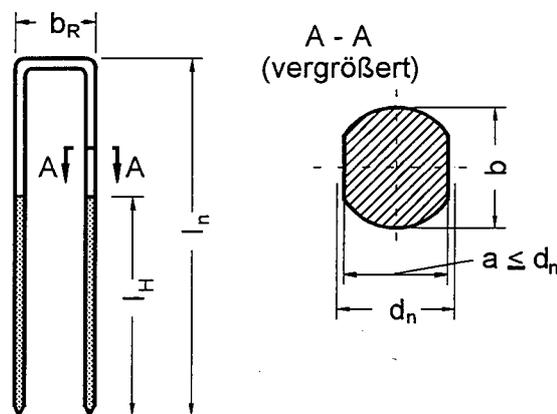


Bild 10.5: Klammer für tragende Verbindungen

(3) Für den Nachweis der Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zum Klammerschaft (Abscheren) gelten, sofern im folgenden nichts anderes festgelegt ist, die Bestimmungen der Abschnitte 10.2 und 10.5 für Nagelverbindungen mit nicht vorgebohrten Nagellöchern. In den maßgebenden Gleichungen ist für d der Nenn-durchmesser einzusetzen.

(4) Der charakteristische Wert des Fließmomentes für einen Klammerschaft darf angenommen werden zu:

$$M_{y,k} = 180 \cdot d^{2,6} \quad \text{Nmm} \quad (10.35)$$

Hierin bedeutet:

d Nenn-durchmesser der Klammer in mm.

(5) Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Klammer darf als ebenso groß angenommen werden wie derjenige zweier Nägel des gleichen Durchmessers, wenn der Winkel zwischen dem Klammerrücken und der Faserrichtung des Holzes mindestens 30° beträgt.

(6) Beträgt der Winkel zwischen Holzfaserrichtung und Klammerrücken weniger als 30° , ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit mit 0,7 abzumindern.

(7) Die Eindringtiefe im Bauteil mit den Klammerspitzen muß mindestens $8 \cdot d$ betragen.

(8) Die Mindestabstände untereinander und von den Rändern (siehe **Bild 10.6**) sind in **Tabelle 10.6** angegeben und beziehen sich auf die Mitte des Klammerrückens. β ist der Winkel zwischen Klammerrücken und Holzfaserrichtung.

(9) Der größte Abstand der Klammern sollte bei Holzwerkstoffen und bei Nadelholz in Faserrichtung $80 \cdot d$ und bei Nadelholz rechtwinklig zur Faserrichtung $40 \cdot d$ nicht überschreiten.

(10) Abschnitt 10.5.3 (10) gilt sinngemäß.

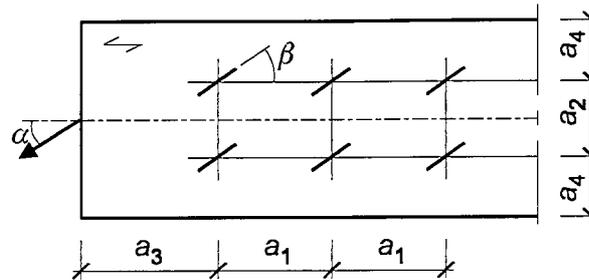


Bild 10.6: Definitionen der Abstände bei Klammerverbindungen

Tabelle 10.6: Mindestklammerabstände (siehe Bild 10.6)

	1	2
1	a_1	$\beta \geq 30^\circ: (10 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$
2		$\beta < 30^\circ: (15 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$
3	a_2	$\beta \geq 30^\circ: (5 + 10 \cdot \sin \beta) \cdot d$
4		$\beta < 30^\circ: 10 \cdot d$
5	$a_{3,t}$	$(15 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$
6	$a_{3,c}$	$15 \cdot d$
7	$a_{4,t}$	$(10 + 5 \cdot \sin \alpha) \cdot d$
8	$a_{4,c}$	$(5 + 5 \cdot \sin \beta) \cdot d$

10.8 Tragfähigkeit bei Beanspruchung in Richtung der Stiftachse (Herausziehen)

10.8.1 Nägel

(1) Glattschaftige Nägel und Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 1 dürfen nur für kurze Lasteinwirkungen (z.B. Windsogkräfte) in Schafrichtung (Richtung der Stiftachse) beansprucht werden.

(2) Dies gilt nicht für glattschaftige Nägel und Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 1 im Anschluß von Koppelpfetten, wenn infolge einer Dachneigung von höchstens 30° die Nägel dauernd auf Herausziehen beansprucht werden. In solchen Fällen ist der charakteristische Wert des Ausziehparameters $f_{1,k}$ nur mit 60 % in Rechnung zu stellen.

(3) Glattschaftige Nägel in vorgebohrten Nagellöchern dürfen nicht auf Herausziehen beansprucht werden

(4) Sondernägel werden entsprechend ihrem Widerstand gegen Herausziehen bei Beanspruchung in Schafrichtung in die Tragfähigkeitsklassen 1, 2 oder 3 eingeteilt. Darüber hinaus werden sie entsprechend ihrem Widerstand gegen Kopfdurchziehen in die Tragfähigkeitsklassen A, B oder C eingeteilt. Die Einstufung erfolgt im Rahmen eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses auf der Grundlage des in **Anhang E, Teil 1** angegebenen Einstufungsverfahrens.

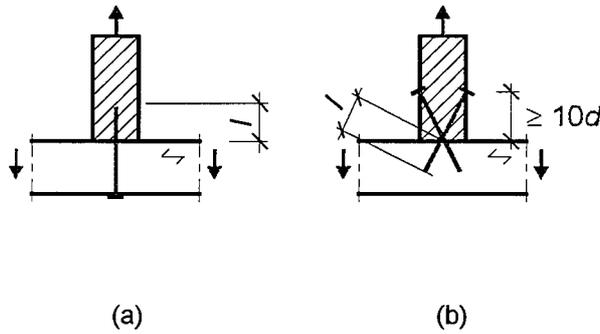


Bild 10.7: Nagelung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes (a) und Schrägnagelung (b)

(5) Der charakteristische Wert des Auszieh Widerstandes von Nägeln bei Nagelung rechtwinklig zur Faserrichtung (siehe **Bild 10.7a**) und bei Schrägnagelung (siehe **Bild 10.7b**) darf wie folgt berechnet werden:

$$R_{ax,k} = \min \begin{cases} f_{1,k} \cdot d \cdot \ell \\ f_{2,k} \cdot d_k^2 \end{cases} \quad (10.36a,b)$$

Hierin bedeuten:

- $f_{1,k}$ charakteristischer Wert des Ausziehparameters,
- $f_{2,k}$ charakteristischer Wert des Kopfdurchziehparameters,
- d Nageldurchmesser,
- d_k Außendurchmesser des Nagelkopfes,
- ℓ Nageleinschlagtiefe (siehe **Bild 10.7**).

Für $f_{1,k}$ und $f_{2,k}$ dürfen die in **Tabelle 10.7** angegebenen Werte in Rechnung gestellt werden.

(6) Mit der Gleichung (10.36a) wird das Herausziehen des Nagels aus dem Holzteil mit der Nagelspitze, mit der Gleichung (10.36b) das Durchziehen des Nagels durch das Holzteil mit dem Nagelkopf erfasst.

Tabelle 10.7: Charakteristische Werte für die Ausziehparameter $f_{1,k}$ und die Kopfdurchziehparameter $f_{2,k}$ in N/mm^2 für Nägel

	1	2	3	4
1	Nageltyp	$f_{1,k}$		$f_{2,k}$
2	Glattschaftige Nägel	$18 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	Glattschaftige Nägel	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
3	Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse	$f_{1,k}$	Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse	$f_{2,k}$
4	1	$30 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	A	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
5	2	$40 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	B	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
6	3	$50 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	C	$130 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
Charakteristische Rohdichte ρ_k in kg/m^3 , jedoch höchstens $500 kg/m^3$				

(7) Bei Verbindungen mit Sondernägeln in vorgebohrten Nagellöchern darf die charakteristische Tragfähigkeit $R_{ax,k}$ nur mit 70 % des Wertes nach Gleichung (10.36a) in Ansatz gebracht werden, wenn der Bohrl Lochdurchmesser nicht größer als der Kerndurchmesser des Sondernagels ist. Bei größerem Bohrl Lochdurchmesser darf der Sondernagel nicht auf Herausziehen beansprucht werden.

(8) Die Einschlagtiefe ℓ muss für glattschaftige Nägel und Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 1 mindestens $12 \cdot d$ und für Sondernägel der Tragfähigkeitsklassen 2 und 3 mindestens $8 \cdot d$ betragen. Die Einschlagtiefe wird einschließlich der Nagelspitze bestimmt und darf höchstens mit $20 \cdot d$ und bei Sondernägeln höchstens mit der Länge des profilierten Schaftteiles in Rechnung gestellt werden.

(9) Die Bemessungswerte des Ausziehwiderstandes sind aus den charakteristischen Werten nach Gl.(10.36 a,b) wie folgt zu berechnen:

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}} R_k}{\gamma_M} \quad (10.37)$$

Für γ_M ist der Wert für Holz bzw. Holzwerkstoffe nach **Tabelle 3.3** einzusetzen.

(10) Beim Anschluss von Holzwerkstoffen an Holz müssen bei einer Beanspruchung auf Herausziehen die Platten mindestens 12 mm dick sein.

(11) Die charakteristische Tragfähigkeit nach Gleichung (10.36a) darf bei Verbindungen von Bauteilen aus Vollholz mit einer Einbauholzfeuchte oberhalb 20 % und der Möglichkeit, im eingebauten Zustand auszutrocknen, nur zu 2/3 in Rechnung gestellt werden.

(12) Die Nagelabstände in Schafrichtung beanspruchter Nägel müssen den Abständen rechtwinklig zur Nagelachse beanspruchter Nägel entsprechen. Bei Schrägnagelung muß der Abstand zum beanspruchten Rand mindestens $10 \cdot d$ betragen (siehe **Bild 10.7b**).

10.8.2 Holzschrauben

(1) Holzschrauben werden entsprechend ihrem Widerstand gegen Herausziehen aus Nadelholz bei Beanspruchung in Schafrichtung in die Tragfähigkeitsklassen 1, 2 oder 3 eingeteilt. Darüber hinaus werden sie entsprechend ihrem Widerstand gegen Kopfdurchziehen in die Tragfähigkeitsklassen A, B oder C eingeteilt. Die Einstufung erfolgt im Rahmen eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses auf der Grundlage des in **Anhang E, Teil 2** angegebenen Einstufungsverfahrens.

(2) Der charakteristische Wert des Ausziehwiderstandes von Holzschrauben, die rechtwinklig zur Faserrichtung in das Holz eingeschraubt sind, darf wie folgt berechnet werden:

$$R_{\text{ax,k}} = \min \begin{cases} f_{1,k} \cdot d \cdot \ell_{\text{ef}} \\ f_{2,k} \cdot d_k^2 \end{cases} \quad (10.38a,b)$$

Hierin bedeuten:

- $f_{1,k}$ charakteristischer Wert des Ausziehparameters,
- $f_{2,k}$ charakteristischer Wert des Kopfdurchziehparameters,
- ℓ_{ef} Gewindelänge im Holzteil mit der Schraubenspitze,
- d Nenndurchmesser der Holzschraube,
- d_k Außendurchmesser des Schraubenkopfes, ggf. einschließlich Unterlegscheibe.

(3) Für $f_{1,k}$ und $f_{2,k}$ dürfen die in **Tabelle 10.8** angegebenen Werte in Rechnung gestellt werden.

(4) Holzschrauben mit einem Gewinde nach DIN 7998 dürfen ohne Nachweis in die Tragfähigkeitsklasse 2A eingestuft werden.

(5) Beim Anschluss von mehrschichtigen Massivholzplatten, Baufurniersperrholz, OSB-Platten, kunstharzgebundenen Holzspanplatten oder zementgebundenen Holzspanplatten dürfen die charakteristischen Werte des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$ nach **Tabelle 10.8** nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn diese Platten mindestens 20 mm dick sind. Für Platten mit einer Dicke zwischen 12 mm und 20 mm darf in allen Fällen nur mit $f_{2,k} = 8 \text{ N/mm}^2$ gerechnet werden. Bei geringeren Plattendicken als 12 mm darf mit $R_{\text{ax,k}} = 400 \text{ N}$ gerechnet werden.

(6) Für den Nachweis der Tragfähigkeit einer Holzschraube mit einem Gewinde nach DIN 7998 auf Zug in Schafrichtung darf die charakteristische Schraubentragfähigkeit angenommen werden zu:

$$R_k = 75 \pi (0,9 \cdot d)^2 \quad \text{in N} \quad (10.39)$$

Hierin bedeutet:

d Nenndurchmesser der Schrauben in mm.

Der Bemessungswert der Schraubentragfähigkeit ergibt sich dabei aus R_k nach Gl.(10.37) mit $k_{\text{mod}} = 1$ und $\gamma_M = 1,25$.

(7) Die Mindestabstände, Mindestholzdicken und Einschraubtiefen sind wie bei rechtwinklig zu ihrer Achse beanspruchten Holzschrauben einzuhalten.

Tabelle 10.8: Charakteristische Werte für die Ausziehparameter $f_{1,k}$ und die Kopfdurchziehparameter $f_{2,k}$ in N/mm^2 für Holzschrauben

	1	2	3	4
1	Tragfähigkeitsklasse	$f_{1,k}$	Tragfähigkeitsklasse	$f_{2,k}$
2	1	$50 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	A	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
3	2	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	B	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
4	3	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	C	$130 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
Charakteristische Rohdichte ρ_k in kg/m^3 , jedoch höchstens 500 kg/m^3				

10.8.3 Klammern

(1) Für einen Klammerschaft gelten die Bestimmungen wie für einen glattschaftigen Nagel. Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Klammer darf damit wie derjenige zweier glattschaftiger Nägel des gleichen Durchmessers angenommen werden, vorausgesetzt daß der Winkel zwischen dem Klammerrücken und der Faserrichtung des Holzes mindestens 30° beträgt.

(2) Beträgt der Winkel zwischen Holzfaserrichtung und Klammerrücken weniger als 30° , darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Klammer nur zu 70 % in Rechnung gestellt werden.

(3) Abweichend von Abschnitt 10.8.1 gilt:

- Der charakteristische Wert $f_{1,k}$ des Ausziehparameters darf bei Klammerverbindungen, die mit trockenem Holz hergestellt werden, verdoppelt werden.
- Der charakteristische Wert $f_{1,k}$ des Ausziehparameters muß bei Klammerverbindungen, die mit halbtrockenem Holz hergestellt werden, um 1/3 abgemindert werden.
- In frisches Holz eingetriebene Klammern dürfen nicht auf Herausziehen in Rechnung gestellt werden, auch wenn das Holz im Gebrauchszustand nachtrocknen kann.

(4) Beim Anschluss von mehrschichtigen Massivholzplatten und Baufurniersperrholz und von Holzfaserplatten darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn die Platten mindestens 6 mm dick sind, für OSB-Platten oder kunstharzgebundene Holzspanplatten, wenn die Platten mindestens 8 mm dick sind. Bei versenkter Anordnung der Klammerrücken sind die Mindestdicken der Holzwerkstoffplatten um 2 mm zu erhöhen.

(5) Die Mindestabstände und Eindringtiefen sind wie bei rechtwinklig zu ihrer Achse beanspruchten Klammern einzuhalten.

10.9 Tragfähigkeit kombiniert beanspruchter Nägel, Holzschrauben und Klammern

(1) Bei Verbindungen, die sowohl durch eine Einwirkung in Richtung der Stiftachse mit F_{ax} als auch rechtwinklig dazu mit F_{la} beansprucht werden, muß die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}}\right)^m + \left(\frac{F_{la,d}}{R_{la,d}}\right)^m \leq 1 \quad (10.40)$$

Hierin bedeuten:

$R_{ax,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit auf Herausziehen (Beanspruchung in Richtung der Stiftachse),

$R_{la,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren),

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

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

(2) Bei Koppelpfettenanschlüssen mit glattschaftigen Nägeln darf mit $m = 1,5$ gerechnet werden.

11 Verbindungen mit sonstigen mechanischen Verbindungsmitteln

11.1 Allgemeines

(1) Sonstige mechanische Verbindungsmittel im Sinne dieses Abschnittes sind:

Nagelplatten, Dübel besonderer Bauart und Stahlblechformteile.

(2) Alle Verbindungen mit derartigen Verbindungsmitteln führen zu lastabhängigen Verschiebungen der miteinander verbundenen Teile.

(3) Nagelplatten als mechanische Verbindungsmittel bedürfen eines Nachweises ihrer Brauchbarkeit durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Nagelplattenverbindungen dürfen mit den Nachweisverfahren nach Abschnitt 11.2 bemessen werden. Abweichungen davon bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer Zustimmung im Einzelfall.

(4) Dübel besonderer Bauart müssen hinsichtlich ihrer Form, ihrer Maße und ihrer Werkstoffeigenschaften den Anforderungen nach **Anhang V, Teil 4** entsprechen. Andere Dübel besonderer Bauart nach DIN EN 912 dürfen nur verwendet werden, wenn sie die Festlegungen der DIN EN 13271 erfüllen. Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart dürfen mit dem Nachweisverfahren nach Abschnitt 11.3 bemessen werden. Abweichungen davon bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer Zustimmung im Einzelfall.

(5) Stahlblechformteile sind kaltgeformte Stahlblechteile mit Blechdicken von höchstens 4 mm. Sie dienen zusammen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln zur Verbindung von Holzbauteilen. Wenn die Tragfähigkeit der Verbindung mit Stahlblechformteilen rechnerisch nicht eindeutig erfaßt werden kann, muß ihre Brauchbarkeit auf andere Weise, z.B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, nachgewiesen werden.

11.2 Verbindungen mit Nagelplatten

11.2.1 Allgemeines

(1) Die Festlegungen über Verbindungen mit Nagelplatten gelten für Holzbauteile aus Nadelholz, insbesondere für Fachwerke.

(2) Die Festlegungen gelten für Nagelplatten aus verzinktem oder korrosionsbeständigem Stahlblech von mindestens 1 mm Nenndicke, die nagel- oder dübelartige Ausstanzungen besitzen, so dass einseitig etwa

rechtwinklig zur Plattenebene abgebogene Nägel entstehen. Die nachfolgenden Bestimmungen gelten nur für Nagelplatten mit orthogonalem Aufbau.

(3) Nagelplattenverbindungen dürfen nur bei Bauteilen angewendet werden, die vorwiegend ruhend belastet sind.

(4) Bei der Herstellung von Verbindungen mit Nagelplatten dürfen die zu verbindenden Hölzer eine Feuchte von 20% nicht überschreiten. Dabei dürfen die Feuchteunterschiede nicht mehr als 5 % betragen. Alle Hölzer eines Bauteils sollen gleiche Dicken, mit Unterschieden im Bereich der Nagelplatten von höchstens 1 mm, aufweisen. Die Hölzer sollen im Bereich der Verbindungen scharfkantig sein.

(5) An jedem Stoß oder Knotenpunkt müssen auf beiden Seiten die Nagelplatten gleich groß sein und symmetrisch angeordnet werden.

(6) Die Einbindetiefen t_e in Gurte und Füllstäbe rechtwinklig zur Fuge sollten im Mittel jeweils mindestens betragen:

$$t_e = \max \left\{ \begin{array}{l} 50 \text{ mm} \\ \frac{h_G}{3} \end{array} \right. \quad (11.1)$$

Hierin bedeutet:

h_G Gurthöhe.

(7) Bei Stößen von Stäben sind mindestens 50% der Stabhöhe durch die Nagelplatten abzudecken.

(8) Bei Obergurtauflagerungen ist der aufgelagerte Gurt zu mindestens 90% seiner Höhe durch die Nagelplatte des auflagnahen Knotens abzudecken, falls kein genauere Nachweis erfolgt. Das Auflager soll unmittelbar am Knoten liegen. Es sind die erforderlichen Spannungsnachweise im Stab zwischen Auflager und Knoten zu führen. Eine Abminderung der Querkraft nach Abschnitt 8.2.10 (3) darf bei Obergurtauflagerung nicht in Ansatz gebracht werden.

(9) Sämtliche Verbindungen sind mindestens für eine kurzzeitig wirkende Kraft mit dem Bemessungswert F_d zu bemessen, die in jeder Richtung in der Tragwerksebene angreifen kann. Für F_d kann die folgende Zahlenwertgleichung verwendet werden:

$$F_d = 1,0 + 0,1 \cdot \ell \quad \text{in kN} \quad (11.2)$$

Hierin bedeutet:

ℓ Gesamtlänge des Bauteiles in m.

(10) Wird eine Kraftübertragung durch Kontakt in Rechnung gestellt, so sind die Druckstöße und Druckanschlüsse passgenau auszuführen. Der Spalt zwischen den Hölzern darf im Gebrauchszustand im Mittel nicht mehr als 1 mm betragen.

(11) Bei einer Ausführung passgenauer Stöße dürfen Druckkräfte über Kontakt übertragen werden. Das gilt nur bei rechtwinkligen Anschlüssen, z.B. von Füllstäben an Gurte, und bei faserparallelen Stößen von Hölzern in den äußeren Vierteln der Knickbiegeline. In diesen Fällen ist die Verbindung mindestens für eine Druckkraft in Höhe der halben Stabkraft zu bemessen.

11.2.2 Ermittlung der Schnittkräfte

(1) Das statische Modell für die Schnittgrößenermittlung des Stabwerks ist in Abhängigkeit von der Lage und der Größe der Nagelplatten zu wählen. Hierzu dürfen die Stäbe des Tragwerks und die Nagelplatten als in den Schwerpunkten der jeweiligen Anschlussflächen gelenkig miteinander verbunden angenommen werden.

(2) Zur Vermeidung eines kinematischen Tragwerkes ist für eine hinreichende Anzahl von Anschlüssen deren Drehsteifigkeit zu berücksichtigen.

(3) Die charakteristischen Werte der Verschiebungssteifigkeiten sind den jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu entnehmen

(4) Stöße dürfen als biegestarr betrachtet werden, wenn die tatsächliche Verdrehung unter einer Belastung keine wesentlichen Auswirkungen auf die Schnittgrößen hat. Diese Bedingung darf als erfüllt angesehen werden

- für Stöße mit einem Bemessungswert der Tragfähigkeit, der mindestens dem 1,5-fachen Bemessungswert der maßgebenden Einwirkung entspricht,

oder

- für Stöße mit einem Bemessungswert der Tragfähigkeit, der mindestens dem Bemessungswert der maßgebenden Einwirkung entspricht, sofern der Anteil der Biegespannung höchstens 30% des Bemessungswertes der Biegefestigkeit beträgt und das Tragwerk bei gelenkiger Ausbildung der Stöße nicht kinematisch wäre.

(5) Im Bereich der Verbindungen dürfen die Verformungen der Platten und der Stäbe vernachlässigt werden.

(6) In Bereichen, in denen die Nagelplatten mindestens 90% der Stabhöhe abdecken, darf der Nachweis der Schubspannungen im Holz entfallen.

(7) Im Bereich der Auflager und Verbindung durchlaufender Gurte von Fachwerkträgern darf der Verlauf des Biegemomentes parabelförmig ausgerundet werden.

(8) Für Träger, die am unteren Rand aufgelagert und am oberen Rand belastet sind, darf der Schubspannungsnachweis sinngemäß nach Abschnitt 8.2.10 (3) geführt werden.

(9) Bei Querkzug im Bereich von Anschlüssen ist Abschnitt 9.1 sinngemäß zu beachten.

11.2.3 Bemessung der Nagelplatten

(1) Form, Materialkennwerte und Rechenwerte für die Nachweise der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit sind der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für die Nagelplatte zu entnehmen.

(2) Die Geometrie einer Nagelplatte ist in **Bild 11.1** angegeben.

Hierin bedeuten:

x-Richtung Haupttrichtung der Nagelplatte,

y-Richtung Richtung rechtwinklig zur Haupttrichtung der Nagelplatte,

α Winkel zwischen x-Richtung und der Krafrichtung,

β Winkel zwischen Faserrichtung des Holzes und der Krafrichtung,

γ Winkel zwischen x-Richtung und der Fugenrichtung,

l_s Länge des durch die Nagelplatten abgedeckten Teiles der Fuge, gemessen in Fugenrichtung; dabei dürfen zug- oder druckbeanspruchte freie Plattenbereiche höchstens mit der Länge $8 \cdot d$, scherbeanspruchte freie Plattenbereiche höchstens mit der Länge $40 \cdot d$ berücksichtigt werden mit d als Blechdicke der Nagelplatte.

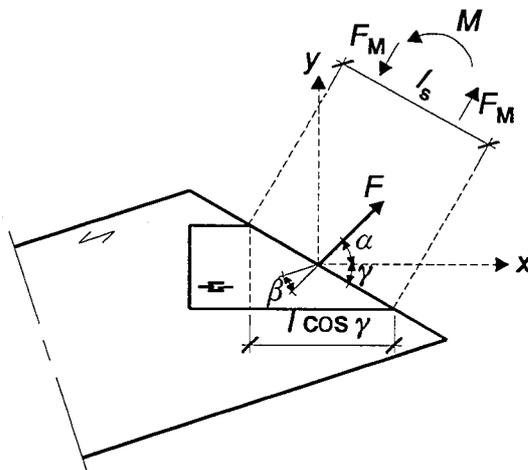


Bild 11.1: Geometrie einer Nagelplattenverbindung, beansprucht durch eine Kraft F und ein Moment M

(3) Als charakteristische Werte der Nagel- und Plattentragfähigkeiten werden verwendet:

$f_{a,\alpha,\beta}$	Nageltragfähigkeit pro Flächeneinheit in Abhängigkeit von α und β ,
$f_{t,0}$	Plattenzugtragfähigkeit pro Längeneinheit in der x-Richtung ($\alpha = 0^\circ$),
$f_{c,0}$	Plattendrucktragfähigkeit pro Längeneinheit in der x-Richtung ($\alpha = 0^\circ$),
$f_{v,0}$	Plattenscherttragfähigkeit pro Längeneinheit in der x-Richtung ($\alpha = 0^\circ$),
$f_{t,90}$	Plattenzugtragfähigkeit pro Längeneinheit in der y-Richtung ($\alpha = 90^\circ$),
$f_{c,90}$	Plattendrucktragfähigkeit pro Längeneinheit in der y-Richtung ($\alpha = 90^\circ$),
$f_{v,90}$	Plattenscherttragfähigkeit pro Längeneinheit in der y-Richtung ($\alpha = 90^\circ$).

(4) Bei der Berechnung der Bemessungswerte der Nageltragfähigkeiten ist der Modifikationsbeiwert k_{mod} entsprechend der zur Kombination der Einwirkungen gegebenen Lastdauer- und Nutzungsklassen zu wählen, als Teilsicherheitsbeiwert ist $\gamma_M = 1,3$ anzunehmen. Für die Bemessungswerte der Plattentragfähigkeiten darf $\gamma_M = 1,25$ angenommen werden.

(5) Anschlussexzentrizitäten sind bei der Bemessung der Nagelplatten zu berücksichtigen.

(6) Die Nagelbelastungen τ_F und τ_M ergeben sich zu:

$$\tau_F = \frac{F_A}{A_{ef}} \quad (11.3)$$

$$\tau_M = \frac{M_A \cdot r_{max}}{I_p} \quad (11.4)$$

Hierin bedeuten:

F_A	auf die Nagelplatte einwirkende Kraft durch den Schwerpunkt der wirksamen Anschlussfläche A_{ef} ,
A_{ef}	Anschlussfläche zwischen Nagelplatte und Holz, vermindert um diejenigen Teile der Flächen, die außerhalb der vorgegebenen Randabstände liegen,
M_A	auf die Anschlusssteifflächen der Nagelplatte einwirkendes Moment,
I_p	polares Flächenmoment zweiten Grades der wirksamen Anschlussfläche,
r_{max}	Abstand zwischen dem Schwerpunkt und dem am weitesten von diesem entfernten Punkt der wirksamen Anschlussfläche.

(7) Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

$$\frac{\tau_{F,d}}{f_{a,\alpha,\beta,d}} \leq 1 \quad (11.5)$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} \leq 1 \quad (11.6)$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} \leq 1 \quad (11.7)$$

(8) Für eine Schnittlinie der Nagelplatten sind die Kräfte in den beiden Hauptrichtungen nach folgenden Gleichungen zu bestimmen:

$$F_{x,d} = F_d \cdot \cos \alpha \pm 2 \cdot F_{M,d} \cdot \sin \gamma \quad (11.8)$$

$$F_{y,d} = F_d \cdot \sin \alpha \pm 2 \cdot F_{M,d} \cdot \cos \gamma \quad (11.9)$$

Hierin bedeuten:

F_d	Kraft in der Fuge, die durch die Nagelplatte abgedeckt wird,
-------	--------------------------------------------------------------

$F_{M,d}$ Kraft in der Fuge, verursacht durch das Moment M_d ,

$$F_{M,d} = \frac{2 \cdot M_d}{\ell}$$

(9) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\left(\frac{s_{x,d}}{f_{x,d}} \right)^2 + \left(\frac{s_{y,d}}{f_{y,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (11.10)$$

Hierin bedeuten:

$$s_{x,d} = \frac{F_{x,d}}{2 \cdot \ell} \quad (11.11)$$

$$s_{y,d} = \frac{F_{y,d}}{2 \cdot \ell} \quad (11.12)$$

die Bemessungswerte der Beanspruchungen pro Längeneinheit der Platten in x- bzw. y-Richtung und

$$f_{x,d} = \max \begin{cases} f_{a,x,0,d} \cdot \sin \gamma \\ f_{v,0,d} \cdot \cos \gamma \end{cases} \quad \text{mit } f_{a,x,0,d} = \begin{cases} f_{t,0,d} & \text{bei Zug} \\ f_{c,0,d} & \text{bei Druck} \end{cases} \quad (11.13)$$

$$f_{y,d} = \max \begin{cases} f_{a,x,90,d} \cdot \cos \gamma \\ f_{v,90,d} \cdot \sin \gamma \end{cases} \quad \text{mit } f_{a,x,90,d} = \begin{cases} f_{t,90,d} & \text{bei Zug} \\ f_{c,90,d} & \text{bei Druck} \end{cases} \quad (11.14)$$

die Bemessungswerte der Plattentragfähigkeiten.

(10) Deckt die Nagelplatte mehrere Fugen ab, dann müssen die Kräfte in jedem geraden Fugenteil so bestimmt werden, dass das Gleichgewicht eingehalten ist und die Bedingung der Gleichung (11.10) in jeder geraden Fuge erfüllt wird. Alle maßgeblichen Schnitte sind zu überprüfen.

11.2.4 Transport- und Montagezustände

(1) Transport- und Montagezustände sind nachzuweisen. Für die Ermittlung der Bemessungswerte der Bauteilwiderstände darf dabei die Nutzungsklasse 1 und die Klasse der Lasteinwirkungsdauer „sehr kurz“ (siehe **Tabelle 4.1**, Zeile 6) zugrunde gelegt werden. Die Nachweise dürfen als erfüllt angesehen werden, wenn die Anforderungen nach den Absätzen (2) bis (4) eingehalten sind.

(2) Die Holzdicke der Stäbe beträgt mindestens

$$b = \frac{1,8 \cdot \ell^2}{f_{m,k}} \quad \text{in mm} \quad (11.15)$$

Hierin bedeuten:

ℓ Gesamtlänge des Trägers in m,

$f_{m,k}$ charakteristischer Wert der Biegefestigkeit des Holzes in N/mm^2 .

(3) Die Plattenbeanspruchungen von Firstknoten und von Stößen der Ober- und Untergurte sind mit den Bemessungswerten der Plattentragfähigkeit in Richtung der Plattenhauptachse für eine Mindestkraft F_d zu bemessen, soweit nicht Gleichung (11.2) maßgebend wird:

$$F_d = 0,4 \cdot h \cdot \ell^2 \quad \text{in N} \quad (11.16)$$

Hierin bedeuten:

h Gurthöhe in mm,

ℓ Gesamtlänge des Trägers in m.

(4) Die Nagelbelastung ist mit den Bemessungswerten der Nageltragfähigkeit für eine Mindestkraft nach Gleichung (11.16) nachzuweisen. Zusätzlich ist eine Querkraft rechtwinklig zur Binderebene von

$$V_d = 2,5 \cdot b \cdot h \cdot \ell \cdot 10^{-3} \quad \text{in N} \quad (11.17)$$

zu berücksichtigen.

Hierin bedeuten:

- b und h Querschnittsmaße des Gurtes in mm,
 ℓ Gesamtlänge des Trägers in m.

(5) Für die gleichzeitige Beanspruchung der Nägel auf Abscheren und Herausziehen ist folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{\tau_{F,d}}{f_{a,0,0,d}} + \frac{s_{ax,d}}{f_{ax,d}} \leq 1 \quad (11.18)$$

Hierin bedeuten:

- $\tau_{F,d}$ Bemessungswert der Einwirkung mit F_d nach Gleichung (11.16),
 $f_{a,0,0,d}$ Bemessungswert des Widerstandes auf Abscheren,
 $s_{ax,d}$ Bemessungswert der Einwirkung mit V_d nach Gleichung (11.17), $s_{ax,d} = V_d / l_s$,
 $f_{ax,d}$ Bemessungswert des Widerstandes gegen Herausziehen.

(6) Die charakteristischen Werte der Widerstände sind der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung der verwendeten Nagelplatten zu entnehmen.

11.3 Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart

11.3.1 Allgemeines

(1) Zu den Dübeln besonderer Bauart gehören Ringdübel (Typ A) nach **Bild V.1** und **Tabelle V.14**, Scheibendübel (Typ B) nach **Bild V.2** und **Tabelle V.15** und Scheibendübel mit Zähnen (Typ C) nach **Bild V.3 bis V.9** sowie **Tabelle V.16 bis V.22** (siehe **Anhang V, Teil 4**).

(2) Ringdübel (Typ A) sind zweiseitige Dübel besonderer Bauart, die als geschlossener Ring oder als Ring mit einem Spalt an einer Stelle des Umfanges ausgebildet sind.

(3) Scheibendübel (Typ B) sind einseitige Dübel besonderer Bauart, die aus einer Kreisscheibe mit einem Flansch entlang des Umfanges auf einer Seite der Scheibe bestehen.

(4) Scheibendübel mit Zähnen (Typ C) sind Dübel besonderer Bauart, die aus einer Scheibe mit dreieckförmigen Zähnen entlang des Scheibenrandes oder mit kegelförmigen Zähnen (Dornen) auf der Scheibe bestehen; ein mit Zähnen versehener Scheibendübel kann zweiseitig oder einseitig sein.

(5) Ein zweiseitiger Dübel besonderer Bauart hat einen symmetrischen Querschnitt, der in beide Kontaktflächen von zwei sich berührenden Holzteilen gleich tief eingebettet ist. Ein einseitiger Dübel besonderer Bauart ist nur mit einer Seite in eine Holzkontaktfläche eingebettet.

(6) Dübel besonderer Bauart dürfen nur für die Verbindung von Vollholz nach Abschnitt 4.2, Brettschichtholz nach Abschnitt 4.3, Balkenschichtholz nach Abschnitt 4.4 sowie Furnierschichtholz ohne Querlagen mit charakteristischer Rohdichte $\rho_k < 500 \text{ kg/m}^3$ nach Abschnitt 4.5, für die Verbindung von Laubhölzern jedoch nur Ring- und Scheibendübel nach **Tabelle V.14** und **V.15** (**Anhang V, Teil 4**) angewendet werden.

(7) Alle Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart müssen durch in der Regel nachziehbare Bolzen aus Stahl zusammengehalten werden, wobei jeder Dübel durch einen Bolzen gesichert sein muß (siehe **Bild 11.2**). Bei Verbindungen mit Dübeldurchmessern bzw. -seitenlängen $\geq 130 \text{ mm}$ sind, wenn zwei oder mehr Dübel in Krafrichtung hintereinander angeordnet sind, an den Enden der Außenhölzer oder -laschen zusätzliche Bolzen als Klemmbolzen anzuordnen (siehe **Bild 11.2**). Alle Bolzen sind so anzuziehen, daß die Scheiben vollflächig am Holz anliegen. Bei zweiseitigen Dübeln besonderer Bauart dürfen an Stelle der Bolzen auch Gewindestangen entsprechenden Durchmessers verwendet werden.

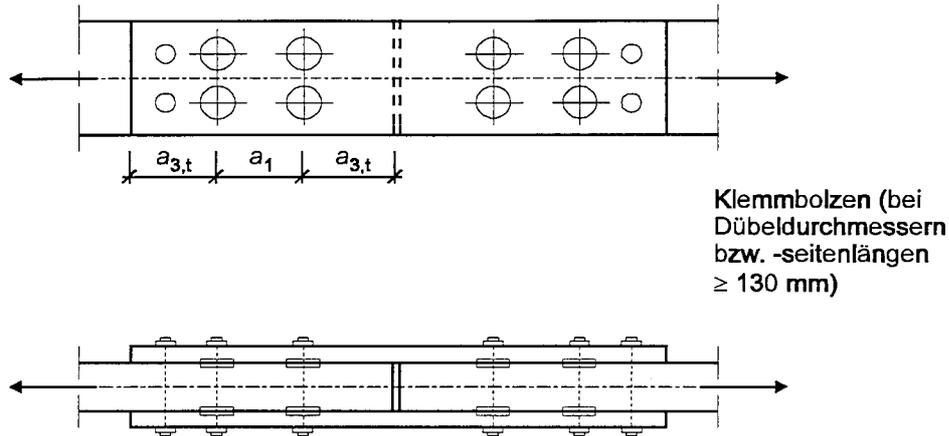


Bild 11.2 Anordnung der Bolzen bei Dübelverbindungen

(8) Bolzen und Klemmbolzen von Dübelverbindungen sind nachzuziehen, wenn mit einem erheblichen Schwinden des Holzes gerechnet werden muß. Sie müssen hierzu genügend Gewindelänge aufweisen und bis zur Beendigung des Schwindens zugänglich bleiben.

(9) Als eine Verbindungseinheit werden bezeichnet:

ein Ringdübel mit Bolzen, einschnittig, in einer Holz-Holz-Verbindung

oder

zwei Scheibendübel (Rückseite an Rückseite) mit Bolzen, einschnittig, in einer Holz-Holz-Verbindung

oder

ein zweiseitiger Scheibendübel mit Zähnen, in einer Holz-Holz-Verbindung

oder

zwei einseitige Scheibendübel mit Zähnen (Rückseite an Rückseite) mit Bolzen, einschnittig.

(10) Bei Ringdübeln des Typs A1 mit Dübeldurchmessern $d_c \leq 95$ mm und bei zweiseitigen Scheibendübeln mit Zähnen der Typen C1, C3 und C10 mit Dübeldurchmessern $d_c \leq 117$ mm dürfen für den Anschluss von Vollholz-, Brettschichtholz-, Balkenschichtholz- oder Furnierschichtholzquerschnitten an Brettschichtholz die Werte für die charakteristischen Tragfähigkeiten auch dann in Rechnung gestellt werden, wenn die Bolzen durch Sondernägel oder Holzschrauben ersetzt werden. Der charakteristische Wert des Ausziehwiderstandes $R_{ax,k}$ der Sondernägel oder Holzschrauben muss mindestens das 0,25fache der charakteristischen Tragfähigkeit der Dübel betragen. Bei Scheibendübeln mit Zähnen darf dann der Anteil $R_{b,0,d}$ bzw. $R_{b,\alpha,d}$ in den Gleichungen (11.32) bzw. (11.33) nicht in Rechnung gestellt werden.

(11) Bei der Ermittlung von Querschnittsschwächungen durch Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart sind die in **Tabelle 11.1** angegebenen Dübelfehlflächen ΔA zusätzlich zu der gesamten Schwächung durch die Bohrlöcher für die Verbolzung zu berücksichtigen.

11.3.2 Verbindungen mit Ring- und Scheibendübeln

(1) Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit für Verbindungen zwischen Bauteilen aus Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz oder Furnierschichtholz ohne Querlagen nach Absatz (2) gilt unter den folgenden Voraussetzungen:

- der Winkel α zwischen Kraft- und Faserrichtung des Holzes beträgt 0° ,
- der Endabstand $a_{3,t}$ des Dübels vom belasteten Holzende in Faserrichtung beträgt mindestens $2 \cdot d_c$,
- der Randabstand a_4 des Dübels vom Holzrand rechtwinklig zur Faserrichtung beträgt mindestens $0,6 \cdot d_c$,
- die Dicke t_1 des Seitenholzes beträgt mindestens $3 \cdot h_e$,
- die Dicke t_2 des Mittelholzes (bei zwei- und mehrschnittigen Verbindungen) beträgt mindestens $5 \cdot h_e$,

- die charakteristische Rohdichte ρ_k der miteinander verbundenen Bauteile beträgt mindestens 350 kg/m^3 .

Hierin bedeuten:

- d_c Dübeldurchmesser,
 h_e Einlaßtiefe des Dübels im Holz.

Tabelle 11.1: Dübelfehlflächen

Dübeltyp	Dübeldurchmesser d_c mm	Rechenwert für die Dübelfehlfläche ΔA mm^2
A1 und B1	65	780
A1 und B1	80	1010
A1 und B1	95	1230
A1	126	1700
A1 und B1	128	2590
A1 und B1	160	3220
A1 und B1	190	3990
C1 und C2	50	100
C1 und C2	62	200
C1 und C2	75	260
C1 und C2	95	470
C1 und C2	117	690
C1	140	870
C1	165	1100
C3 und C4	73x130 ($a_1 \times a_2$)	740
C5	100 (Seitenlänge)	270
C5	130 (Seitenlänge)	450
C10	50	280
C10	65	360
C10	85	460
C10	95	560
C10	115	700
C11	50	340
C11	65	450
C11	85	550
C11	95	650
C11	115	860

(2) Werden alle Bedingungen nach Absatz (1) erfüllt, dann darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit angenommen werden zu:

$$R_{c,0,k} = \min \begin{cases} 35 \cdot d_c^{1,5} \\ 31,5 \cdot d_c \cdot h_e \end{cases} \quad (11.19a,b)$$

mit $R_{c,0,k}$ in N sowie d_c und h_e in mm.

(3) Für die Bolzen nach Abschnitt 11.3.1 (7) sind zusätzlich die Bedingungen der **Tabelle 11.2** einzuhalten.

(4) Unter dem Kopf und der Mutter der Bolzen sind Unterlegscheiben mit einer Seitenlänge oder einem Durchmesser von mindestens $3 \cdot d_b$ und einer Dicke von mindestens $0,3 \cdot d_b$ zu verwenden. Die Unterlegscheiben müssen vollflächig anliegen.

(5) Ist der Winkel α zwischen Kraft- und Faserrichtung des Holzes $> 0^\circ$, dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (11.19a bzw. b) mit dem Beiwert k_α abzumindern:

$$R_{c,\alpha,k} = k_\alpha \cdot R_{c,0,k} \quad (11.20)$$

mit

$$k_\alpha = \frac{1}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (11.21)$$

und

$$k_{90} = 1,3 + 0,001 \cdot d_c \quad (11.22)$$

mit d_c in mm.

Tabelle 11.2: Anforderungen an die Bolzendurchmesser d_b in Verbindungen mit Ringdübeln (Typ A) und Scheibendübeln (Typ B)

	1	2	3	4
1	Dübeltyp nach Tabelle V.14 und V.15 (Anhang V, Teil 4)	d_c mm	min d_b mm	max d_b mm
2	A1	≤ 130	12	24
3	A1	> 130	$0,1 \cdot d_c$	24
4	B1		$d_1 - 1$	d_1

(6) Ist der charakteristische Wert der Rohdichte ρ_k einer der verbundenen Bauteile kleiner als 350 kg/m^3 , dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (11.19a bzw. b) mit dem Faktor $\rho_k/350$ zu mindern.

(7) Ist der charakteristische Wert der Rohdichte ρ_k der verbundenen Bauteile größer als 350 kg/m^3 , dann darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (11.19a bzw. b) mit dem Beiwert k_ρ vergrößert werden:

$$k_\rho = \min \begin{cases} 1,75 \\ \rho_k / 350 \end{cases} \quad (11.23)$$

Dabei ist ρ_k der kleinere Wert der charakteristischen Rohdichten der beiden durch die Verbindungseinheit verbundenen Bauteile.

(8) Bei nur zugbelasteten Dübelverbindungen mit einer Verbindungseinheit und $-30^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ darf, wenn der Endabstand $a_{3,t}$ des Dübels vom belasteten Holzende mehr als $2 \cdot d_c$ beträgt, der charakteristische Wert der Tragfähigkeit der Verbindungseinheit nach Gleichung (11.19a bzw. b) mit dem Beiwert k_{a_3} vergrößert werden.

$$k_{a_3} = \min \begin{cases} 1,25 \\ \frac{a_{3,t}}{2 \cdot d_c} \end{cases} \quad (11.24)$$

(9) Ist bei nur zugbelasteten Verbindungen mit $-30^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ der Endabstand $a_{3,t}$ des Dübels vom belasteten Holzende geringer als $2 \cdot d_c$, dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (11.19a bzw. b) mit dem Faktor $a_{3,t} / 2d_c$ zu mindern. Endabstände $a_{3,t} < 1,5 \cdot d_c$ sind unzulässig.

(10) Bei nur druckbelasteten Dübelverbindungen ($150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$) mit einer Verbindungseinheit darf die Gleichung (11.19a) unbeachtet bleiben.

(11) Weichen die Holzdicken t_1 des Seitenholzes und/oder t_2 des Mittelholzes (bei zwei- und mehrschnittigen Verbindungen) von den Bedingungen nach Absatz (1) ab, dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (11.19a bzw. b) mit dem Beiwert k_t zu mindern.

$$k_t = \min \begin{cases} 1 \\ \frac{t_1}{3 \cdot h_e} \\ \frac{t_2}{5 \cdot h_e} \end{cases} \quad (11.25)$$

Holzdicken $t_1 < 2,25 \cdot h_e$ und $t_2 < 3,75 \cdot h_e$ sind unzulässig.

(12) Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit sind wie folgt zu berechnen:

$$R_{c,0(\alpha),d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_{c,0(\alpha),k}}{\gamma_M} \quad (11.26)$$

Hierin bedeuten:

k_{mod} Modifikationsbeiwert für das Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz oder Furnierschichtholz (ohne Querlagen),

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für Holz und Holzwerkstoffe nach **Tabelle 3.3**.

(13) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{j,d}$ einer Dübelverbindung mit Ring- und Scheibendübeln ergibt sich aus der Summe der Bemessungswerte der Tragfähigkeiten $R_{c,0(\alpha),d}$ der Verbindungseinheiten. Dabei ist bei Verbindungen mit mehreren in Kraft- und Faserrichtung hintereinander angeordneten Verbindungseinheiten eine wirksame Anzahl $n_{\text{ef}} < n$ zu berücksichtigen:

$$R_{j,d} = n_{\text{ef}} \cdot R_{c,0(\alpha),d} \quad (11.27)$$

Die wirksame Anzahl der Dübel n_{ef} ist wie folgt anzunehmen:

$$n_{\text{ef}} = 2 + \left(1 - \frac{n}{20}\right) \cdot (n - 2) \quad (11.28)$$

Dabei bedeutet n die Anzahl der in Krafrichtung hintereinander liegenden Dübel ($n > 2$). Mehr als zehn Dübel hintereinander dürfen nicht in Rechnung gestellt werden.

(14) Die Mindestdübelabstände untereinander und von den Rändern sind in **Tabelle 11.3** angegeben. Für die Bezeichnungen gilt **Bild 10.1** sinngemäß.

Tabelle 11.3: Mindestdübelabstände für Ring- und Scheibendübel

	1	2	3
1	a_1	parallel zur Faserrichtung des Holzes	$(1,2 + 0,8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$
2	a_2	rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes	$1,2 \cdot d_c$
3	$a_{3,t}$	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$2 \cdot d_c$ ¹⁾
4	$a_{3,c}$	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$ $90^\circ < \alpha < 150^\circ$ $210^\circ < \alpha < 270^\circ$	$1,2 \cdot d_c$ $(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$ $(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
5	$a_{4,t}$	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
6	$a_{4,c}$	für alle anderen Winkel α	$0,6 \cdot d_c$
¹⁾ siehe auch Abschnitt 11.3.2 (9)			

11.3.3 Verbindungen mit Scheibendübeln mit Zähnen

(1) Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit für Verbindungen zwischen Bauteilen aus Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz oder Furnierschichtholz ohne Querlagen nach Absatz (2) gilt unter den folgenden Voraussetzungen:

- der Winkel α zwischen Kraft- und Faserrichtung des Holzes beträgt 0° ,
- der Endabstand $a_{3,t}$ des Dübels vom belasteten Holzende in Faserrichtung beträgt bei den Dübeltypen C1, C2 und C5 mindestens $1,5 \cdot d_c$, bei den Dübeltypen C3 und C4 mindestens $1,5 \cdot a_2$ und bei den Dübeltypen C10 und C11 mindestens $2 \cdot d_c$,
- der Randabstand a_4 des Dübels vom Holzrand rechtwinklig zur Faserrichtung beträgt bei den Dübeltypen C1, C2, C5, C10 und C11 mindestens $0,6 \cdot d_c$ und bei den Dübeltypen C3 und C4 mindestens $0,6 \cdot a_2$,
- die Dicke t_1 des Seitenholzes beträgt mindestens $3 \cdot h_e$,
- die Dicke t_2 des Mittelholzes (bei zwei- und mehrschnittigen Verbindungen) beträgt mindestens $5 \cdot h_e$,
- die charakteristische Rohdichte ρ_k der miteinander verbundenen Bauteile beträgt mindestens 350 kg/m^3 ; sie darf jedoch nicht mehr als 500 kg/m^3 betragen.

Hierbei bedeuten:

- d_c Dübeldurchmesser (für die Dübeltypen C1, C2, C5, C10 und C11),
- a_2 größte Seitenlänge (für die Dübeltypen C3 und C4),
- h_e Einpreßtiefe des Dübels im Holz.

(2) Werden alle Bedingungen nach Absatz (1) erfüllt, dann darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit mit Scheibendübeln mit Zähnen angenommen werden zu

$$R_{j,0,k} = R_{c,k} + R_{b,0,k} \quad (11.29)$$

Hierin bedeuten:

$$R_{c,k} = \begin{cases} 18 \cdot d_c^{1,5} & \text{für die Dübeltypen C1 bis C5} \\ 25 \cdot d_c^{1,5} & \text{für die Dübeltypen C10 und C11} \end{cases} \quad (11.30a,b)$$

mit $R_{c,k}$ in N und d_c in mm,

$R_{b,0,k}$ charakteristischer Wert der Tragfähigkeit des Bolzens für $\alpha = 0^\circ$ (siehe Abschnitt 10.4.2).

In Gleichung (11.30a) ist bei den Dübeltypen C3 und C4, siehe **Tabelle V.18** und **V.19 (Anhang V, Teil 4)**, für d_c einzusetzen:

$$d_c = \sqrt{a_1 \cdot a_2} \quad (11.31)$$

In Gleichung (11.30a) ist beim Dübeltyp C5, siehe **Tabelle V.20 (Anhang V, Teil 4)**, für d_c die Seitenlänge d des Dübels einzusetzen.

(3) Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit betragen:

$$R_{j,0,d} = R_{c,d} + R_{b,0,d} \quad (11.32)$$

Hierin ist $R_{c,d}$ aus $R_{c,k}$ nach Gleichung (11.30a bzw. b) mit dem Teilsicherheitsbeiwert für Holz und Holzwerkstoffe nach **Tabelle 3.3** zu berechnen.

(4) Ist der Winkel α zwischen Kraft- und Faserrichtung des Holzes $\neq 0^\circ$, dann darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit mit Scheibendübeln mit Zähnen angenommen werden zu:

$$R_{j,\alpha,d} = R_{c,d} + R_{b,\alpha,d} \quad (11.33)$$

Hierin bedeutet:

$R_{b,\alpha,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit des Bolzens für $\alpha \neq 0^\circ$.

(5) Für die Bolzen nach Abschnitt 11.3.1 (7) sind zusätzlich die Bedingungen der **Tabelle 11.4** einzuhalten.

Tabelle 11.4: Anforderungen an die Bolzendurchmesser d_b in Verbindungen mit Scheibendübeln mit Zähnen

	1	2	3	4
1	Dübeltyp nach Tabelle V.16 bis V.22 (Anhang V, Teil 4)	d_c mm	min d_b mm	max d_b mm
2	C1	≤ 75	10	d_1
3	C1	≥ 95	10	30
4	C2		$d_1 - 1$	d_1
5	C3		10	d_1
6	C4		$d_1 - 1$	d_1
7	C5		10	30
8	C10		10	30
9	C11		$d_1 - 1$	d_1

(6) Unter dem Kopf und der Mutter der Bolzen sind Unterlegscheiben mit einer Seitenlänge oder einem Durchmesser von mindestens $3 \cdot d_b$ und einer Dicke von mindestens $0,3 \cdot d_b$ zu verwenden. Die Unterlegscheiben müssen vollflächig anliegen.

(7) Ist der charakteristische Wert der Rohdichte ρ_k einer der verbundenen Bauteile kleiner als 350 kg/m^3 , dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit $R_{c,k}$ nach Gleichung (11.30a bzw. b) mit dem Faktor $\rho_k/350$ zu mindern.

(8) Ist der charakteristische Wert der Rohdichte ρ_k der verbundenen Bauteile größer als 350 kg/m^3 , dann darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit $R_{c,k}$ nach Gleichung (11.30a bzw. b) mit dem Beiwert k_p vergrößert werden:

$$k_p = \rho_k / 350 \quad (11.34)$$

Dabei ist ρ_k der kleinere Wert der charakteristischen Rohdichten der beiden durch die Verbindungseinheit verbundenen Bauteile.

(9) Ist bei nur zugbelasteten Dübelverbindungen mit $-30^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ der Endabstand $a_{3,t}$ des Dübels vom belasteten Holzende bei den Dübeltypen C1, C2 und C5 geringer als $1,5 \cdot d_c$, bei den Dübeltypen C3 und C4 geringer als $1,5 \cdot a_2$ oder bei den Dübeltypen C10 und C11 geringer als $2 \cdot d_c$, dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit $R_{c,k}$ nach Gleichung (11.30a bzw. b) mit dem Faktor $a_{3,t} / 1,5 \cdot d_c$ bzw. $a_{3,t} / 1,5 \cdot a_2$ bzw. $1,5 / 2 \cdot d_c$ zu mindern. Endabstände $a_{3,t}$ unter 80 mm und unter $7 \cdot d_b$ (mit d_b als Bolzendurchmesser in mm) sowie geringer als $1,1 \cdot d_c$ bei den Dübeltypen C1, C2 und C5, geringer als $1,1 \cdot a_2$ bei den Dübeltypen C3 und C4 sowie geringer als $1,5 \cdot d_c$ bei den Dübeltypen C10 und C11 sind unzulässig.

(10) Weichen die Holzdicken t_1 des Seitenholzes und/oder t_2 des Mittelholzes (bei zwei- und mehrschnittigen Verbindungen) von den Bedingungen nach Absatz (1) ab, dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit $R_{c,k}$ nach Gleichung (11.30a bzw. b) mit dem Faktor k_t nach Gleichung (11.25) zu mindern. Holzdicken $t_1 < 2,25 \cdot h_e$ und $t_2 < 3,75 \cdot h_e$ sind unzulässig.

(11) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{j,d}$ einer Dübelverbindung mit Scheibendübeln mit Zähnen ergibt sich aus der Summe der Bemessungswerte der Tragfähigkeiten $R_{j,0(\alpha),d}$ der Verbindungseinheiten. Dabei ist bei Verbindungen mit mehreren in Kraft- und Faserrichtung hintereinander angeordneten Verbindungseinheiten eine wirksame Anzahl $n_{ef} < n$ zu berücksichtigen:

$$R_{j,d} = n_{ef} \cdot R_{j,0(\alpha),d} \quad (11.35)$$

Für die wirksame Anzahl n_{ef} der Dübel darf der Wert nach Gleichung (11.28) angenommen werden.

Tabelle 11.5: Mindestdübelabstände für Scheibendübel mit Zähnen der Typen C1 bis C5.

Bei den Dübeltypen C3 und C4 ist für d_c die größte Seitenlänge a_2 des Dübels, bei Dübeltyp C5 für d_c die Seitenlänge d des Dübels einzusetzen

	1	2	3
1	a_1	parallel zur Faserrichtung des Holzes	$(1,2 + 0,3 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$
2	a_2	rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes	$1,2 \cdot d_c$
3	$a_{3,t}$	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$1,5 \cdot d_c$ ¹⁾
4	$a_{3,c}$	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$ $90^\circ < \alpha < 150^\circ$ $210^\circ < \alpha < 270^\circ$	$1,2 \cdot d_c$ $(0,9 + 0,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$ $(0,9 + 0,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
5	$a_{4,t}$	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
6	$a_{4,c}$	für alle anderen Winkel α	$0,6 \cdot d_c$

¹⁾ siehe auch Abschnitt 11.3.3 (9)

(12) Die Mindestdübelabstände untereinander und von den Rändern sind für die Dübeltypen C1 bis C5 in **Tabelle 11.5** und für die Dübeltypen C10 und C11 in **Tabelle 11.6** angegeben. Für die Bezeichnungen gilt **Bild 10.1** sinngemäß.

Tabelle 11.6: Mindestdübelabstände für Scheibendübel mit Zähnen der Typen C10 und C11

	1	2	3
1	a_1	parallel zur Faserrichtung des Holzes	$(1,2 + 0,8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$
2	a_2	rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes	$1,2 \cdot d_c$
3	$a_{3,t}$	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$2 \cdot d_c$ ¹⁾
4	$a_{3,c}$	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$ $90^\circ < \alpha < 150^\circ$ $210^\circ < \alpha < 270^\circ$	$1,2 \cdot d_c$ $(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$ $(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
5	$a_{4,t}$	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
6	$a_{4,c}$	für alle anderen Winkel α	$0,6 \cdot d_c$

¹⁾ siehe auch Abschnitt 11.3.3 (9)

11.3.4 Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart in Hirnholzflächen

(1) Ringdübel des Typs A1 mit Durchmessern $d_c \leq 126$ mm, Scheibendübel mit Zähnen des Typs C1 mit Durchmessern $d_c \leq 140$ mm sowie Scheibendübel mit Zähnen des Typs C10 dürfen in rechtwinklig oder schräg ($\varphi \geq 45^\circ$) zur Faserrichtung verlaufende Hirnholzflächen von Vollholz, Brettschichtholz oder Balkenschichtholz eingebaut und zur Übertragung von Auflagerkräften herangezogen werden (siehe **Bild 11.3**). Zum Zusammenhalten der Verbindung sind die nach **Tabelle 11.2**, Zeile 2, und **Tabelle 11.4**, Zeilen 2, 3 und 8, zu den jeweiligen Dübeln besonderer Bauart gehörenden Bolzendurchmesser zu verwenden. Das Vollholz muss bei Herstellung der Verbindung eine Feuchte unterhalb 20 % besitzen.

(2) Die Lagesicherung wird durch Bolzen über zugehörige Unterlegscheiben nach **Tabelle V.13 (Anhang V, Teil 3)** unter dem Bolzenkopf sowie eine Klemmvorrichtung am Bolzenende gewährleistet. Die Klemmvorrichtung besteht entweder aus einem Rundstahl mit Querbohrung und Innengewinde, einem entsprechenden Formstück oder einer Unterlegscheibe mit Mutter.

(3) Die Breiten der anzuschließenden Träger dürfen die in **Tabelle 11.7** angegebenen Mindestwerte nicht unterschreiten. Die Dübel besonderer Bauart sind mittig in die Hirnholzflächen der anzuschließenden Träger (Nebenträger) unter Beachtung der in **Tabelle 11.7** angegebenen Mindestwerte für die Randabstände und die Abstände untereinander einzubauen.

(4) Beträgt die charakteristische Rohdichte der miteinander verbundenen Bauteile mindestens 350 kg/m^3 , dann darf für Ringdübel des Typs A1 der charakteristische Wert $R_{c,H,k}$ der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit in einem Hirnholzanschluss angenommen werden zu:

$$R_{c,H,k} = k_H \cdot k_{90} \cdot R_{c,0,k} \quad (11.36)$$

Hierin bedeuten:

- $R_{c,0,k}$ charakteristischer Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (11.19a,b),
- k_{90} Beiwert nach Gleichung (11.22),
- k_H Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses des Hirnholzes des anzuschließenden Trägers.

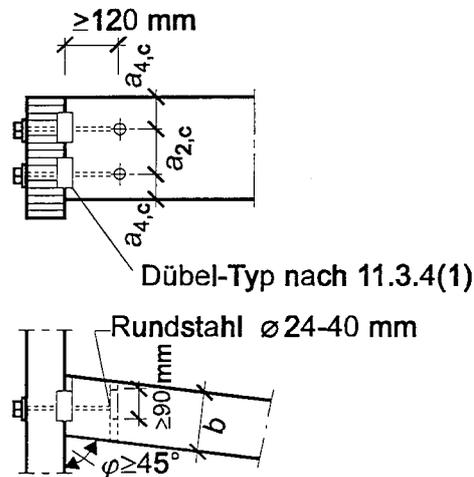


Bild 11.3 Ausbildung eines Hirnholzanschlusses mit Dübeln besonderer Bauart

(5) Der Beiwert k_H in Gleichung (11.36) darf angenommen werden zu:

- $k_H = 0,65$ bei einem oder zwei Dübeln hintereinander,
- $k_H = 0,80$ bei drei, vier oder fünf Dübeln hintereinander.

(6) Hirnholzanschlüsse mit charakteristischen Rohdichten der zu verbindenden Bauteile unter 350 kg/m^3 sowie eine Vergrößerung des charakteristischen Wertes der Tragfähigkeit mit k_p nach Gleichung (11.23) sind unzulässig.

(7) Beträgt die charakteristische Rohdichte der miteinander verbundenen Bauteile mindestens 350 kg/m^3 , jedoch nicht mehr als 500 kg/m^3 , dann darf für Scheibendübel mit Zähnen der Typen C1 und C10 der charakteristische Wert $R_{c,H,k}$ der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit in einem Hirnholzanschluss angenommen werden zu:

$$R_{c,H,k} = 14 \cdot d_c^{1,5} + 0,8 \cdot R_{b,90,k} \quad (11.37)$$

Hierin bedeutet:

- $R_{b,90,k}$ charakteristische Tragfähigkeit des verwendeten Bolzens nach Gleichung (10.11) mit der charakteristischen Lochleibungsfestigkeit $f_{h,1,k}$ nach Gleichung (10.15) für $\alpha = 90^\circ$.

(8) Die Bemessungswerte der Tragfähigkeiten von Hirnholzanschlüssen mit Dübeln besonderer Bauart betragen:

$$R_{c,H,d} = n_c \cdot \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_{c,H,k}}{\gamma_M} \quad (11.38)$$

Hierin bedeuten:

- $R_{c,H,k}$ charakteristischer Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach den Gleichungen (11.36) bzw. (11.37),
- n_c Anzahl der Dübel in einem Anschluss, mit $n_c \leq 5$,
- γ_M Teilsicherheitsbeiwert für Holz und Holzwerkstoffe nach **Tabelle 3.3**.

Tabelle 11.7: Anforderungen an die Holzmaße und die Dübelabstände bei Hirnholzanschlüssen mit Dübeln besonderer Bauart

	1	2	3	4	5
1	Dübeltyp	Dübel- durchmesser d_c mm	Mindestbreite des anzuschließenden Trägers mm	Mindestrandabstand $a_{4,c}$ mm	Mindestabstand der Dübel untereinander $a_{2,c}$ mm
2	A1	65	110	55	80
3	A1	80	130	65	95
4	A1	95	150	75	110
5	A1	126	200	100	145
6	C1	50	100	50	55
7	C1	62	115	55	70
8	C1	75	125	60	90
9	C1	95	140	70	110
10	C1	117	170	85	130
11	C1	140	200	100	155
12	C10	50	100	50	65
13	C10	65	115	60	85
14	C10	80	130	65	100
15	C10	95	150	75	115
16	C10	115	170	85	130

12 Geklebte Verbindungen

12.1 Allgemeines

- (1) Die nachfolgenden Regeln gelten für geklebte Verbindungen in tragenden Bauteilen.
- (2) Der Hersteller geklebter Verbindungen muss im Besitz des jeweils erforderlichen Nachweises der Eignung zum Kleben von tragenden Holzbauteilen sein (siehe **Anhang A**).
- (3) Die Eignung der verwendeten Klebstoffe muss für den vorgesehenen Anwendungsbereich nachgewiesen sein.
- (4) Es dürfen gemäß den Vorgaben der Abschnitte 12.2 bis 12.6 folgende Baustoffe miteinander verklebt werden:
 - Vollholz,
 - Brettschichtholz,
 - Balkenschichtholz,
 - Furnierschichtholz mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung,
 - mehrschichtige Massivholzplatten mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung,
 - Baufurniersperrholz,
 - OSB-Platten, sofern die zu verklebenden Flächen geschliffen sind,
 - kunstharzgebundene Holzspanplatten.
- (5) Bei flächigen Klebungen müssen die Oberflächen der miteinander zu verklebenden Bauteile glatt (z.B. gehobelt oder geschliffen) sein. Vor dem Kleben ist die Maßhaltigkeit der miteinander zu verklebenden Oberflächen zu prüfen. Die Oberflächen müssen vor der Klebung weitgehend schmutzfrei und frei von Harzaustritten sein.
- (6) Bei der flächigen Klebung von Vollholz und Brettschichtholz darf der Anschnittwinkel zwischen Klebfuge und Faserrichtung des Holzes höchstens 15° betragen.
- (7) Bei Verbindungen nach den Abschnitten 12.2, 12.4 und 12.5 sind Klebfugen mit Dicken nach DIN EN 302-1 zu verwenden. Die Klebfugen zwischen den Einzelquerschnitten von Verbundbauteilen nach Abschnitt 12.6 dürfen eine Dicke bis zu 2 mm haben.
- (8) Die Raumtemperatur beim Kleben und Aushärten muss mindestens 20° C betragen. Die Temperatur der Baustoffe muss mindestens 18° C betragen.
- (9) Bei flächigen Klebungen ist als Bemessungswert der Scherfestigkeit der Klebfuge der jeweils kleinere Bemessungswert der Schubfestigkeit der zu verklebenden Baustoffe anzunehmen.
- (10) Bei eingeklebten Stahlstäben sind vor dem Einkleben der Stäbe die Bohrlöcher zu reinigen. Ist der Bohrl Lochdurchmesser größer als der Außendurchmesser der Stahlstäbe, darf das Einbringen des Klebers durch Injizieren in den Hohlraum zwischen Stahlstab und Bohrlochwandung erfolgen, wenn der Stahlstab bereits in das Bohrloch eingebracht ist. Alternativ darf der Stahlstab in das teilweise mit Kleber gefüllte Bohrloch eingesetzt werden. Es ist sicherzustellen, daß der Hohlraum zwischen Stahlstab und Bohrlochwandung vollständig mit Kleber ausgefüllt ist.
- (11) Für die Bemessung von eingeklebten Stahlstäben sind die Abschnitte 9.4 und 12.3 zu beachten.

12.2 Schraubenpressklebung

- (1) Beim Aufkleben von Brettlamellen aus Vollholz bis zu einer Dicke von 35 mm und Holzwerkstoffplatten nach Abschnitt 12.1 (4) bis zu einer Dicke von 50 mm darf der Preßdruck mittels Schraubenpreßklebung aufgebracht werden.
- (2) Es dürfen nur selbstbohrende Schrauben mit allgemeinem bauaufsichtlichen Prüfzeugnis und einem Nenndurchmesser $d \geq 4$ mm verwendet werden. Die Gewindelänge im Holzteil mit der Schraubenspitze muss größer oder gleich der Lamellen- oder Plattendicke, mindestens jedoch 40 mm sein. In der aufzuklebenden Lamelle oder Platte darf kein Schraubengewinde vorhanden sein.
- (3) Es ist mindestens eine Schraube je 15000 mm² Lamellen- oder Plattenfläche anzuordnen. Dabei darf der Schraubenabstand höchstens 150 mm betragen.

(4) Bei mehreren Lagen ist jede Lage für sich zu schrauben. Dabei müssen die selbstbohrenden Schrauben versetzt angeordnet werden.

(5) Die Holzfeuchte der zu verklebenden Teile darf höchstens 15%, ihre Feuchtedifferenz höchstens 4% betragen.

12.3 Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben

12.3.1 Allgemeines

(1) Die Festlegungen gelten für Verbindungen in Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz mit eingeklebten Gewindebolzen mit metrischem Gewinde nach DIN 976-1 und Betonrippenstählen nach DIN 488-1 mit einem Nenndurchmesser d von mindestens 12 mm und höchstens 30 mm. Eingeklebte Stahlstäbe dürfen nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 angewendet werden.

(2) Die Fugendicke darf nicht größer sein als der im Eignungsnachweis des verwendeten Klebers angegebene Wert.

(3) Besteht eine Verbindung aus mehreren zusammenwirkenden Gewindebolzen, die mit einem anderen Bauteil verschraubt werden, müssen die Muttern so angezogen werden, dass die Zugkräfte zwischen den einzelnen Gewindebolzen gleichförmig verteilt sind.

(4) Beim Einkleben der Stahlstäbe darf die Holzfeuchte höchstens 12 % betragen.

12.3.2 Beanspruchung rechtwinklig zur Stabachse

(1) Für den Nachweis der Tragfähigkeit auf Abscheren (Beanspruchung rechtwinklig zur Stabachse) gelten die Bestimmungen des Abschnittes 10.2. In den maßgebenden Gleichungen ist bei Betonrippenstählen für den Durchmesser d der Nenndurchmesser einzusetzen.

(2) Die Einkleblänge $\ell_{ad,min}$ muss mindestens betragen:

$$\ell_{ad,min} = \max \begin{cases} 0,5 \cdot d^2 \\ 10 \cdot d \end{cases} \quad (12.1)$$

Hierin bedeutet:

d Nenndurchmesser des Stahlstabes.

(3) Sofern im folgenden nichts anderes festgelegt ist, gelten im übrigen die Bestimmungen für Verbindungen mit Bolzen und Gewindestangen (siehe Abschnitt 10.4) sinngemäß.

(4) Die Mindestabstände untereinander und von den Rändern sind in **Tabelle 12.1** (siehe **Bild 12.1**) angegeben.

(5) Bei rechtwinklig zur Faserrichtung eingeklebten Stahlstäben dürfen die charakteristischen Werte der Lochleibungsfestigkeit nach Abschnitt 10.3 mit um 25% erhöhten Werten in Rechnung gestellt werden.

Tabelle 12.1: Mindestabstände von rechtwinklig zur Stabachse beanspruchten eingeklebten Stahlstäben

	1	2
1	parallel zur Faserrichtung eingeklebte Stahlstäbe	$a_2 = 5 \cdot d$ $a_{4,c} = 2,5 \cdot d$ $a_{4,t} = 4 \cdot d$
2	rechtwinklig zur Faserrichtung eingeklebte Stahlstäbe	siehe Tabelle 10.1

(6) Bei parallel zur Faserrichtung eingeklebten Stahlstäben dürfen die charakteristischen Werte der Lochleibungsfestigkeit zu 10 % der entsprechenden Werte wie bei rechtwinklig zur Faserrichtung eingeklebten Stahlstäben angenommen werden.

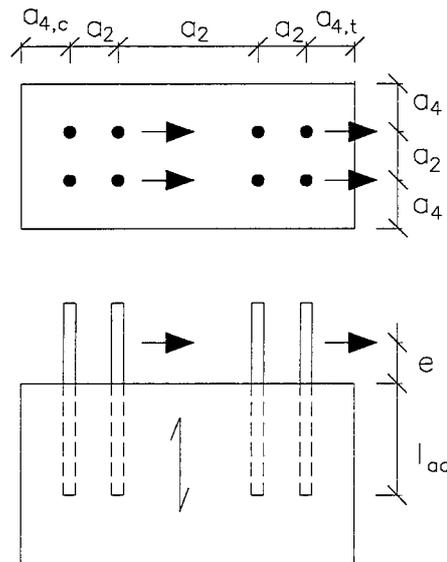


Bild 12.1: Definition der Mindestabstände von rechteckig zur Stabachse beanspruchten, parallel zur Faserrichtung eingeklebten Stahlstäben

(7) Liegt der Winkel zwischen Faserrichtung und der Achse des eingeklebten Stahlstabes zwischen 0° und 90° , darf der charakteristische Wert der Lochleibungsfestigkeit durch lineare Interpolation bestimmt werden.

(8) Greift die Last in einem Abstand e zur Holzoberfläche an (siehe **Bild 12.1**), ist dies bei der Ermittlung der Tragfähigkeit der Verbindung zu berücksichtigen.

12.3.3 Beanspruchung in Richtung der Stabachse

(1) Beim Nachweis der Tragfähigkeit eingeklebter Stahlstäbe, die in Richtung der Stabachse beansprucht werden, sind folgende Versagensmechanismen zu berücksichtigen:

- Versagen des Stahlstabes,
- Versagen der Klebfuge bzw. des Holzes entlang der Bohrlochwandung,
- Versagen des Holzbauteils.

(2) Für die Tragfähigkeit der Verbindung muß die Tragfähigkeit des Stahlstabes und nicht die Festigkeit des Holzes oder der Klebfuge maßgebend sein.

(3) Die Mindestabstände untereinander und von den Rändern sind in **Tabelle 12.2** (siehe **Bild 12.2**) angegeben.

Tabelle 12.2: Mindestabstände von in Richtung der Stabachse beanspruchten eingeklebten Stahlstäben

	1	2
1	parallel zur Faserrichtung eingeklebte Stahlstäbe	$a_2 = 5 \cdot d$ $a_4 = 2,5 \cdot d$
2	rechteckig zur Faserrichtung eingeklebte Stahlstäbe	$a_1 = 4 \cdot d$ $a_2 = 4 \cdot d$ $a_3 = 4 \cdot d$ $a_4 = 2,5 \cdot d$

(4) Der Bemessungswert des Ausziehwerstandes von eingeklebten Stahlstäben darf berechnet werden zu:

$$R_{ax,d} = f_{y,d} \cdot A_{ef} \quad (12.2)$$

Dabei muss die Einklebelänge ℓ_{ad} größer sein als $R_{ax,d} / \pi \cdot d \cdot f_{k1,d}$.

Hierin bedeuten:

- $f_{y,d}$ Bemessungswert der Streckgrenze des Stahlstabes,
- A_{ef} Spannungsquerschnitt des Stahlstabes,
- ℓ_{ad} Einklebelänge des Stahlstabes,
- $f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit mit $f_{k1,k}$ nach **Tabelle M.20, Anhang M.**

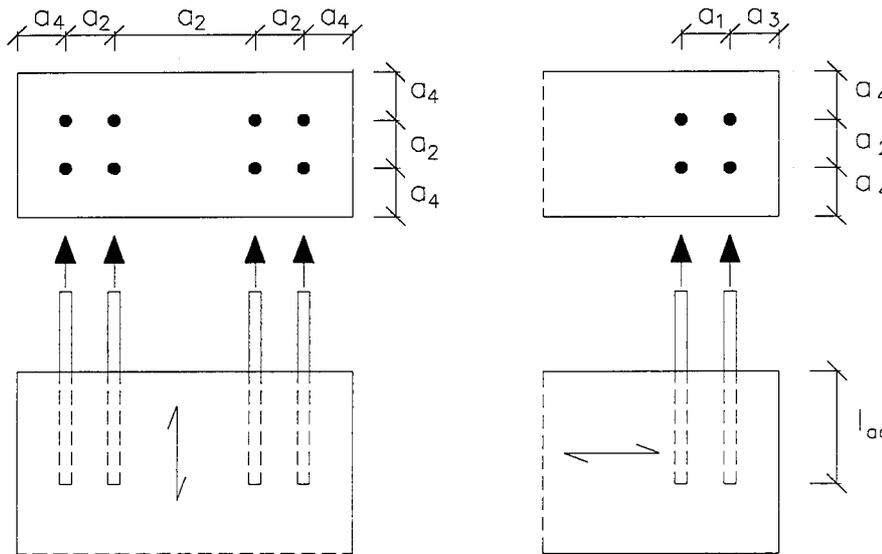


Bild 12.2: Definition der Mindestabstände von in Stabachse beanspruchten eingeklebten Stahlstäben

(5) Für druckbeanspruchte eingeklebte Stahlstäbe, die durch eine Druckspannung mit einem Bemessungswert über 300 N/mm^2 beansprucht werden, ist ein Knicknachweis zu führen.

(6) Für parallel zur Faserrichtung eingeklebte zugbeanspruchte Stahlstäbe ist die Zugspannung im Holz am Ende des Stahlstabes nachzuweisen. Als wirksame Querschnittsfläche des Holzes darf dabei höchstens eine Fläche von $36 \cdot d^2$ angesetzt werden.

(7) Werden eingeklebte Stahlstäbe für Queranschlüsse verwendet, sind die durch die Kraftkomponente rechtwinklig zur Faserrichtung verursachten Querzugspannungen im Bauteil nach Abschnitt 9.1 nachzuweisen. Anstelle von k_r nach Gleichung (9.4) darf angenommen werden:

$$k_r = \frac{h}{h_1} \quad (12.3)$$

Hierin bedeuten:

h Höhe des Bauteiles

h_1 Abstand des Endes des Stahlstabes vom unbeanspruchten Bauteilrand ($h_1 = h - \ell_{ad}$).

12.3.4 Kombinierte Beanspruchung

(1) Bei gleichzeitiger Beanspruchung von eingeklebten Stahlstäben auf Abscheren und auf Herausziehen ist nachzuweisen:

$$\left(\frac{F_{la,d}}{R_{la,d}} \right)^2 + \left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (12.4)$$

12.4 Geklebte Tafelemente

- (1) Die Feuchte der Holzrippen darf höchstens 15%, die Feuchtedifferenz der einzelnen Hölzer höchstens 4% betragen.
- (2) Die Dickendifferenz der Holzrippen darf höchstens 1 mm betragen.
- (3) Der Preßdruck beim Verkleben muss mindestens $0,6 \text{ N/mm}^2$ und darf höchstens $0,8 \text{ N/mm}^2$ betragen.

12.5 Keilzinkenverbindungen

12.5.1 Keilzinkenverbindungen von Vollholz und Balkenschichtholz

- (1) Keilzinkenverbindungen von Vollholz und Balkenschichtholz müssen die Anforderungen nach DIN EN 385 und nach DIN 68140-1 erfüllen.
- (2) Keilgezinktes Vollholz und Balkenschichtholz darf nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

12.5.2 Universal-Keilzinkenverbindungen von Brettschichtholz

- (1) Universal-Keilzinkenverbindungen von Brettschichtholz müssen die Anforderungen nach DIN V ENV 387 und DIN 68140-2 erfüllen.
- (2) Brettschichtholz mit Universal-Keilzinkenverbindungen darf nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

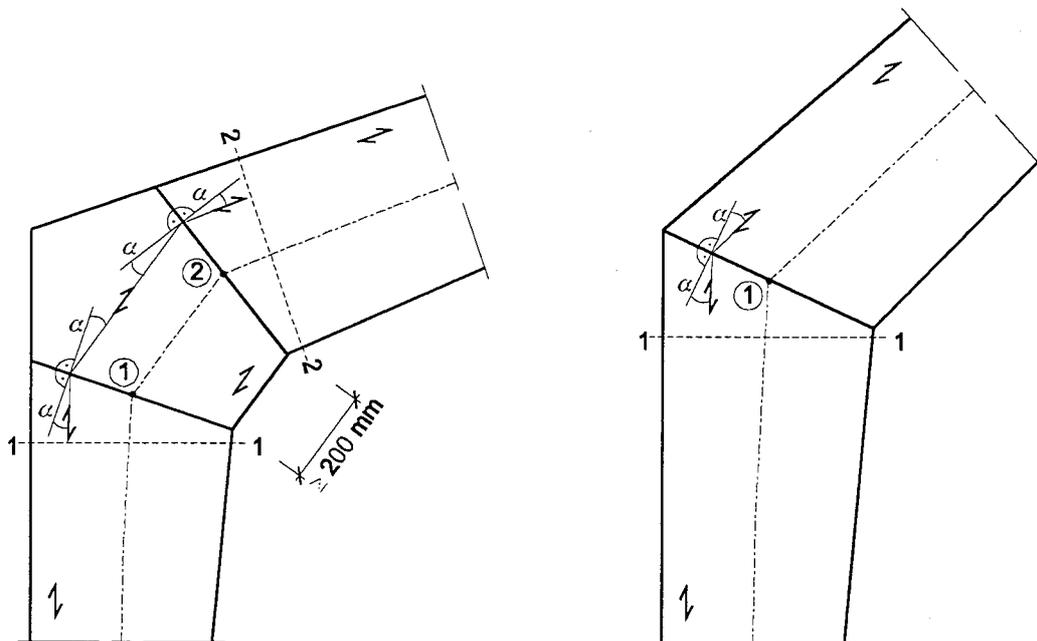


Bild 12.3: Beispiele der Faserrichtung des Brettschichtholzes in Rahmenecken mit Universal-Keilzinkenverbindungen sowie maßgebende Schnitte für die Bemessung

- (3) Bei Universal-Keilzinkenverbindungen von Brettschichtholz, bei denen die Faserrichtungen der zu verbindenden Brettschichtholzbauteile einen Winkel von $2 \cdot \alpha$ einschließen und bei denen an der inneren Ecke Druckspannungen und damit über den Verlauf der Universal-Keilzinkenverbindung Querdruckspannungen auftreten (siehe Bild 12.3), muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{1}{k_{c,\alpha}} \cdot \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \right) \leq 1 \quad (12.5)$$

Beim Nachweis nach Theorie II.Ordnung ist $k_c = 1$.

Hierin bedeuten:

- $k_{c,\alpha}$ Beiwert nach Gleichung (8.9a),
 k_c Knickbeiwert nach Gleichung (8.21).

Die Spannungen $\sigma_{c,0}$ und σ_m sind mit den Schnittgrößen an den Stellen 1 und 2 (siehe **Bild 12.3**) und mit Querschnitten rechtwinklig zu den Systemachsen unmittelbar neben der Universal-Keilzinkenverbindung zu ermitteln (siehe Schnitte 1-1 und 2-2 in **Bild 12.3**). Bei der Berechnung der Normalspannungen sind bei Querschnittshöhen über 300 mm die Querschnittsschwächungen durch die Universal-Keilzinkenverbindung zu berücksichtigen. Sie dürfen ohne genaueren Nachweis zu 20% der Bruttoquerschnittswerte angenommen werden.

(4) Zur Berücksichtigung des Einflusses von Ästen im Bereich der Universal-Keilzinkenverbindung sind in Gleichung (12.5) für die Bemessungswerte der Druck- und Biegefestigkeiten $\sigma_{c,0,d}$ und $\sigma_{m,d}$ der Brettschichtholz-Festigkeitsklassen GL28 (BS14), GL32 (BS16) und GL36 (BS18) und der Balkenschichtholz-Festigkeitsklassen C24 bis C40 die Werte der jeweils nächst niedrigeren Festigkeitsklasse zugrunde zu legen.

12.6 Verbundbauteile aus Brettschichtholz

- (1) Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz müssen die Anforderungen nach **Anhang B** erfüllen.
(2) Die Bauteile dürfen nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.
(3) Bei gekrümmten geklebten Verbundbauteilen aus Brettschichtholz mit einem Krümmungsradius R der Einzelbauteile von $R \leq 1000 \cdot a$ (a = Dicke des Einzelbauteils) sind die Biegespannungen infolge äußerer Einwirkungen mit denjenigen infolge des Krümmens der Einzelbauteile zu überlagern.

13 Zimmermannsmäßige Verbindungen

13.1 Versätze

- (1) Bei Versätzen sollte die Einschnitttiefe t_v die Bedingungen

$$t_v \leq \begin{cases} h/4 & \text{für } \alpha \leq 50^\circ \\ h/6 & \text{für } \alpha > 60^\circ \end{cases} \quad (13.1a,b)$$

erfüllen.

Hierin bedeuten:

- h Höhe des eingeschnittenen Holzes,
 α Anschlußwinkel.

Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.

Bei zweiseitigem Versatzeinschnitt (siehe **Bild 13.1**) darf jeder Einschnitt unabhängig vom Anschlußwinkel höchstens 1/6 der Höhe des eingeschnittenen Holzes betragen.

(2) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Versatzes ergibt sich aus dem Bemessungswert der Druckfestigkeit in der Stirnfläche des Versatzes nach Abschnitt 8.2.6. Reibungskräfte in den Kontaktflächen dürfen rechnerisch nicht berücksichtigt werden.

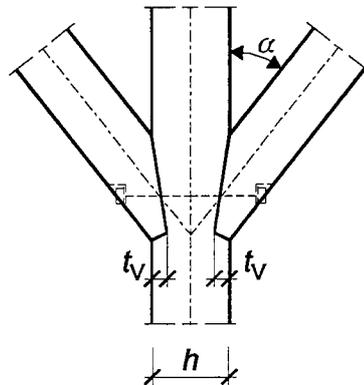


Bild 13.1: Zweiseitiger Versatzeinschnitt

(3) Die zum eingeschnittenen Holz parallele Druckkraftkomponente verursacht im eingeschnittenen Holz Scherspannungen, die gleichmäßig verteilt angenommen werden dürfen. Vorholzlängen $>8 \cdot t_v$ dürfen in diesem Fall rechnerisch nicht berücksichtigt werden.

(4) Die durch Versatz verbundenen Einzelteile sind in ihrer Lage zu sichern, z. B. durch Bolzen.

13.2 Zapfenverbindungen

(1) Für Träger bis 300 mm Höhe mit Zapfen nach **Bild 13.2** beträgt der charakteristische Wert der Zapfen­tragfähigkeit

$$R_k = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{3} \cdot b \cdot h_e \cdot k_z \cdot k_v \cdot f_{v,k} \\ 1,7 \cdot b \cdot \ell_z \cdot f_{c,90,k} \end{array} \right. \quad (13.2)$$

Hierin bedeuten:

k_v Beiwert nach Gleichung (9.7),

k_z Beiwert, abhängig von der Geometrie des Zapfens:

$$k_z = \beta \cdot \{1 + 2 \cdot (1 - \beta)^2\} \cdot (2 - \alpha)$$

$$\text{mit } \alpha = h_e/h \text{ und } \beta = h_z/h_e,$$

b, h_e, h_z, h, ℓ_z Maße nach **Bild 13.2**.

Außerdem gelten die folgenden Mindest- und Höchstmaße:

$15 \text{ mm} \leq \ell_z \leq 60 \text{ mm}$	$1,5 \leq h/b \leq 2,5$	$h_o \geq h_u$	$h_u/h \leq 1/3$	$h_z \geq h/6$
------------------------------------------------	-------------------------	----------------	------------------	----------------

Maße h_o und h_u siehe **Bild 13.2**.

Der Zapfen muß über die ganze Länge ℓ_z im Zapfenloch aufliegen.

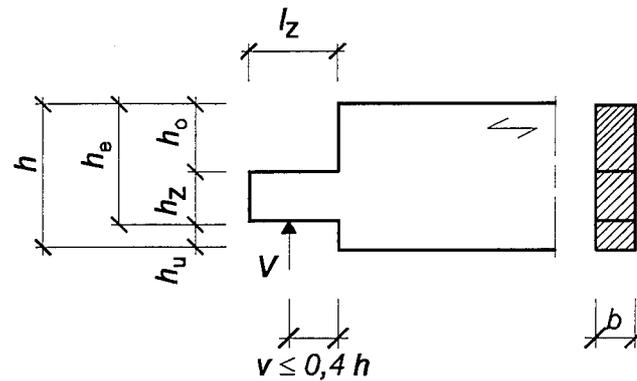


Bild 13.2: Zapfen

13.3 Holznagelverbindungen

(1) Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit eines Eichenholznagels mit konstantem Querschnitt (z.B. rund oder achteckig) auf Abscheren in einer ein- oder zweischnittigen Holz-Holz-Verbindung darf je Scherfuge wie folgt in Rechnung gestellt werden:

$$R_k = 9,5 \cdot d^2 \quad \text{in N} \quad (13.3)$$

mit $20 \text{ mm} \leq d \leq 30 \text{ mm}$.

(2) Die Gleichung (13.3) ist für Bauteile aus Holz mit $\rho_k \geq 380 \text{ kg/m}^3$ unabhängig vom Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung gültig.

(3) Die erforderliche Mindestholzdicke t_{req} beträgt $2 \cdot d$. Für geringere Holzdicken t ist der Wert R_k nach Gl. (13.3) mit dem kleineren der Verhältniszerte t_1 / t_{req} bzw. t_2 / t_{req} zu multiplizieren.

(4) Als Mindestabstände dürfen die entsprechenden Werte für Stabdübelverbindungen sinngemäß verwendet werden.

14 Kennzeichnungen

(1) Vollholz ist mit der Festigkeitsklasse nach **Tabelle M.5** bzw. **Tabelle M.6 (Anhang M)** sowie mit dem Zeichen des Sortierwerkes zu kennzeichnen.

(2) Brettschichtholz ist mit der Festigkeitsklasse nach **Tabelle M.9** bzw. **Tabelle M.10 (Anhang M)** sowie dem Zeichen des Herstellwerkes zu kennzeichnen. Darüber hinaus muss die Zuordnung zur Herstellung durch eine entsprechende Kennzeichnung sicher gestellt sein.

(3) Bei Brettschichtholz mit anderem Querschnittsaufbau als nach **Tabelle M.9** oder **Tabelle M.10 (Anhang M)**, siehe Abschnitt 4.3.1 (5), ist dieser auf dem Bauteil anzugeben.

(4) Balkenschichtholz ist mit der Festigkeitsklasse nach **Tabelle M.5 (Anhang M)** sowie dem Zeichen des Herstellwerkes zu kennzeichnen. Darüber hinaus muss die Zuordnung zur Herstellung durch eine entsprechende Kennzeichnung sicher gestellt sein.

(5) Für Holzwerkstoffe nach Abschnitt 4.5 bis 4.11 gelten die Kennzeichnungsregelungen der entsprechenden Produktnormen oder allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.

(6) Für Nagelplatten, siehe Abschnitt 11.2.1 (2) und 11.2.3 (1), gelten die Kennzeichnungsregelungen der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

(7) Dübel besonderer Bauart und Stahlblechformteile zur Verbindung von Holzbauteilen müssen mit dem Herstellerkennzeichen versehen sein.

DIN 1052

Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holz- bauwerken

Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau

Anhänge

Anhang A (normativ)

Nachweis der Eignung zum Kleben von tragenden Holzbauteilen

- (1) Die Herstellung der in **Tabelle A.1** genannten Holzbauteile sowie die Ausführung der in **Tabelle A.1** genannten anderen Klebungen erfordert eine besondere Sachkunde der damit betrauten Personen und eine besondere Ausstattung der Betriebe mit geeigneten Einrichtungen. Bei der Herstellung von Brettschichtholz sind die entsprechenden Anforderungen nach DIN EN 386 zu beachten.
- (2) Betriebe, die diese Holzbauteile herstellen oder diese Klebungen ausführen wollen, müssen deshalb gegenüber einer dafür anerkannten Prüfstelle den Nachweis erbringen, daß sie über die erforderlichen Fachkräfte und Werkseinrichtungen sowie über eine ausreichende werkseigene Produktionskontrolle verfügen.
- (3) Bei Eignung des Betriebes stellt die Prüfstelle eine entsprechende zeitlich befristete Bescheinigung aus. Der Inhaber der Bescheinigung hat der Prüfstelle Änderungen der Werkseinrichtungen oder des Klebverfahrens und jeden Wechsel der verantwortlichen Fachkräfte mitzuteilen. Die Bescheinigung wird ungültig, wenn die Voraussetzungen, unter denen sie erteilt wurde, nicht mehr gegeben sind.
- (4) Zusatzqualifikationen nach **Tabelle A.1** müssen in die Bescheinigung eingetragen sein.
- (5) Bauprodukte und Bauarten mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung nach **Tabelle A.1** müssen in der Bescheinigung spezifiziert werden.
- (6) Die Begrenzung der Bauteilmaße für Brettschichtholz in Bescheinigung B gilt auch für die Zusatzqualifikationen.

Tabelle A.1: Bescheinigungen für den Nachweis der Eignung zum Kleben von tragenden Holzbauteilen

	1	2	3	4
1	Bescheinigung	Basisqualifikation	Zusatzqualifikationen ohne gesonderten Nachweis	Mögliche Zusatzqualifikationen mit gesondertem Nachweis
2	A	Brettschichtholz aller Maße, einschließlich Keilzinkungen von Lamellen für Brettschichtholz	<ul style="list-style-type: none"> • Geklebte Holztafeln für Holzhäuser in Tafelbauart • Balkenschichtholz • Eingeklebte Stahlstäbe • Aufgeklebte Verstärkungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Keilzinkungen in einteiligen Querschnitten aus Vollholz mit Dicken über 45 mm • Universalkeilzinkenverbindungen in Brettschichtholz und Balkenschichtholz • Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz • Bauprodukte und Bauarten mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung
3	B	<p>Brettschichtholz begrenzter Maße, einschließlich Keilzinkungen von Lamellen für Brettschichtholz</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gerade Balken und Träger mit Längen bis zu 18 m, 2. Gekrümmte Balken und Träger mit Stützweiten bis zu 12 m, 3. Dreigelenkbinder bis zu 15 m Stützweite, 4. Einhüftige Rahmen mit einer Abwicklungslänge bis 12 m 	<ul style="list-style-type: none"> • Geklebte Holztafeln für Holzhäuser in Tafelbauart • Balkenschichtholz • Eingeklebte Stahlstäbe • Aufgeklebte Verstärkungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Keilzinkungen in einteiligen Querschnitten aus Vollholz mit Dicken über 45 mm • Universalkeilzinkenverbindungen in Brettschichtholz und Balkenschichtholz • Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz • Bauprodukte und Bauarten mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung
4	C	<p>Bauprodukte und Bauarten mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung und geklebte Holztafeln für Holzhäuser in Tafelbauart</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Keilzinkungen in Lamellen für Brettschichtholz • Keilzinkungen in einteiligen Querschnitten aus Vollholz mit Dicken über 45 mm • Balkenschichtholz • Eingeklebte Stahlstäbe • Aufgeklebte Verstärkungen

Anhang B (normativ)

Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz

B.1 Allgemeines

- (1) Die nachfolgenden Regeln gelten für das Kleben von Brettschichtholzbauteilen mit einer Einzelteildicke $a \geq 60$ mm zu Verbundbauteilen verschiedener Querschnittsformen (siehe **Bild B.1**).
- (2) Klebfugen zwischen den Einzelbauteilen werden auch als Blockfugen bezeichnet. Sie dürfen eine Dicke bis zu 2 mm haben.

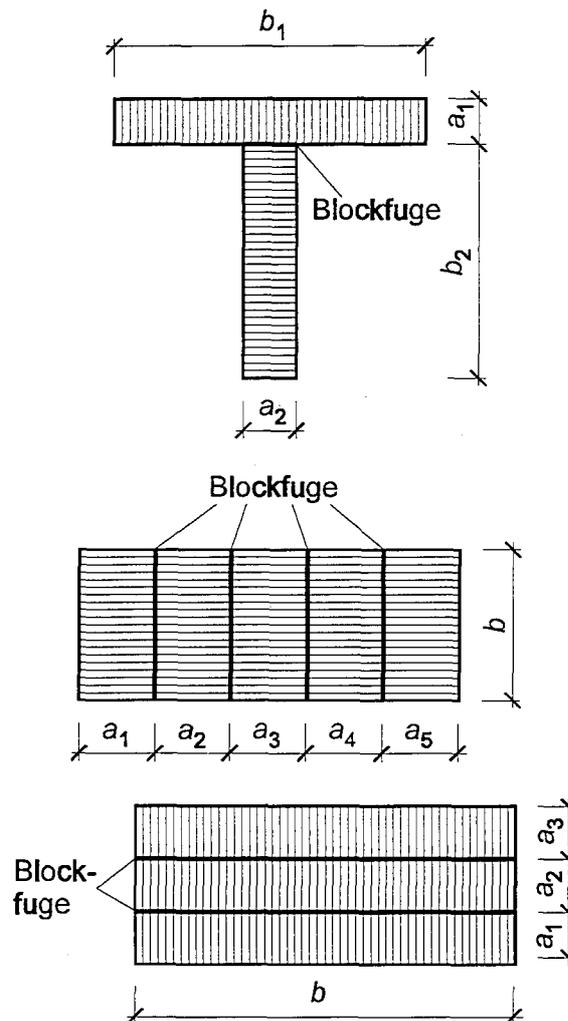


Bild B.1: Beispiele für mögliche Querschnittsformen von Verbundbauteilen aus Brettschichtholz

B.2 Anforderungen an die Herstellung

- (1) Der Unterschied der durchschnittlichen Holzfeuchten der Einzelbauteile darf höchstens 3% betragen.
- (2) Die Einzelbauteile dürfen entweder vollflächig über die gesamte Breite oder streifenförmig über Teilbereiche der Breite der Kontaktflächen miteinander verklebt werden (siehe **Bild B.2**).
- (3) Die Eignung der für die Klebung der Blockfugen verwendeten Klebstoffe muss - unter Beachtung der größeren zulässigen Fugendicke - nachgewiesen sein.
- (4) Das Auftragverfahren des Klebstoffes muss sicherstellen, dass eine ausreichende Klebstoffmenge gleichmäßig auf den Fugenoberflächen verteilt wird.

Anmerkung: Bei großen Fugenbreiten wird die Anordnung von Entlastungsnuten oder nicht mit Klebstoff benetzten Entlastungsflächen zur Aufnahme von überschüssigem Klebstoff beim Pressvorgang empfohlen.

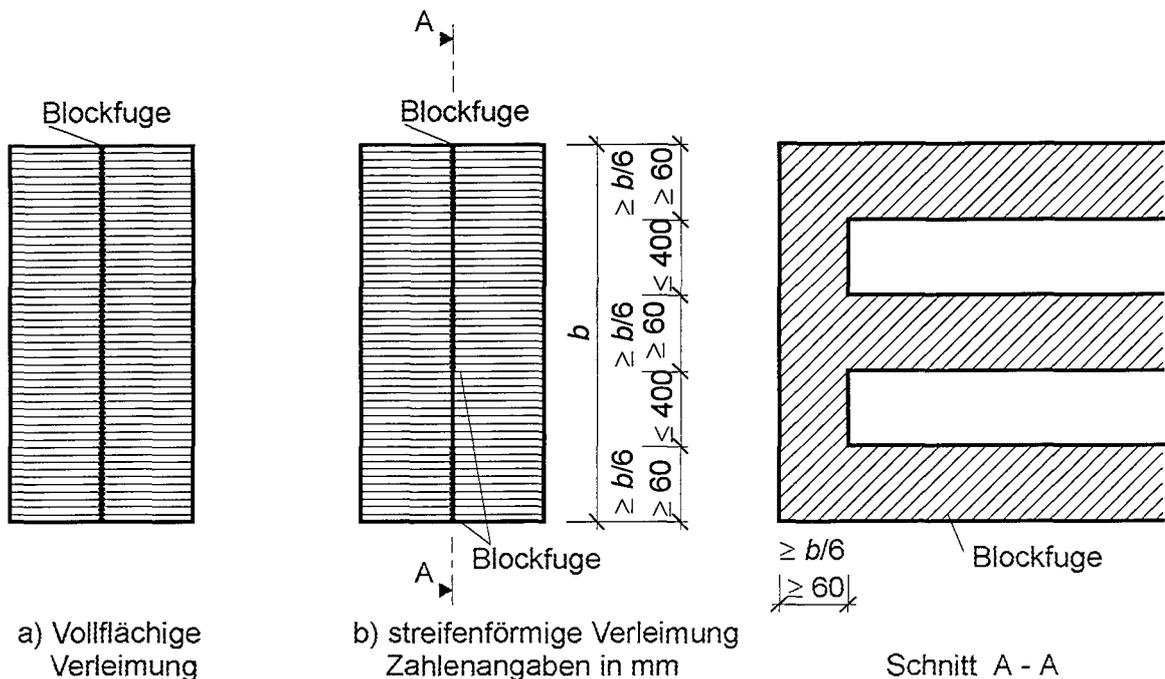


Bild B.2: Klebung der Blockfugen

(5) Die Einzelbauteile müssen beim Pressen in ihrer Lage fixiert werden. Der Pressdruck ist dergestalt aufzubringen, dass die Fugen in den vorgesehenen Klebflächen vollflächig verklebt sind und die für den verwendeten Klebstoff zulässige Fugendicke nicht überschritten wird.

(6) Die für das Aufbringen des Pressdruckes erforderlichen Vorrichtungen sind für den Pressdruck und erforderlichenfalls zusätzlich für die Rückstellkräfte aus dem Krümmen der Einzelbauteile zu bemessen.

B.3 Werkseigene Produktionskontrolle

(1) Zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Klebung der Einzelbauteile hat der Hersteller mindestens zwei Bohrkerne pro Bauteil zu entnehmen und zu prüfen.

(2) Die Bohrkerne müssen der in **Bild B.3** dargestellten Form entsprechen. Die Bohrlöcher sind nach der Entnahme der Bohrkerne z.B. durch Verguss mit Epoxidharz dauerhaft dicht zu verschließen.

(3) Bei nicht gekrümmten Bauteilen und solchen mit einem Krümmungsradius $R \geq 1000 \cdot a$ darf eine vollflächige Verklebung angenommen werden, wenn der mittlere rechnerische Pressdruck mindestens $0,3 \text{ N/mm}^2$, die Höhe der Einzelquerschnitte höchstens 600 mm und die Dicke des schmaleren Einzelquerschnittes höchstens 200 mm beträgt. In diesen Fällen darf auf eine Entnahme von Bohrkernen verzichtet werden.

(4) Die Klebfugendicke ist an den Bohrkernen mit einer Messlupe mit 5% Anzeigegenauigkeit zu bestimmen.

(5) Aus den Bohrkernen sind zur Scherprüfung der Klebfugen Prüfkörper nach DIN EN 392 herzustellen und zu prüfen. Die Prüfergebnisse sind nach DIN EN 386 zu bewerten.

(6) Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle sind in einem Prüfbericht zu dokumentieren. Der Prüfbericht muss neben den geforderten Angaben nach DIN EN 392 zusätzlich die gemessenen Klebfugendicken enthalten.

(7) Die Prüfberichte sind mindestens sieben Jahre aufzubewahren.

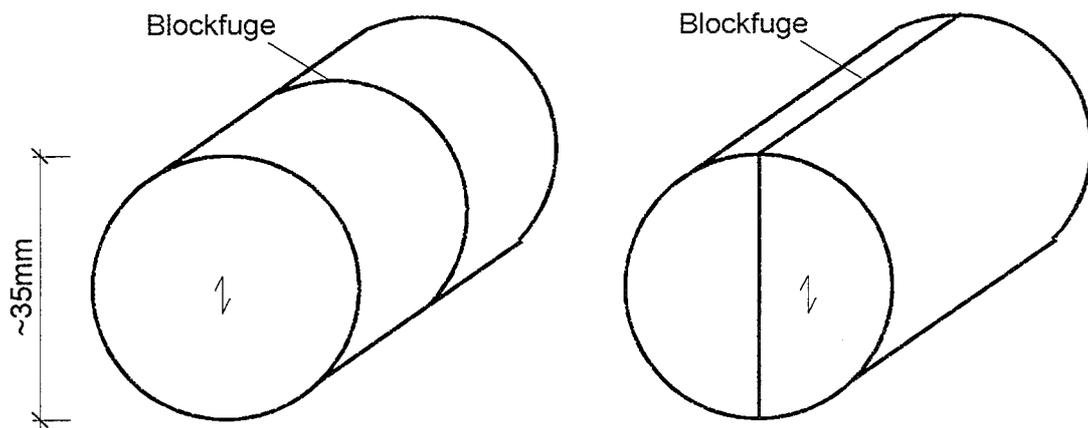


Bild B.3: Geometrie der Bohrkern

B.4 Fremdüberwachung

- (1) Im Rahmen der Fremdüberwachung dürfen Proben für Stichprobenprüfungen nach Abschnitt B.3 Absatz (2) bis (5) entnommen werden.

Anhang E (normativ)

Eignungsprüfung und Einstufung von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Tragfähigkeitsklassen

E.1 Sondernägel

E.1.1 Anwendungsbereich

(1) Diese Eignungsprüfung gilt nur für Sondernägel aus Stahl oder anderen metallischen Werkstoffen mit einem Nenn Durchmesser $d \leq 8$ mm.

E.1.2 Unterlagen

(1) Vom Antragsteller sind der Prüfstelle Unterlagen vorzulegen, insbesondere über

- den Werkstoff des Nagelrohdrahtes (z.B. Bezeichnung, Zugfestigkeit, Härte),
- gegebenenfalls den Korrosionsschutz,
- die Maße und Abmaße (Werkszeichnung),
- den Verwendungszweck.

(2) In der Werkszeichnung sind neben der Form des Sondernagels einschließlich des Kopfes und der Spitze insbesondere folgende Maße einschließlich deren Abmaße anzugeben (siehe auch **Bild E.1**):

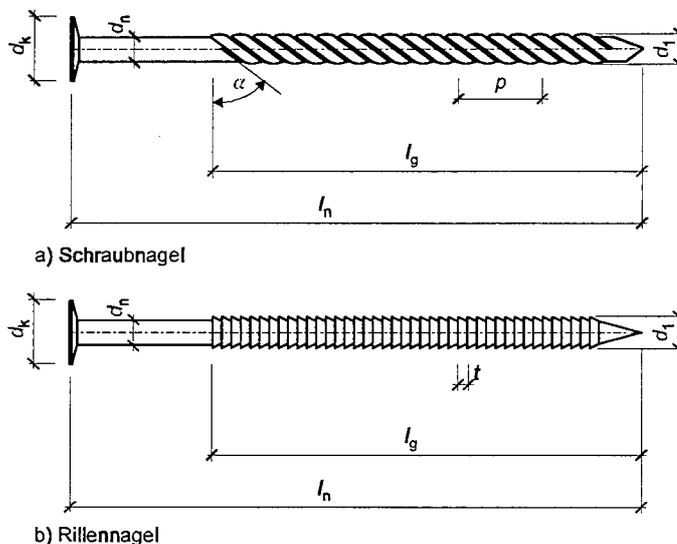


Bild E.1: Form und Maße von Sondernägeln (schematisch)

- d_n Nageldurchmesser,
- d_1 Außendurchmesser des profilierten Schaftteiles,
- d_k Kopfdurchmesser,
- l_n Nagellänge,
- l_g Länge des profilierten Schaftteiles,
- α Gewindesteigung bei Schraubnägeln,
- p Ganghöhe bei Schraubnägeln,
- t Rillenteilung bei Rillennägeln.

(3) Außerdem sind vom Antragsteller anzugeben:

- Hersteller und Herstellwerke,
- Bezeichnung des Sondernagels,
- Gegebenenfalls Werkzeichen (Herstellerzeichen).

E.1.3 Eignungsprüfung

E.1.3.1 Allgemeines

(1) Folgende Eigenschaften sind zu prüfen:

- Werkstoff des Nagelrohdrahtes (Bezeichnung, Zugfestigkeit und Bruchdehnung),
- gegebenenfalls Korrosionsschutz,
- Maße,
- gegebenenfalls Werkzeichen (Herstellerzeichen),
- gegebenenfalls zugehöriger Durchmesser der Löcher in Stahlblechen und Stahlteilen,
- Auszieh widerstand bei Beanspruchung in Schafrichtung,
- Fließmoment des profilierten und gegebenenfalls des glatten Schaftbereiches,
- Kopfdurchzieh widerstand,
- Bei Nägeln für die Stahlblech-Holz-Nagelung: Zugfestigkeit des Nagels.

E.1.3.2 Werkstoff und Korrosionsschutz

(1) Die Werkstoffeigenschaften und der Korrosionsschutz sind nach den einschlägigen Normen zu prüfen.

E.1.3.3 Auszieh widerstand bei Beanspruchung in Schafrichtung

(1) Die Auszieh widerstandes ist nach DIN EN 1382 zu ermitteln. Für die Auswahl des Holzes der Prüfkörper ist DIN EN 28970 maßgebend. Das Holz oder der Holzwerkstoff ist vor der Herstellung der Prüfkörper im Normalklima 20/65-1 nach DIN 50014 bis zum Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte zu lagern.

(2) Die Nägel werden auf eine Einschlagtiefe von mindestens $8 \cdot d_1$, jedoch höchstens $20 \cdot d_1$ eingeschlagen.

(3) Für jeden Nageldurchmesser sind mindestens 20 Einzelversuche durchzuführen. Dabei beträgt der Winkel zwischen Nagelachse und Faserrichtung des Holzes 90° . Sollen die Nägel für Winkel zwischen Schafrichtung und Faserrichtung eingesetzt werden, die mehr als 10° von der geprüften Anordnung abweichen, sind für diese Winkel ebenfalls mindestens 20 Einzelversuche durchzuführen. Die Prüfung darf frühestens 24 Stunden nach dem Einschlagen der Nägel erfolgen.

(4) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Nageldurchmesser und jeden Winkel zwischen Nagelachse und Faserrichtung der charakteristische Wert $f_{1,k}$ des Ausziehparameters zu berechnen. Wurden die Hölzer entsprechend Verfahren 2 nach DIN EN 28970 ausgewählt, ist die Höchstlast jedes Versuches vor der Ermittlung des charakteristischen Wertes mit dem Wert k_p zu korrigieren.

$$k_p = \left(\frac{\rho_k}{\rho} \right)^2 \quad (\text{E.1})$$

Hierin bedeuten:

- ρ_k charakteristische Rohdichte der Festigkeitsklasse des Holzes oder Holzwerkstoffes,
- ρ Rohdichte des Prüfkörpers.

(5) Als charakteristischer Wert R_k gilt der 5%-Fraktilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf wie folgt ermittelt werden:

$$R_k = \mu - k_n \cdot \sigma_x \quad (\text{E.2})$$

Hierin bedeuten:

- μ Mittelwert,
- k_n Beiwert nach **Tabelle E.1**,

- σ_x Standardabweichung, mindestens $0,1 \cdot \mu$,
- n Anzahl der Versuchsergebnisse.

Tabelle E.1: Beiwerte k_n

n	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
k_n	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

E.1.3.4 Fließmoment

- (1) Das Fließmoment ist nach DIN EN 409 zu ermitteln. Das Fließmoment ist für den profilierten Schaftbereich und gegebenenfalls für den glatten Schaftbereich zu bestimmen.
- (2) Für jeden Nageldurchmesser sind mindestens 10 Einzelversuche durchzuführen. Das Fließmoment ist das Biegemoment bei der Höchstlast, die ein Nagel bei der Prüfung aufnehmen kann, oder das Biegemoment bei einer Verformung des Nagels von α , wobei jeweils der geringere Wert gilt. Werte für α sind in Tabelle E.2 angegeben. Zwischenwerte dürfen geradlinig eingeschaltet werden.

Tabelle E.2: Grenzwerte des Biegewinkels α zur Bestimmung des Fließmomentes von Nägeln

Nageldurchmesser d_1 [mm]	4	5	6	7	8
Biegewinkel α [°]	25	22	19	16	14

- (3) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Nageldurchmesser und gegebenenfalls getrennt für den profilierten und glatten Schaftbereich der charakteristische Wert des Fließmomentes in Nm zu berechnen. Als charakteristischer Wert gilt der 5%-Fraktilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (E.2) ermittelt werden.

E.1.3.5 Kopfdurchziehewiderstand

- (1) Der Kopfdurchziehewiderstand des Sondernagels ist nach DIN EN 1383 zu ermitteln. Für die Auswahl des Holzes der Prüfkörper ist DIN EN 28970 maßgebend. Das Holz oder der Holzwerkstoff ist vor der Herstellung der Prüfkörper im Normalklima 20/65-1 nach DIN 50014 bis zum Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte zu lagern.
- (2) Für jeden Nageldurchmesser und jede Kopfform sind mindestens 20 Einzelversuche durchzuführen. Als Kopfform gilt auch die Anordnung einer Unterlegscheibe unter dem Nagelkopf.
- (3) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Nageldurchmesser und jede Kopfform der charakteristische Wert des Kopfdurchziehewiderstandes $f_{2,k}$ zu berechnen. Wurden die Hölzer entsprechend Verfahren 2 nach DIN EN 28970 ausgewählt, ist die Höchstlast jedes Versuches vor der Ermittlung des charakteristischen Wertes mit dem Wert k_p nach Gleichung (E.1) zu korrigieren.
- (4) Als charakteristischer Wert gilt der 5%-Fraktilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (E.2) ermittelt werden.

E.1.3.6 Zugfestigkeit des Nagels

- (1) Die Zugfestigkeit des Nagels ist in Anlehnung an Bild 2 in DIN EN 1383 zu ermitteln. Anstelle des Holzes oder Holzwerkstoffes ist eine Stahlplatte zu verwenden, die zur Aufnahme des Nagels vorgebohrt ist. Der Bohrlochdurchmesser im Stahlblech muss größer sein als der Außendurchmesser d_1 des profilierten Schaftteils. Der Übergang zwischen dem profilierten und dem glatten Schaftteil muss sich innerhalb der freien Prüflänge befinden und vom Beginn der Spannbacken der Prüfvorrichtung einen lichten Abstand von mindestens $3 \cdot d_1$ besitzen.
- (2) Für jeden Nageldurchmesser sind mindestens 10 Einzelversuche durchzuführen. Die Belastungsgeschwindigkeit ist so zu wählen, dass die Bruchlast innerhalb von $10 \text{ s} \pm 5 \text{ s}$ erreicht wird. Die Höchstlast ist mit einer Fehlergrenze von 1 % zu bestimmen.
- (3) Aus den Versuchsergebnissen ist der charakteristische Wert der Zugfestigkeit des Nagels in N zu berechnen. Als charakteristischer Wert R_k gilt der 5%-Fraktilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (E.2) ermittelt werden:

E.1.4 Bewertung der Prüfergebnisse und Einstufung

E.1.4.1 Allgemeines

(1) Aufgrund der Prüfergebnisse der Eignungsprüfungen ist eine Bewertung der Prüfergebnisse und gegebenenfalls eine Einstufung in Tragfähigkeitsklassen vorzunehmen. Die Ergebnisse der Bewertung und der Einstufung sind in einem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis mit einer Geltungsdauer von höchstens fünf Jahren anzugeben.

(2) Die Geltungsdauer des allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses wird auf Antrag um höchstens fünf Jahre verlängert, wenn die Aufzeichnungen des Antragstellers über die werkseigene Produktionskontrolle und zusätzliche Prüfungen durch die Prüfstelle die Erfüllung der Anforderungen an den Sondernagel nach dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis belegen. Die Auswahl der zusätzlichen Prüfungen obliegt der Prüfstelle.

E.1.4.2 Auszieh widerstand bei Beanspruchung in Schaftrichtung

(1) Der charakteristische Wert des Ausziehparameters $f_{1,k}$ nach Abschnitt E.1.3.3 ist für die Einstufung maßgebend, wobei der zur jeweiligen Tragfähigkeitsklasse gehörende Rechenwert nach **Abschnitt 10.8.1, Tabelle 10.7**, Spalte 2 mindestens erreicht werden muss.

E.1.4.3 Fließmoment

(1) Der charakteristische Wert des Fließmomentes des Sondernagels ist für jeden geprüften Durchmesser, gegebenenfalls getrennt nach profiliertem und glattem Schaftbereich, auf drei signifikante Stellen anzugeben.

E.1.4.4 Kopfdurchzieh widerstand

(1) Der charakteristische Wert des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$ nach Abschnitt E.1.3.5 ist für die Einstufung maßgebend, wobei der zur jeweiligen Tragfähigkeitsklasse gehörende Rechenwert nach **Abschnitt 10.8.1, Tabelle 10.7**, Spalte 4 mindestens erreicht werden muss.

E.1.4.5 Zugfestigkeit des Nagels

(1) Der charakteristische Wert der Zugfestigkeit des Nagels ist für jeden geprüften Durchmesser auf drei signifikante Stellen anzugeben.

E.2 Selbstbohrende Holzschrauben

E.2.1 Anwendungsbereich

(1) Diese Eignungsprüfung gilt nur für Schrauben aus Stahl mit einem Nenndurchmesser $d \leq 10$ mm und einem Verhältnis des Kerndurchmessers zum Außendurchmesser des Schraubengewindes d_2/d_1 von mindestens 0,60.

E.2.2 Unterlagen

(1) Vom Antragsteller sind der Prüfstelle Unterlagen vorzulegen, insbesondere über

- den Werkstoff des Schraubenrohdrahtes (z.B. Bezeichnung, Zugfestigkeit, Härte),
- gegebenenfalls den Korrosionsschutz,
- die Maße und Abmaße (Werkszeichnung),
- den Verwendungszweck.

(2) In der Werkszeichnung sind neben der Form der Holzschraube einschließlich des Kopfes und der Spitze insbesondere folgende Maße einschließlich deren Abmaße anzugeben (siehe auch **Bild E.2**):

- d_1 Außendurchmesser des Schraubengewindes,
- d_2 Kerndurchmesser des Schraubengewindes,
- d_s Schaftdurchmesser bei Teilgewindeschrauben,

- d_k Kopfdurchmesser,
- l_s Schraubenlänge,
- l_g Länge des profilierten Schaftteiles,
- p Gewindesteigung.

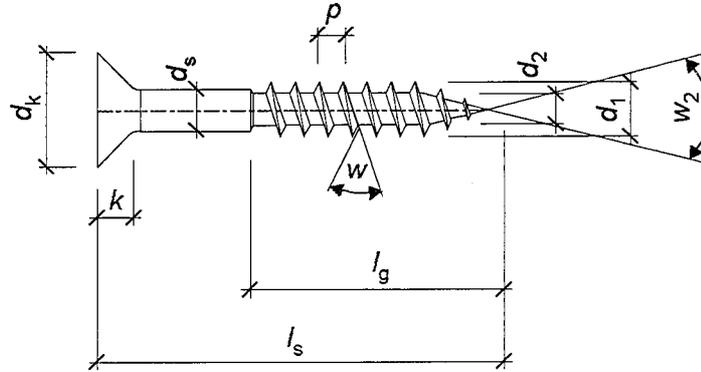


Bild E.2: Form und Maße von selbstbohrenden Holzschrauben (schematisch)

(3) Außerdem sind vom Antragsteller anzugeben:

- Hersteller und Herstellwerke,
- Bezeichnung der Schraube,
- Gegebenenfalls Werkzeichen (Herstellerzeichen),
- Arten der Antriebe (z.B. Kreuzschlitz oder Innensechskant).

E.2.3 Eignungsprüfung

E.2.3.1 Allgemeines

(1) Folgende Eigenschaften sind zu prüfen:

- Zugfestigkeit und/oder Härte der Schraube,
- Einschraubdrehmoment der Schraube beim Eindrehen in Nadelholz oder Brettschichtholz,
- Bruchdrehmoment der Schraube,
- gegebenenfalls Korrosionsschutz,
- Maße,
- gegebenenfalls Werkzeichen (Herstellerzeichen),
- gegebenenfalls zugehöriger Durchmesser der Löcher in Stahlblechen und Stahlteilen,
- Auszieh Widerstand bei Beanspruchung in Schafrichtung,
- Fließmoment des Gewindebereiches und gegebenenfalls des Schaftbereiches,
- Kopfdurchzieh Widerstand.

E.2.3.2 Zugfestigkeit der Schraube

(1) Die Zugfestigkeit der Schraube ist in Anlehnung an Bild 2 in DIN EN 1383 zu ermitteln. Anstelle des Holzes oder Holzwerkstoffes ist eine Stahlplatte zu verwenden, die zur Aufnahme der Holzschraube vorgebohrt ist. Der Bohrlochdurchmesser im Stahlblech muss größer sein als der Außendurchmesser d_1 des Schraubengewindes. Der Übergang zwischen dem Gewindebereich und dem Bereich des glatten Schaftes muss sich innerhalb der freien Prüflänge befinden und vom Beginn der Spannbacken der Prüfvorrichtung einen lichten Abstand von mindestens $3 \cdot d_1$ besitzen.

(2) Für jeden Schraubendurchmesser sind mindestens 10 Einzelversuche durchzuführen. Die Belastungsgeschwindigkeit ist so zu wählen, dass die Bruchlast innerhalb von $10 \text{ s} \pm 5 \text{ s}$ erreicht wird. Die Höchstlast ist mit einer Fehlergrenze von 1 % zu bestimmen.

(3) Aus den Versuchsergebnissen ist der charakteristische Wert der Zugfestigkeit der Schraube in N zu berechnen. Als charakteristischer Wert R_k gilt der 5%-Fraktilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (E.2) ermittelt werden.

E.2.3.3 Einschraubdrehmoment

(1) Das Einschraubdrehmoment M_E der Schraube ist an Prüfkörpern aus Nadelvollholz oder Brettschichtholz zu ermitteln. Die Maße der Prüfkörper müssen mindestens den Maßen nach Bild 1 von DIN EN 1382 entsprechen. Für die Auswahl des Holzes der Prüfkörper ist Verfahren 2 von DIN EN 28970 maßgebend. Das Holz ist vor der Herstellung der Prüfkörper im Normalklima 20/65-1 nach DIN 50014 bis zum Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte zu lagern.

(2) Die Schrauben sind mit einer konstanten Einschraubgeschwindigkeit in das Holz einzudrehen, bis der Kopf auf der Holzoberfläche aufsitzt oder die Kopfoberfläche bündig mit der Holzoberfläche ist. Die Einschraubdrehmoment-Einschraubweg-Diagramme sind aufzuzeichnen.

(3) Für jeden Schraubendurchmesser sind mit der größten Schraubenlänge mindestens 20 Einzelversuche durchzuführen.

(4) Aus den Einschraubdrehmoment-Einschraubweg-Diagrammen ist getrennt für den Gewinde- und Schaftbereich der Größtwert des Einschraubdrehmomentes in Nm zu ermitteln. Die Werte des Einschraubdrehmomentes sind mit dem Wert $k_{\rho E}$ zu multiplizieren.

$$k_{\rho E} = \left(\frac{450}{\rho} \right)^2 \quad (\text{E.3})$$

Hierin ist ρ die Normalrohddichte des Prüfkörpers in kg/m^3 .

(5) Aus den korrigierten Werten des Einschraubdrehmomentes ist für jeden Schraubendurchmesser und gegebenenfalls getrennt für den Gewinde- und Schaftbereich der charakteristische Wert des Einschraubdrehmomentes $M_{E,k}$ in Nm zu berechnen. Als charakteristischer Wert gilt der 95%-Fraktilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf wie folgt ermittelt werden:

$$M_{E,k} = \mu + k_n \cdot \sigma_x \quad (\text{E.4})$$

Hierin bedeuten:

μ Mittelwert,

k_n Beiwert nach **Tabelle E.1**,

σ_x Standardabweichung, mindestens $0,1 \cdot \mu$.

E.2.3.4 Bruchdrehmoment

(1) Zur Ermittlung des Bruchdrehmomentes $M_{t,u}$ wird die Schraube eingespannt, und über den Antrieb am Schraubenkopf wird ein Moment aufgebracht. Bei der Prüfung des Gewindebereiches muss sich der Übergang zwischen dem Gewindebereich und dem Bereich des glatten Schaftes innerhalb der freien Prüflänge befinden und vom Beginn der Einspannung einen lichten Abstand von mindestens $3 \cdot d_1$ besitzen.

(2) Für jeden Schraubendurchmesser sind mit der größten Schraubenlänge mindestens 10 Einzelversuche durchzuführen. Die Belastungsgeschwindigkeit ist so zu wählen, dass das Bruchmoment innerhalb von $10 \text{ s} \pm 5 \text{ s}$ erreicht wird. Das Bruchmoment ist mit einer Fehlergrenze von 1 % zu bestimmen.

(3) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Schraubendurchmesser und gegebenenfalls getrennt für den Gewinde- und Schaftbereich der charakteristische Wert des Bruchdrehmomentes der Schraube in Nm zu berechnen. Versagen der Schraube am Übergang zwischen Gewinde- und Schaftbereich gilt als Versagen im Gewindebereich. Als charakteristischer Wert $M_{t,u,k}$ gilt der 5%-Fraktilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf entsprechend Gleichung (E.2) ermittelt werden.

E.2.3.5 Korrosionsschutz

(1) Der Korrosionsschutz ist nach den einschlägigen Normen zu prüfen.

E.2.3.6 Auszieh widerstand bei Beanspruchung in Schaftrichtung

- (1) Der Auszieh widerstand der Schraube ist nach DIN EN 1382 zu ermitteln. Für die Auswahl des Holzes der Prüfkörper ist DIN EN 28970 maßgebend. Das Holz oder der Holzwerkstoff ist vor der Herstellung der Prüfkörper im Normalklima 20/65-1 nach DIN 50014 bis zum Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte zu lagern.
- (2) Die Schrauben werden auf eine Einschraubtiefe von mindestens $4 \cdot d_1$, jedoch höchstens $20 \cdot d_1$ eingedreht. Bei der Prüfung von Holzwerkstoffplatten entspricht die Einschraubtiefe der Plattendicke. Dabei sollte sich die Schraubenspitze außerhalb der Holzwerkstoffplatte befinden.
- (3) Für jeden Schraubendurchmesser sind mindestens 20 Einzelversuche durchzuführen. Dabei beträgt der Winkel zwischen Schraubenachse und Faserrichtung des Holzes 90° . Sollen die Schrauben für Winkel zwischen Schraubenachse und Faserrichtung eingesetzt werden, die mehr als 10° von der geprüften Anordnung abweichen, sind für diese Winkel ebenfalls mindestens 20 Einzelversuche durchzuführen. Der Winkel zwischen Schraubenachse und Faserrichtung muss jedoch mindestens 45° betragen. Die Prüfung darf frühestens 24 Stunden nach dem Eindrehen der Schrauben erfolgen.
- (4) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Schraubendurchmesser und jeden Winkel zwischen Schraubenachse und Faserrichtung der charakteristische Wert $f_{1,k}$ des Ausziehparameters zu berechnen. Wurden die Hölzer entsprechend Verfahren 2 nach DIN EN 28970 ausgewählt, ist die Höchstlast jedes Versuches vor der Ermittlung des charakteristischen Wertes mit dem Wert k_p nach Gleichung (E.1) zu korrigieren. Bei Ausziehversuchen aus Holzwerkstoffen ist die Höchstlast jedes Versuches vor der Ermittlung des charakteristischen Wertes mit dem Wert k_p nach Gleichung (E.1) sinngemäß auf die charakteristische Rohdichte des Holzwerkstoffes zu korrigieren.
- (5) Als charakteristischer Wert gilt der 5%-Fraktilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (E.2) ermittelt werden.

E.2.3.7 Fließmoment

- (1) Das Fließmoment der Schraube ist nach DIN EN 409 zu ermitteln. Das Fließmoment ist für den Gewindebereich der Schraube und gegebenenfalls für den Schaftbereich zu bestimmen. Der Nenndurchmesser der Schraube entspricht dem Gewindeaußendurchmesser d_1 .
- (2) Für jeden Schraubendurchmesser sind mindestens 10 Einzelversuche durchzuführen. Das Fließmoment ist das Biegemoment bei der Höchstlast, die eine Schraube bei der Prüfung aufnehmen kann, oder das Biegemoment bei einer Verformung der Schraube von α , wobei jeweils der geringere Wert gilt. Werte für α sind in **Tabelle E.3** angegeben. Zwischenwerte dürfen geradlinig eingeschaltet werden.

Tabelle E.3: Grenzwerte des Biegewinkels α zur Bestimmung des Fließmoments von selbstbohrenden Holzschrauben

Schraubendurchmesser d_1 [mm]	4	5	6	7	8	9	10
Biegewinkel α [°]	25	22	19	16	14	13	11

- (3) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Schraubendurchmesser und gegebenenfalls getrennt für den Gewinde- und Schaftbereich der charakteristische Wert des Fließmomentes in Nm zu berechnen. Als charakteristischer Wert gilt der 5%-Fraktilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (E.2) ermittelt werden.

E.2.3.8 Kopfdurchzieh widerstand

- (1) Der Kopfdurchzieh widerstand der Schraube ist nach DIN EN 1383 zu ermitteln. Für die Auswahl des Holzes der Prüfkörper ist DIN EN 28970 maßgebend. Das Holz oder der Holzwerkstoff ist vor der Herstellung der Prüfkörper im Normalklima 20/65-1 nach DIN 50014 bis zum Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte zu lagern.
- (2) Für jeden Schraubendurchmesser und jede Kopfform sind mindestens 20 Einzelversuche durchzuführen. Als Kopfform gilt auch die Anordnung einer Unterlegscheibe unter dem Schraubenkopf.
- (3) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Schraubendurchmesser und jede Kopfform der charakteristische Wert des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$ zu berechnen. Wurden die Hölzer entsprechend Verfahren 2 nach DIN EN 28970 ausgewählt, ist die Höchstlast jedes Versuches vor der Ermittlung des charakteristischen Wertes mit dem Wert k_p nach Gleichung (E.1) zu korrigieren.

(4) Als charakteristischer Wert gilt der 5%-Fraktilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (E.2) ermittelt werden.

E.2.4 Bewertung der Prüfergebnisse und Einstufung

E.2.4.1 Allgemeines

(1) Aufgrund der Prüfergebnisse der Eignungsprüfungen ist eine Bewertung der Prüfergebnisse und gegebenenfalls eine Einstufung in Tragfähigkeitsklassen vorzunehmen. Die Ergebnisse der Bewertung und der Einstufung sind in einem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis mit einer Geltungsdauer von höchstens fünf Jahren anzugeben.

(2) Die Geltungsdauer des allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses wird auf Antrag um höchstens fünf Jahre verlängert, wenn die Aufzeichnungen des Antragstellers über die werkseigene Produktionskontrolle und zusätzliche Prüfungen durch die Prüfstelle die Erfüllung der Anforderungen an die Holzschraube nach dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis belegen. Die Auswahl der zusätzlichen Prüfungen obliegt der Prüfstelle.

E.2.4.2 Zugfestigkeit der Schraube

(1) Der charakteristische Wert der Zugfestigkeit der Schraube ist für jeden geprüften Durchmesser auf drei signifikante Stellen anzugeben.

E.2.4.3 Einschraubdrehmoment und Bruchdrehmoment

(1) Der charakteristische Wert des Bruchdrehmomentes muss für jeden Durchmesser, gegebenenfalls getrennt nach Gewinde- und Schaftbereich, folgende Bedingung erfüllen:

$$M_{t,u,k} \geq 1,7 \cdot M_{E,k} \quad (\text{E.5})$$

Hierin bedeuten:

- $M_{t,u,k}$ charakteristischer Wert des Bruchdrehmomentes der Schraube,
 $M_{E,k}$ charakteristischer Wert des Einschraubdrehmomentes der Schraube.

E.2.4.4 Auszieh widerstand bei Beanspruchung in Schaftrichtung

(1) Der charakteristische Wert des Ausziehparameters $f_{1,k}$ nach Abschnitt E.2.3.6 ist für die Einstufung maßgebend, wobei der zur jeweiligen Tragfähigkeitsklasse gehörende Rechenwert nach **Abschnitt 10.8.2, Tabelle 10.8**, Spalte 2 mindestens erreicht werden muss.

E.2.4.5 Fließmoment

(1) Der charakteristische Wert des Fließmomentes der Schraube ist für jeden geprüften Durchmesser, gegebenenfalls getrennt nach Gewinde- und Schaftbereich, auf drei signifikante Stellen anzugeben.

E.2.4.6 Kopfdurchzieh widerstand

(1) Der charakteristische Wert des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$ nach Abschnitt E.2.3.8 ist für die Einstufung maßgebend, wobei der zur jeweiligen Tragfähigkeitsklasse gehörende Rechenwert nach **Abschnitt 10.8.2, Tabelle 10.8**, Spalte 4 mindestens erreicht werden muss.

E 3 Klammern

E.3.1 Anwendungsbereich

(1) Diese Eignungsprüfung gilt nur für Klammern aus Stahl mit einem Nenndurchmesser $1,5 \leq d \leq 2$ mm.

E.3.2 Unterlagen

- (1) Vom Antragsteller sind der Prüfstelle Unterlagen vorzulegen, insbesondere über
- den Werkstoff des Klammerrohdrahtes (z.B. Bezeichnung, Zugfestigkeit, Härte),
 - gegebenenfalls den Korrosionsschutz,

- die Beharzung,
- die Maße und Abmaße (Werkszeichnung),
- den Verwendungszweck.

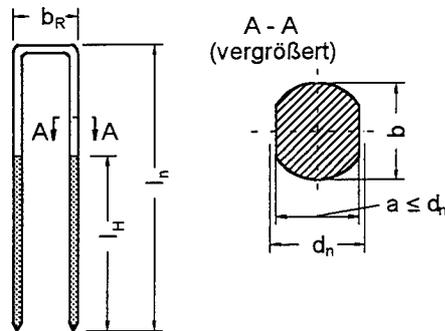


Bild E.3: Form und Maße von Klammern (schematisch)

(2) In der Werkszeichnung sind neben der Form der Klammer einschließlich der Spitze insbesondere folgende Maße und deren Abmaße anzugeben (siehe auch **Bild E.3**):

- d_n Durchmesser des Klammerrohdrahtes,
- a, b Querschnittsmaße des Schaftteiles,
- b_r Rückenbreite,
- l_n Schaftlänge,
- l_H Länge des beharzten Schaftteiles.

(3) Außerdem sind vom Antragsteller anzugeben:

- Hersteller und Herstellwerke,
- Bezeichnung der Klammer,
- Gegebenenfalls Werkzeichen (Herstellerzeichen).

E.3.3 Eignungsprüfung

E.3.3.1 Allgemeines

(1) Folgende Eigenschaften sind zu prüfen:

- Bezeichnung, Zugfestigkeit und Bruchdehnung des Klammerrohdrahtes,
- gegebenenfalls Korrosionsschutz,
- Maße,
- gegebenenfalls Werkzeichen (Herstellerzeichen),
- Auszieh widerstand bei Beanspruchung in Schafrichtung,
- Fließmoment.

E.3.3.2 Werkstoff und Korrosionsschutz

(1) Die Werkstoffeigenschaften und der Korrosionsschutz sind nach den einschlägigen Normen zu prüfen.

E.3.3.3 Auszieh widerstand bei Beanspruchung in Schafrichtung

(1) Der Auszieh widerstand ist nach DIN EN 1382 zu ermitteln. Für die Auswahl des Holzes der Prüfkörper ist DIN EN 28970 maßgebend. Das Holz oder der Holzwerkstoff ist vor der Herstellung der Prüfkörper im Normalklima 20/65-1 nach DIN 50014 bis zum Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte zu lagern.

(2) Die Klammern werden auf eine Einschlagtiefe von mindestens 20 mm bzw. $12 \cdot d_n$, jedoch höchstens $20 \cdot d_n$ eingeschlagen.

(3) Für jeden Rohdrahtdurchmesser sind mindestens 20 Einzelversuche durchzuführen. Dabei beträgt der Winkel zwischen Schaft und Faserrichtung des Holzes 90°. Die Prüfung darf frühestens 24 Stunden nach dem Einschlagen der Klammern erfolgen.

(4) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Klammerdurchmesser der charakteristische Wert $f_{1,k}$ des Ausziehparameters zu berechnen. Wurden die Hölzer entsprechend Verfahren 2 nach DIN EN 28970 ausgewählt, ist die Höchstlast jedes Versuches vor der Ermittlung des charakteristischen Wertes mit dem Wert k_p nach Gleichung (E.1) zu korrigieren.

(5) Als charakteristischer Wert gilt der 5%-Fraktilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (E.2) ermittelt werden.

E.3.3.4 Fließmoment

(1) Das Fließmomentes ist nach DIN EN 409 zu ermitteln.

(2) Für jeden Klammerdurchmesser sind mindestens 10 Einzelversuche durchzuführen. Das Fließmoment ist das Biegemoment bei der Höchstlast, die ein Klammerschaft bei der Prüfung aufnehmen kann, oder das Biegemoment bei einer Verformung des Klammerschaftes von 45°, wobei jeweils der geringere Wert gilt.

(3) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Klammerdurchmesser der charakteristische Wert des Fließmomentes in Nm zu berechnen. Als charakteristischer Wert gilt der 5%-Fraktilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (E.2) ermittelt werden.

E.3.4 Bewertung der Prüfergebnisse

E.3.4.1 Allgemeines

(1) Aufgrund der Prüfergebnisse der Eignungsprüfungen ist eine Bewertung der Prüfergebnisse vorzunehmen. Die Ergebnisse der Bewertung sind in einem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis mit einer Geltungsdauer von höchstens drei Jahren anzugeben.

(2) Die Geltungsdauer des allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses wird auf Antrag um höchstens drei Jahre verlängert, wenn die Aufzeichnungen des Antragstellers über die werkseigene Produktionskontrolle und zusätzliche Prüfungen durch die Prüfstelle die Erfüllung der Anforderungen an die Klammern nach dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis belegen. Die Auswahl der zusätzlichen Prüfungen obliegt der Prüfstelle.

E.3.4.2 Auszieh widerstand bei Beanspruchung in Schafrichtung

(1) Der auf einen Klammerschaft bezogene charakteristische Wert des Ausziehparameters $f_{1,k}$ nach Abschnitt E.3.3.3 muss mindestens den Wert $f_{1,k} = 40 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$ (mit ρ_k in kg/m^3 und $f_{1,k}$ in N/mm^2) erreichen..

E.3.4.3 Fließmoment

(1) Der charakteristische Wert des Fließmomentes des Klammerschaftes ist für jeden geprüften Durchmesser auf drei signifikante Stellen anzugeben. Er muss den Wert nach **Abschnitt 10.7, Gleichung (10.35)** mindestens erreichen.

Anhang F (informativ)

Flächen aus Schichten Steifigkeitswerte und Spannungsberechnung

F.1 Allgemeines

- (1) Für ebene und gekrümmte Flächentragwerke mit einem Querschnittsaufbau aus Schichten werden Rechenregeln für Steifigkeitswerte angegeben. Mit diesen Steifigkeitswerten können Systemberechnungen mit EDV-Programmen durchgeführt oder Tabellenwerke verwendet werden. Schnittgrößen und Verformungen sind das Ergebnis.
- (2) Aus den Schnittgrößen werden für die einzelnen Schichten entsprechend der technischen Biegelehre Spannungen berechnet. Die Querdehnung wird dabei vernachlässigt.
- (3) Der Querschnitt des Flächentragwerks aus n Schichten ist symmetrisch aufgebaut. Die Schichten sind zueinander parallel oder orthogonal ausgerichtet.
- (4) Bestehen die Schichten aus nebeneinander liegenden Brettern, die nicht miteinander verklebt sind, so ist der Elastizitätsmodul rechtwinklig zur Faserrichtung gleich Null zu setzen. Der Schubmodul für die Rollschubbeanspruchung ist nach **Tabelle M.5 (Anhand M)** anzunehmen.

F.2 Flächen aus zusammengeklebten Schichten

F.2.1 Allgemeines

- (1) Die Schichten des Flächentragwerks sind miteinander verklebt. Es besteht keine Nachgiebigkeit zwischen benachbarten Schichten (starrer Verbund).
- (2) Die für die Plattenwirkung maßgebenden Steifigkeiten werden mit Biege- und Drillsteifigkeiten B bezeichnet. Sie setzen sich aus einem Steineranteil B_S und den Eigenbiegesteifigkeiten B_E der einzelnen Schichten zusammen. Die Schubsteifigkeiten für die Verformungen infolge der Querkräfte q_x und q_y in z -Richtung werden mit S bezeichnet.
- (3) Die für die Scheibenwirkung maßgebenden Steifigkeiten werden mit D bezeichnet.
- (4) Für die Bezeichnungen gilt **Abschnitt 6.6, Bild 6.7**. Für die Schicht i sind die entsprechenden Elastizitäts- und Schubmoduln sowie die Koordinate z_i einzusetzen.
- (5) Grundlage ist die Technische Biegelehre mit Berücksichtigung der Schubverformung.

F.2.2 Plattenbeanspruchung

(1) Die Biegesteifigkeiten und die Drillsteifigkeit werden auf eine Breite 1 bezogen (Kraft·Länge²/Länge). z_i ist der Abstand der Mittelfläche der Schicht i von der Mittelfläche des Gesamtquerschnitts. Bei der Spannungsberechnung ist z der Abstand von der Mittelfläche des Gesamtquerschnitts. Für eine Schicht i gilt $z_i - d_i/2 < z < z_i + d_i/2$. Bei der Berechnung der Spannungen sind jeweils der zur Schicht i und zur Richtung gehörende Modul sowie die zur Richtung gehörende Steifigkeit einzusetzen. Für die Berechnung der Schubspannungen ist das statische Moment $E \cdot S$ der mit dem Elastizitätsmodul multiplizierten Flächen notwendig.

(2) Biegung um die y -Achse (Biegemoment m_x), Biegesteifigkeit B_x und Biegespannung in x -Richtung:

$$B_x = B_{XS} + B_{xE} = \sum B_{XS,i} + \sum B_{xE,i} = \sum E_{x,i} \cdot d_i \cdot z_i^2 + \sum E_{x,i} \cdot \frac{d_i^3}{12} \quad (\text{F.1})$$

$$\sigma_x = E_x \cdot \frac{m_x}{B_x} \cdot z \quad (\text{F.2})$$

(3) Biegung um die x -Achse (Biegemoment m_y), Biegesteifigkeit B_y und Biegespannung in y -Richtung:

$$B_y = B_{yS} + B_{yE} = \sum B_{yS,i} + \sum B_{yE,i} = \sum E_{y,i} \cdot d_i \cdot z_i^2 + \sum E_{y,i} \cdot \frac{d_i^3}{12} \quad (\text{F.3})$$

$$\sigma_y = E_y \cdot \frac{m_y}{B_y} \cdot z \quad (\text{F.4})$$

(4) Verwindung der xy -Ebene (Drillmoment $m_{xy} = m_{yx}$), Drillsteifigkeit B_{xy} und Schubspannung $\tau_{xy} = \tau_{yx}$:

$$B_{xy} = B_{xyS} + B_{xyE} = \sum B_{xyS,i} + \sum B_{xyE,i} = \sum 2 \cdot G_{xy,i} \cdot d_i \cdot z_i^2 + \sum G_{xy,i} \cdot \frac{d_i^3}{6} \quad (\text{F.5})$$

$$\tau_{xy} = G_{xy} \cdot \frac{m_{xy}}{B_{xy}} \cdot z \quad (\text{F.6})$$

(5) Die Schubsteifigkeiten werden auf eine Breite 1 bezogen (Kraft/Länge). a ist der Schwerpunktabstand zwischen den Schichten 1 und n (siehe **Bild 6.7**).

(6) Schubverformung in der xz -Ebene (Querkraft q_x), Schubsteifigkeit S_{xz} und Schubspannung τ_{xz} :

$$\frac{1}{S_{xz}} = \frac{1}{a^2} \left(\frac{d_1}{2 \cdot G_{xz,1}} + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{d_i}{2 \cdot G_{xz,i}} + \frac{d_n}{2 \cdot G_{xz,n}} \right) \quad (\text{F.7})$$

$$\tau_{xz} = \frac{E \cdot S_x}{B_x} q_x \quad (\text{F.8})$$

$$E \cdot S_x = \int_z^{d/2} E_x \cdot z^\circ \cdot dz^\circ \quad \text{mit } z < z^\circ < d/2 \quad (\text{F.9})$$

Für die Schubspannung in der Fuge $i/i+1$ gilt:

$$\tau_{xz,i/i+1} = \frac{E \cdot S_{x,i/i+1}}{B_x} q_x \quad (\text{F.10})$$

$$E \cdot S_{x,i/i+1} = \sum_{j=i+1}^n E_{x,j} \cdot z_j \cdot d_j \quad (\text{F.11})$$

(7) Schubverformung in der yz -Ebene (Querkraft q_y), Schubsteifigkeit S_{yz} und Schubspannung τ_{yz} :

$$\frac{1}{S_{yz}} = \frac{1}{a^2} \left(\frac{d_1}{2 \cdot G_{yz,1}} + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{d_i}{2 \cdot G_{yz,i}} + \frac{d_n}{2 \cdot G_{yz,i}} \right) \quad (\text{F.12})$$

$$\tau_{yz} = \frac{E \cdot S_y}{B_y} q_y \quad (\text{F.13})$$

$$E \cdot S_y = \int_z^{d/2} E_y \cdot z^\circ \cdot dz^\circ \quad \text{mit } z < z^\circ < d/2 \quad (\text{F.14})$$

Für die Schubspannung in der Fuge $i/i+1$ gilt:

$$\tau_{yz,i/i+1} = \frac{E \cdot S_{y,i/i+1}}{B_y} q_y \quad (\text{F.15})$$

$$E \cdot S_{y,i/i+1} = \sum_{j=i+1}^n E_{y,j} \cdot z_j \cdot d_j \quad (\text{F.16})$$

F.2.3 Scheibenbeanspruchung

(1) Die Steifigkeiten werden auf eine Breite 1 bezogen (Kraft/Länge).

(2) Dehnung in x -Richtung (Normalkraft n_x), Dehnsteifigkeit D_x und Normalspannung in x -Richtung:

$$D_x = \sum E_{x,i} \cdot d_i \quad (\text{F.17})$$

$$\sigma_{x,i} = E_{x,i} \cdot \frac{n_x}{D_x} \quad (\text{F.18})$$

(3) Dehnung in y-Richtung (Normalkraft n_y), Dehnsteifigkeit D_y und Normalspannung in y-Richtung:

$$D_y = \sum E_{y,i} \cdot d_i \quad (\text{F.19})$$

$$\sigma_{y,i} = E_{y,i} \cdot \frac{n_y}{D_y} \quad (\text{F.20})$$

(4) Gleitung der xy- Ebene (Schubkraft n_{xy}), Schubsteifigkeit D_{xy} und Schubspannung $\tau_{xy} = \tau_{yx}$:

$$D_{xy} = \sum G_{xy} \cdot d_i \quad (\text{F.21})$$

$$\tau_{xy,i} = G_{xy,i} \cdot \frac{n_{xy}}{D_{xy}} \quad (\text{F.22})$$

F.3 Flächen aus nachgiebig miteinander verbundenen Schichten

F.3.1 Berechnungsmodell

(1) Die Schichten des Flächentragwerks sind nachgiebig miteinander verbunden. Die Nachgiebigkeit mechanischer Verbindungsmittel ist mit den in **Anhang V** angegebenen Verschiebungsmodul zu bestimmen. Der Verschiebungsmodul eines Verbindungsmittel ist mit den Abständen auf die Fläche 1 zu beziehen (Kraft/Länge³). Das Flächentragwerk wird nach **Bild F.1** zur Berechnung in zwei Flächen A und B aufgeteilt. Beide Flächen haben die gleichen Verformungen u , v und w . Den Flächen A und B werden unterschiedliche Steifigkeiten zugeordnet. Die Fläche A berücksichtigt nur die Eigensteifigkeit der einzelnen Schichten, die Fläche B deren Zusammenwirken:

Fläche A: Biegesteifigkeit, Drillsteifigkeit und Dehnsteifigkeit der einzelnen Schichten.

Fläche B: Steineranteile und Schubsteifigkeiten mit Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Verbindungen.

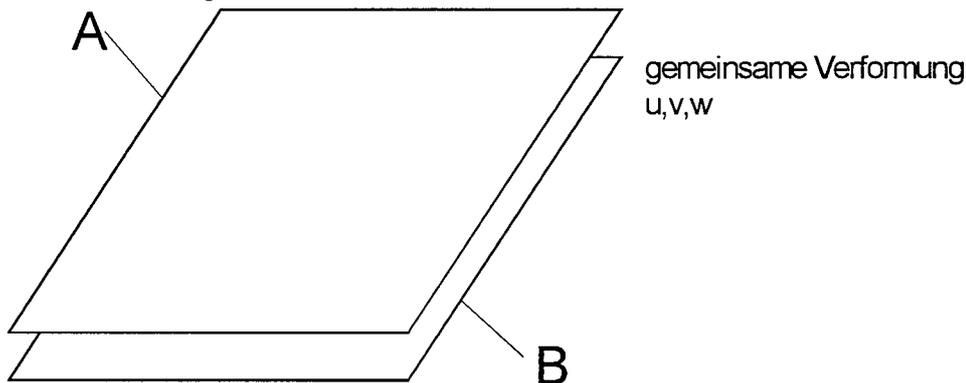


Bild F.1: Aufteilung des Flächentragwerks in zwei Flächen A und B

Anmerkung:

Für aus zwei Schichten zusammengesetzte Träger oder Flächen stimmen die Differentialgleichungen des Trägers mit einem Querschnitt aus nachgiebig miteinander verbundenen Teilen und des Trägers mit Schubverformung und Eigenbiegesteifigkeit der Teile überein. Bei mehreren Schichten handelt es sich um eine Näherungslösung. Die Schwerpunktdehnungen der einzelnen Schichten werden dabei als über die Querschnittshöhe linear verlaufend angenommen.

Diese Berechnungsmethode eignet sich auch für Träger aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen. Aus den Flächen A und B werden die Träger A und B mit gemeinsamer Verformung.

(2) Die Berechnung der verbundenen Flächen liefert Schnittgrößen der Fläche A und der Fläche B.

(3) Aus den Schnittgrößen der Fläche A werden jeweils für die einzelnen Schichten die Biegespannungen, Schubspannungen und Scheibenspannungen berechnet.

(4) Aus den Schnittgrößen der Fläche B werden für die einzelnen Schichten die über die jeweilige Schichtdicke konstanten Normal- und Schubspannungen aus den Momenten sowie die Schubspannungen aus den Querkraften q_x und q_y berechnet.

F.3.2 Steifigkeiten und Beanspruchungen der Fläche A

F.3.2.1 Plattenbeanspruchung

(1) Biegung um die y -Achse (Biegemoment m_{Ax}), Biegesteifigkeit B_{Ax} und Biegerandspannung der Schicht i in x -Richtung:

$$B_{Ax} = \sum E_{x,i} \frac{d_i^3}{12} \quad (F.23)$$

$$\sigma_{x,i} = \pm E_{x,i} \cdot \frac{m_{Ax}}{B_{Ax}} \cdot \frac{d_i}{2} \quad (F.24)$$

(2) Biegung um die x -Achse (Biegemoment m_{Ay}), Biegesteifigkeit B_{Ay} und Biegerandspannung der Schicht i in y -Richtung:

$$B_{Ay} = \sum E_{y,i} \frac{d_i^3}{12} \quad (F.25)$$

$$\sigma_{y,i} = \pm E_{y,i} \cdot \frac{m_{Ay}}{B_{Ay}} \cdot \frac{d_i}{2} \quad (F.26)$$

(3) Verwindung der xy -Ebene (Drillmoment $m_{Axy} = m_{Ayx}$), Drillsteifigkeit B_{Axy} und Schubrandspannung der Schicht i , $\tau_{xy,i} = \tau_{yx,i}$:

$$B_{Axy} = \sum G_{xy,i} \frac{d_i^3}{6} \quad (F.27)$$

$$\tau_{xy,i} = \pm G_{xy,i} \cdot \frac{m_{Axy}}{B_{Axy}} \cdot \frac{d_i}{2} \quad (F.28)$$

F.3.2.2 Scheibenbeanspruchung

(1) Dehnung in x -Richtung (Längskraft n_{Ax}), Dehnsteifigkeit D_x und Normalspannung der Schicht i in x -Richtung:

$$D_x = \sum E_{x,i} \cdot d_i \quad (F.29)$$

$$\sigma_{x,i} = E_{x,i} \cdot \frac{n_x}{D_x} \quad (F.30)$$

(2) Dehnung in y -Richtung (Längskraft n_{Ay}), Dehnsteifigkeit D_y und Normalspannung der Schicht i in y -Richtung:

$$D_y = \sum E_{y,i} \cdot d_i \quad (F.31)$$

$$\sigma_{y,i} = E_{y,i} \cdot \frac{n_y}{D_y} \quad (F.32)$$

(3) Gleitung in xy -Ebene (Schubkraft n_{Axy}), Schubsteifigkeit D_{xy} und Schubspannung der Schicht i , $\tau_{xy,i} = \tau_{yx,i}$:

$$D_{xy} = \sum G_{xy,i} \cdot d_i \quad (F.33)$$

$$\tau_{xy,i} = G_{xy,i} \cdot \frac{n_{xy}}{D_{xy}} \quad (F.34)$$

F.3.3 Steifigkeiten und Beanspruchungen der Fläche B

(1) Biegung um die y -Achse (Biegemoment m_{Bx}), Biegesteifigkeit B_{Bx} und Normalspannung aus Biegung in der Schicht i in x -Richtung:

$$B_{Bx} = \sum E_{x,i} \cdot d_i \cdot z_i^2 \tag{F.35}$$

$$\sigma_{x,i} = E_{x,i} \cdot \frac{m_{Bx}}{B_{Bx}} \cdot z_i \tag{F.36}$$

(2) Biegung um die x -Achse (Biegemoment m_{By}), Biegesteifigkeit B_{By} und Normalspannung aus Biegung in der Schicht i in y -Richtung:

$$B_{By} = \sum E_{y,i} \cdot d_i \cdot z_i^2 \tag{F.37}$$

$$\sigma_{y,i} = E_{y,i} \cdot \frac{m_{By}}{B_{By}} \cdot z_i \tag{F.38}$$

(3) Verwindung der xy -Ebene (Drillmoment $m_{Bxy} = m_{Byx}$), Drillsteifigkeit B_{Bxy} und Schubspannung in der Schicht i , $\tau_{xy,i} = \tau_{yx,i}$:

$$B_{Bxy} = \sum 2 \cdot G_{xy,i} \cdot d_i \cdot z_i^2 \tag{F.39}$$

$$\tau_{xy,i} = \frac{m_{Bxy}}{B_{Bxy}} \cdot G_{xy,i} \cdot z_i \tag{F.40}$$

(4) Schubverformung und Verformung infolge der Nachgiebigkeit der Verbindung in der xz -Ebene (Querkraft q_{Bx}), Schubsteifigkeit S_{xz} und Schubspannung τ_{xz} :

$$\frac{1}{S_{xz}} = \frac{1}{a^2} \left(\sum_{1}^{n-1} \frac{1}{c_{xi}} + \frac{d_1}{2 \cdot G_{xz1}} + \sum_{2}^{n-1} \frac{d_i}{G_{xzi}} + \frac{d_n}{2 \cdot G_{xzn}} \right) \tag{F.41}$$

$$\tau_{xz} = \frac{q_{Bx}}{a} \tag{F.42}$$

(5) Schubverformung und Verformung infolge der Nachgiebigkeit der Verbindung in der yz -Ebene (Querkraft q_{By}), Schubsteifigkeit S_{yz} und Schubspannung τ_{yz} :

$$\frac{1}{S_{yz}} = \frac{1}{a^2} \left(\sum_{1}^{n-1} \frac{1}{c_{yi}} + \frac{d_1}{2 \cdot G_{yz1}} + \sum_{2}^{n-1} \frac{d_i}{G_{yzi}} + \frac{d_n}{2 \cdot G_{yzn}} \right) \tag{F.43}$$

$$\tau_{yz} = \frac{q_{By}}{a} \tag{F.44}$$

Anmerkung:

Zur Schubverformung der einzelnen Schichten kommt noch die Verformung infolge Nachgiebigkeit der Verbindungen zwischen den Schichten hinzu. Nach **Bild F.2** wird die Verschiebung u aus einem über die Höhe konstanten Schubflusses t ermittelt und daraus die Steifigkeit S berechnet

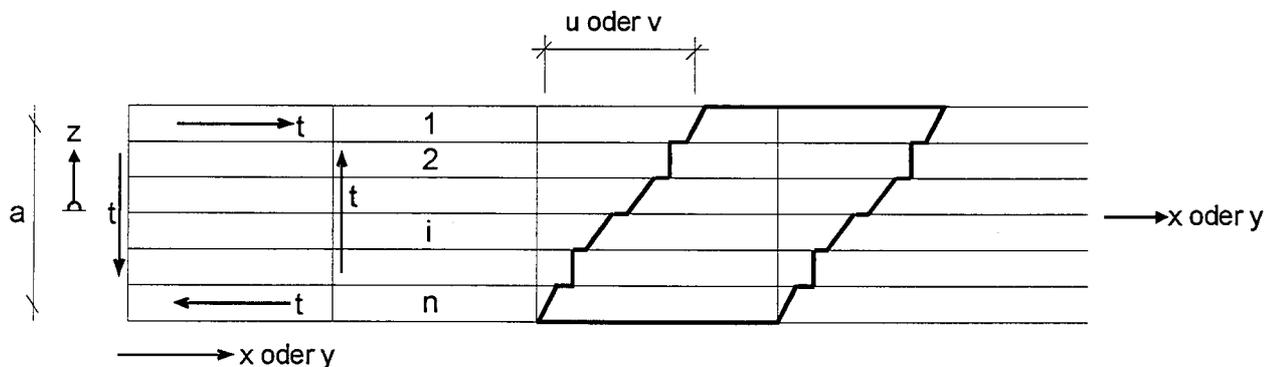


Bild F.2 Ersatzsteifigkeit S (S_{xz} oder S_{yz}) für nachgiebigen Verbund (Näherung)

$$u = \frac{t \cdot a^2}{S} = t \cdot \left\{ \sum_1^{n-1} \frac{1}{c_i} + \frac{d_1}{2 \cdot G_1} + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{d_i}{G_i} + \frac{d_n}{2 \cdot G_n} \right\}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{a^2} \cdot \left\{ \sum_1^{n-1} \frac{1}{c_i} + \frac{d_1}{2 \cdot G_1} + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{d_i}{G_i} + \frac{d_n}{2 \cdot G_n} \right\}$$

Hierin bedeuten:

- n Anzahl der Schichten,
- c_i Verschiebungsmodul infolge Nachgiebigkeit der Verbindungen zwischen der Schicht i und $i + 1$, (Kraft/Länge³)
- d_i Dicke,
- G_i Schubmodul (G_{xz} bzw. G_{yz}).

Die berechnete Schubspannung ist über die Querschnittshöhe betrachtet ein Mittelwert. Eine der Änderung der Längskräfte in den Schichten entsprechende Verteilung liefert die Berechnung nach den Gleichungen (F.10) oder (F.15).

Anhang K (normativ)

Knicklängenbeiwerte und Kippbeiwerte für Nachweise nach dem Ersatzstabverfahren

K.1 Knicklängenbeiwerte (Biegeknicken)

(1) Die Ersatzstablänge l_{ef} wird mit dem Knicklängenbeiwert β nach **Tabelle K.1** berechnet:

$$l_{ef} = \beta \cdot s \quad \text{oder} \quad l_{ef} = \beta \cdot h \quad (\text{K.1a,b})$$

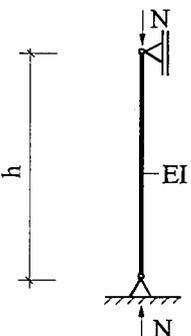
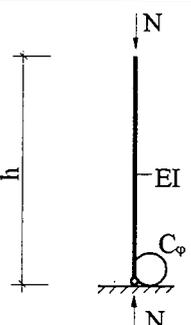
(2) Bei Berücksichtigung der Schubsteifigkeit S wird die Ersatzstablänge:

$$l_{ef} = \beta \cdot s \cdot \sqrt{1 + \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{(\beta \cdot s)^2 \cdot S}} \quad \text{oder} \quad l_{ef} = \beta \cdot h \cdot \sqrt{1 + \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{(\beta \cdot h)^2 \cdot S}} \quad (\text{K.2a,b})$$

Für den Rechteckquerschnitt ist:

$$S = G \cdot A / 1,2 \quad (\text{K.3})$$

Tabelle K.1: Knicklängenbeiwerte β für Stäbe

	1	2
	System	Knicklängenbeiwert
1		$\beta = 1$
2		$\beta = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{h \cdot C_\varphi}}$ <p>C_φ: Federkonstante der elastischen Einspannung (Kraft · Länge)</p>

<p>3</p>		$\beta = \sqrt{\left(4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{h \cdot C_\varphi}\right) \cdot (1 + \alpha)}$ <p>für die eingespannte Stütze</p> <p>mit: $\alpha = \frac{h}{N} \cdot \sum \frac{N_i}{h_i}$</p>
<p>4</p>		<p>für $0,15 \leq \frac{h}{l} \leq 0,5$ und $l_{ef} = \beta \cdot s$:</p> $\beta = 1,25$ <p>(für antisymmetrisches Knicken)</p>
<p>5</p>		<p>Stiel: $l_{ef} = \beta_S \cdot h$ ($\alpha \leq 15^\circ$)</p> $\beta_S = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_S}{h} \cdot \left(\frac{1}{C_\varphi} + \frac{s}{3 \cdot E \cdot I_R}\right) + \frac{E \cdot I_S \cdot N_R \cdot s^2}{E \cdot I_R \cdot N_S \cdot h^2}}$ <p>Riegel: $l_{ef} = \beta_R \cdot s$ ($\alpha \leq 15^\circ$)</p> $\beta_R = \beta_S \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_R \cdot N_S}{E \cdot I_S \cdot N_R} \cdot \frac{h}{s}}$ <p>(für antisymmetrisches Knicken)</p>
<p>6</p>		<p>für $s_1 < 0,7 \cdot s$:</p> $\beta = 0,8$ <p>für $s_1 \geq 0,7 \cdot s$:</p> $\beta = 1,0$ <p>(für antisymmetrisches Knicken)</p>

7		bei gelenkiger Lagerung ($C_\varphi \approx 0$): $\beta = 1,0$ bei nachgiebiger Einspannung ($C_\varphi \gg 0$): $\beta = 0,8$
---	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(3) Weitere Knicklängenbeiwerte β dürfen der Fachliteratur entnommen werden.

(4) Das Zusatzmoment in der elastischen Feder bei den Systemen 2, 3 und 5 darf wie folgt angenommen werden:

$$M = N \cdot \frac{h}{6} \cdot \left(\frac{1}{k_c} - 1 \right) \quad (\text{K.4})$$

Hierin bedeuten:

- h Querschnittshöhe des an die Feder angeschlossenen Stabes,
- k_c Knickbeiwert nach Abschnitt 8.3.1 des an die Feder angeschlossenen Stabes.

Bei System 5 ist das Moment für den Stiel und den Riegel zu berechnen, das größere ist maßgebend.

K.2 Kippbeiwerte (Biegedrillknicken, Kippen)

(1) Die Ersatzstablänge ℓ_{ef} wird mit den Beiwerten a_1 und a_2 nach **Tabelle K.2** berechnet:

$$\ell_{ef} = \frac{\ell}{a_1 \cdot \left[1 - a_2 \frac{a_z}{\ell} \cdot \sqrt{\frac{B}{T}} \right]} \quad (\text{K.5})$$

Hierin bedeuten:

- ℓ Länge des Trägers,
- $B = E \cdot I_z$ Biegesteifigkeit um die z-Achse (Rechteckquerschnitt: $B = \frac{E \cdot b^3 \cdot h}{12}$),
- $T = G \cdot I_t$ Torsionssteifigkeit (Rechteckquerschnitt: $T \cong \frac{G \cdot b^3 \cdot h}{3}$),
- a_z Abstand des Lastangriffes vom Schubmittelpunkt (siehe **Bild K.1**).

(2) Beim gabelgelagerten Einfeldträger dürfen die Einflüsse einer Nachgiebigkeit C_G der Torsionseinspannung am Auflager, einer elastischen Bettung C_y gegen Verschieben und einer elastischen Bettung C_φ gegen Verdrehen durch Beiwerte α und β berücksichtigt werden:

$$\ell_{ef} = \frac{\ell}{a_1 \cdot \left[1 - a_2 \frac{a_z}{\ell} \cdot \sqrt{\frac{B}{T}} \right]} \cdot \frac{1}{\alpha \cdot \beta} \quad (\text{K.6})$$

Hierin bedeuten:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{3,5 \cdot T}{C_G \cdot \ell}}}$$

$$\beta = \sqrt{\left(1 + \frac{C_y \cdot \ell^4}{B \cdot \pi^4}\right) \cdot \left(1 + \frac{(C_g + e^2 \cdot C_y) \cdot \ell^2}{T \cdot \pi^2}\right)} + \frac{e \cdot C_y \cdot \ell^3}{\sqrt{B \cdot T \cdot \pi^3}}$$

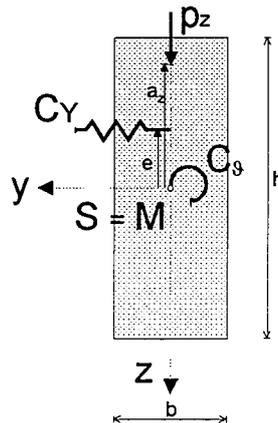


Bild K1: Bezeichnungen am Rechteckquerschnitt

Es bedeuten:

- M Schubmittelpunkt,
- S Schwerpunkt,
- C_g elastische Bettung (Verdrehung) in N,
- C_y elastische Bettung (Verschiebung) in N/mm^2 ,
- C_G Drehfeder am Auflager in Nmm,
- e Abstand Schubmittelpunkt/Bettung in mm,
- g Verdrehung um die z-Achse,

(3) Das kritische Kippmoment $M_{y,crit}^0$ und die kritische Biegespannung $\sigma_{m,crit}$ dürfen berechnet werden zu:

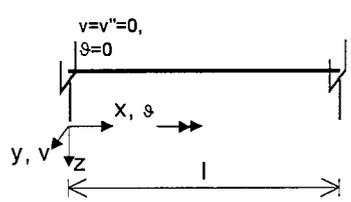
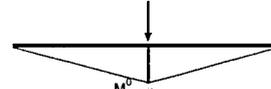
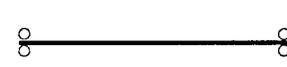
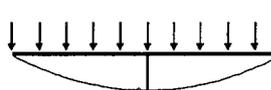
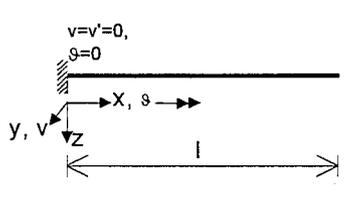
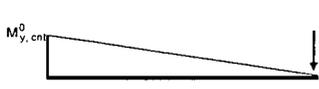
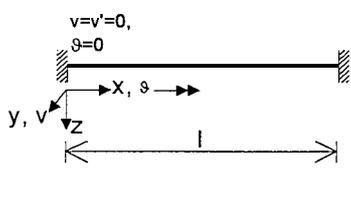
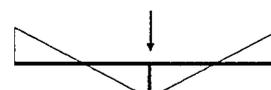
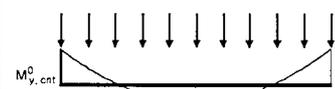
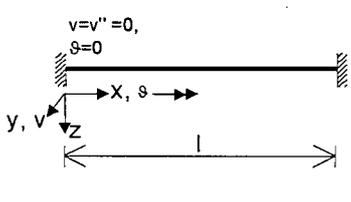
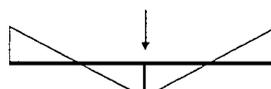
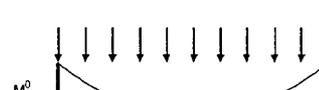
$$M_{y,crit}^0 = \frac{\pi}{\ell_{ef}} \cdot \sqrt{B \cdot T} \cdot \quad (K.7)$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}^0}{W_y} \quad (K.8)$$

Hierin bedeutet:

- W Widerstandsmoment für die Druckspannung bei Biegung um die y-Achse.

Tabelle K.2: Kippbeiwerte a_1 und a_2

	System	Momentenverlauf	a_1	a_2
1.1	 <p>$v=v'=0,$ $\vartheta=0$</p> <p>y, v</p> <p>x, ϑ</p> <p>l</p>		1,77	0
1.2			1,35	1,74
1.3		<p>gabelgelagerter Einfeldträger</p> <p>Draufsicht:</p> 		1,13
1.4		1	0	
2.1	 <p>$v=v'=0,$ $\vartheta=0$</p> <p>y, v</p> <p>x, ϑ</p> <p>l</p> <p>Kragarm</p>		1,27	1,03
2.2			2,05	1,50
3.1	 <p>$v=v'=0,$ $\vartheta=0$</p> <p>y, v</p> <p>x, ϑ</p> <p>l</p>		6,81	0,40
3.2		<p>beidseitig eingespannter Träger</p> <p>Draufsicht:</p> 		5,12
4.1	 <p>$v=v''=0,$ $\vartheta=0$</p> <p>y, v</p> <p>x, ϑ</p> <p>l</p>		1,70	1,60
4.2		<p>Mittelfeld, Durchlaufträger</p> <p>Draufsicht:</p> 		1,30

Anhang M (normativ)

Materialeigenschaften

Tabelle M.1: Rechenwerte für die Modifikationsbeiwerte k_{mod}

	1	2			3	4	
1	Baustoff und Klasse der Lasteinwirkungsdauer	Nutzungsklasse			Baustoff und Klasse der Lasteinwirkungsdauer	Nutzungsklasse	
2		1	2	3		1	2
3	Vollholz Brettschichtholz Balkenschichtholz Furnierschichtholz mehrschichtige Massivholz- platten Baufurniersperrholz				Kunstharzgebundene Holz- spanplatten Zementgebundene Holz- spanplatten Holzfaserplatten (Typ HFH DIN 68754-1) (Typ HBH.LA2 DIN EN 622-2)		
4	ständig	0,60	0,60	0,50	ständig	0,30	0,20
5	lang	0,70	0,70	0,55	lang	0,45	0,30
6	mittel	0,80	0,80	0,65	mittel	0,65	0,45
7	kurz	0,90	0,90	0,70	kurz	0,85	0,60
8	sehr kurz	1,10	1,10	0,90	sehr kurz	1,10	0,80
9	OSB-Platten (Typen OSB/3 und OSB/4 DIN EN 300)				Holzfaserplatten (Typ HFM DIN 68754-1) (Typ MBH.LA2 DIN EN 622-3)		
10	ständig	0,40	0,30	-	ständig	0,20	-
11	lang	0,50	0,40	-	lang	0,40	-
12	mittel	0,70	0,55	-	mittel	0,60	-
13	kurz	0,90	0,70	-	kurz	0,80	-
14	sehr kurz	1,10	0,90	-	sehr kurz	1,10	-

Tabelle M.2: Rechenwerte für die Verformungsbeiwerte k_{def} für Baustoffe und Verbindungen

1	Baustoff und Klasse der Lasteinwirkungsdauer	2			Baustoff und Klasse der Lasteinwirkungsdauer	4		
		1	2	3		1	2	3
3	Vollholz ¹⁾ Brettschichtholz Furnierschichtholz ²⁾ Balkenschichtholz mehrschichtige Massivholz- platten				Kunstharzgebundene Holz- spanplatten ⁴⁾ Zementgebundene Holz- spanplatten Holzfaserplatten ⁴⁾ (Typ HFH DIN 68754-1) (Typ HBH.LA2 DIN EN 622-2)			
4	ständig	0,60	0,80	2,00	ständig	2,25	3,00	4,00
5	lang	0,50	0,50	1,50	lang	1,50	2,00	3,00
6	mittel	0,25	0,25	0,75	mittel	0,75	1,00	2,00
7	kurz	0,00	0,00	0,30	kurz	0,00	0,40	1,00
8	Baufurniersperrholz Furnierschichtholz ³⁾				Holzfaserplatten (Typ HFM DIN 68754 -1) (Typ MBH.LA2 DIN EN 622 -3)			
9	ständig	0,80	1,00	2,50	ständig	3,00	-	-
10	lang	0,50	0,60	1,80	lang	2,00	-	-
11	mittel	0,25	0,30	0,90	mittel	1,00	-	-
12	kurz				kurz	0,35	-	-
13	OSB-Platten							
14	ständig	1,50	2,25	-				
15	lang	1,00	1,50	-				
16	mittel	0,50	0,75	-				
17	kurz	0,00	0,30	-				

¹⁾ Die Werte für k_{def} für Vollholz, dessen Feuchte beim Einbau im Fasersättigungsbereich oder darüber liegt und im eingebauten Zustand austrocknen kann, sind um 1,0 zu erhöhen.

²⁾ mit allen Furnieren faserparallel.

³⁾ mit Querfurnieren.

⁴⁾ nicht in der Nutzungsklasse 3 zugelassen.

Tabelle M.3 : Gleichgewichtsfeuchten holzhaltiger Baustoffe

	1	2	3	4
1	Nutzungsklasse	1	2	3
2	Holz und holzhaltige Werkstoffe	5 bis 15% ¹⁾	10 bis 20% ²⁾	12 bis 24%

¹⁾ In den meisten Nadelhölzern wird in der Nutzungsklasse 1 eine mittlere Gleichgewichtsfeuchte von 12% nicht überschritten.

²⁾ In den meisten Nadelhölzern wird in der Nutzungsklasse 2 eine mittlere Gleichgewichtsfeuchte von 20% nicht überschritten.

**Tabelle M.4: Rechenwerte für das Schwind- und Quellmaß
rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes bzw. in Plattenebene ¹⁾ ²⁾**

	1	2
	Baustoff	Schwind- und Quellmaß für Änderung der Holzfeuchte um 1 % unterhalb des Fasersättigungsbereiches
1	Fichte, Kiefer, Tanne, Lärche, Douglasie, Western Hemlock, Afzelia, Merbau, Southern Pine, Eiche	0,24
2	Buche, Keruing, Greenheart	0,30
3	Teak, Yellow Cedar	0,20
4	Azobé (Bongossi)	0,36
5a	Baufurniersperrholz	0,02
5b	mehrschichtige Massivholzplatten	0,02
6a	Furnierschichtholz ohne Querfurniere in Faserrichtung der Deckfurniere rechtwinklig zur Faserrichtung der Deckfurniere	0,01 0,32
6b	Furnierschichtholz mit Querfurnieren in Faserrichtung der Deckfurniere rechtwinklig zur Faserrichtung der Deckfurniere	0,01 0,03
7	Kunstharzgebundene Holzspanplatten und harte und mittelharte Holzfasersplatten	0,035
8	Zementgebundene Holzspanplatten	0,03
9a	OSB-Platten, Typ OSB/3	0,03
9b	OSB-Platten, Typ OSB/4	0,015

¹⁾ Werte gelten für etwa gleichförmige Feuchteänderung über den Querschnitt.

²⁾ Für Bauhölzer nach Zeile 1 bis 4 gilt in Faserrichtung des Holzes ein Rechenwert von 0,01% / %.

Tabelle M.5 : Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits- Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Nadelholz
 (Auszug aus DIN EN 338)

Vorzugsklassen sind unterlegt

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Festigkeitsklasse (Sortierklasse nach DIN 4074-1)	C 16 (S 7)	C 18	C 24 (S 10)	C 27	C 30 (S 13)	C 35 (MS13)	C 40 (MS17)
Festigkeitskennwerte in N/mm²								
2	Biegung $f_{m,k}$	16	18	24	27	30	35	40
3	Zug parallel $f_{t,0,k}$ ¹⁾	10	11	14	16	18	21	24
4	Druck parallel $f_{c,0,k}$	17	18	21	22	23	25	26
5	rechtwinklig $f_{c,90,k}$ ²⁾	2,2	2,2	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
6	Schub und Torsion $f_{v,k}$ ³⁾	1,8	2,0	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
Steifigkeitskennwerte in N/mm²								
7	Elastizitätsmodul parallel $E_{0,mean}$ ⁴⁾	8 000	9 000	11 000	11 500	12 000	13 000	14 000
8	rechtwinklig $E_{90,mean}$ ⁴⁾	270	300	370	400	400	430	470
9	Schubmodul G_{mean} ^{4) 5)}	500	560	690	750	750	810	880
Rohdichtekennwerte in kg/m³								
10	Rohdichte ρ_k	310	320	350 ⁶⁾	370	380	400	420

- 1) Abweichend von DIN EN 338 ist der Rechenwert für die charakteristische Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes $f_{t,90,k}$ für alle Festigkeitsklassen mit $0,4 \text{ N/mm}^2$ anzunehmen.
- 2) Bei unbedenklichen Eindrückungen dürfen die Werte für $f_{c,90,k}$ um 25 % erhöht werden.
- 3) Als Rechenwert für die charakteristische Rollschubfestigkeit des Holzes darf für alle Festigkeitsklassen $f_{R,k} = 0,4 \text{ N/mm}^2$ angenommen werden.
- 4) Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$, $E_{90,05}$ und G_{05} gelten die Rechenwerte:
 $E_{0,05} = 2/3 \cdot E_{0,mean}$ $E_{90,05} = 2/3 \cdot E_{90,mean}$ $G_{05} = 2/3 \cdot G_{mean}$.
- 5) Der zur Rollschubbeanspruchung gehörende Schubmodul darf mit $G_{R,mean} = 0,15 \cdot G_{mean}$ angenommen werden.
- 6) Für Nadelholz der Sortierklasse S 10 und MS 10 nach DIN 4074-1 darf $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$ angenommen werden.
- 7) Bei durchlaufenden oder auskragenden Biegeträgern darf in Bereichen gleichzeitig auftretender Querdruckspannungen der Rechenwert für die charakteristische Schubfestigkeit um 33% höher in Rechnung gestellt werden, wenn diese Bereiche mindestens 1,50 m von den Stirnenden des Holzes entfernt sind.

Tabelle M.6: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Laubschnittholz (Auszug aus DIN EN 338)

	1		2	3	4	5	6	7
1	Festigkeitsklasse		D30	D35	D40	D50	D60	D70
Festigkeitskennwerte in N/mm²								
2	Biegung	$f_{m,k}$	30	35	40	50	60	70
3	Zug parallel	$f_{t,0,k}$ ¹⁾	18	21	24	30	36	42
4	Druck parallel	$f_{c,0,k}$	23	25	26	29	32	34
5	Druck rechtwinklig	$f_{c,90,k}$	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
6	Schub und Torsion	$f_{v,k}$	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Steifigkeitskennwerte in N/mm²								
7	Elastizitätsmodul parallel	$E_{0,mean}$ ²⁾	10 000	10 000	11 000	14 000	17 000	20 000
8	Elastizitätsmodul rechtwinklig	$E_{90,mean}$ ²⁾	640	690	750	930	1 130	1 330
9	Schubmodul	G_{mean} ²⁾	600	650	700	880	1 060	1 250
Rohdichtekennwerte in kg/m³								
10	Rohdichte	ρ_k	530	560	590	650	700	900

¹⁾ Abweichend von DIN EN 338 ist der Rechenwert für die charakteristische Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes $f_{t,90,k}$ für alle Festigkeitsklassen mit 0,5 N/mm² anzunehmen

²⁾ Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$, $E_{90,05}$ und G_{05} gelten die Rechenwerte:
 $E_{0,05} = 5/6 \cdot E_{0,mean}$ $E_{90,05} = 5/6 \cdot E_{90,mean}$ $G_{05} = 5/6 \cdot G_{mean}$

³⁾ Bei durchlaufenden oder auskragenden Biegeträgern aus Laubschnittholz der Festigkeitsklasse D30 darf in Bereichen gleichzeitig auftretender Querdruckspannungen der Rechenwert für die charakteristische Schubfestigkeit um 33% höher in Rechnung gestellt werden, wenn diese Bereiche mindestens 1,50 m von den Stirnenden des Holzes entfernt sind.

Tabelle M.7: Zuordnung von Nadelholzarten und Sortierklassen nach DIN 4074-1 (1989) und DIN 4074-2 (1958) zu Festigkeitsklassen.

Andere Sortiervorschriften, Holzarten und Herkünfte siehe DIN EN 1912

	1	2	3	4	5
1	Festigkeitsklasse	Sortierklasse nach DIN 4074-1 bzw. nach DIN 4074-2	Holzart Handelsname	Herkunft	Botanische Bezeichnung nach DIN EN 1912, Tabelle 3
2	C16	S7/MS7 III	Fichte Tanne Kiefer Lärche Douglasie Southern Pine Western Hemlock Yellow Cedar ²⁾	CNE - Europa ¹⁾ CNE - Europa ¹⁾ CNE - Europa ¹⁾ CNE - Europa ¹⁾ Deutschland USA USA + Kanada USA + Kanada	22 1 47 15 54 35, 36, 43, 48 62
3	C24	S10/MS10 II			
4	C30	S13 I			
5	C35	MS13			
6	C40	MS17			

¹⁾ CNE - Europa ist eine Abkürzung für Mittel-, Nord- und Osteuropa.

²⁾ In DIN EN 1912 derzeit nicht enthalten
 (Botanische Bezeichnung: *Chamaecyparis nootkatensis* Spach).

Tabelle M.8: Zuordnung von Laubholzarten mittlerer Güte
(mindestens S 10 im Sinne der DIN 4074-1 (1958) zu Festigkeitsklassen
Andere Sortiervorschriften, Holzarten und Herkünfte siehe DIN EN 1912

	1	2	3	4	5
1	Festigkeitsklasse	Sortierklasse im Sinne von DIN 4074-1	Holzart Handelsname	Herkunft	Botanische Bezeichnung nach DIN EN 1912
2	D30	S10	Eiche ¹⁾	Europa	117 80
			Buche ²⁾	Europa	
			Teak	Südostasien	
			Keruing (Yang)	Südostasien	
3	D40	S10	Afzelia	Westafrika	94,95
			Merbau	Südostasien	
4	D60	S10	Azobé (Bongossi)	Westafrika	100
			Greenheart	Guyana	110

¹⁾ In DIN EN 1912 derzeit nicht enthalten (Botanische Bezeichnung: Quercus robur L., Quercus petraea Liebl.)

²⁾ In DIN EN 1912 derzeit nicht enthalten (Botanische Bezeichnung: Fagus sylvatica L.)

Tabelle M 9: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für homogenes Brettschichtholz nach DIN EN 1194

	1	2	3	4	5
1	Festigkeitsklasse des Brettschichtholzes	GL 24h (BS 11h)	GL 28h (BS 14h)	GL 32h (BS 16h)	GL 36h (BS 18h)
Festigkeitskennwerte in N/mm²					
2	Biegung $f_{m,k}$	24	28	32	36
3	Zug parallel $f_{t,0,k}$ ¹⁾	16,5	19,5	22,5	26
4	Druck parallel $f_{c,0,k}$	24	26,5	29	31
5	rechtwinklig $f_{c,90,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
6	Schub und Torsion $f_{v,k}$ ²⁾	2,7	3,2	3,8	4,3
Steifigkeitskennwerte in N/mm²					
7	Elastizitätsmodul parallel $E_{0,mean}$ ³⁾	11 600	12 600	13 700	14 700
8	rechtwinklig $E_{90,mean}$ ³⁾	390	420	460	490
9	Schubmodul G_{mean} ^{3) 4)}	720	780	850	910
Rohdichtekennwerte in kg/m³					
10	Rohdichte ρ_k	380 ⁵⁾	410	430	450

¹⁾ Abweichend von DIN EN 1194 ist der Rechenwert für die charakteristische Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes $f_{t,90,k}$ für alle Festigkeitsklassen mit 0,5 N/mm² anzunehmen.

²⁾ Als Rechenwert für die charakteristische Rollschubfestigkeit des Brettschichtholzes darf für alle Festigkeitsklassen $f_{R,k} = 0,5$ N/mm² angenommen werden.

³⁾ Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$, $E_{90,05}$ und G_{05} gelten die Rechenwerte:
 $E_{0,05} = 5/6 \cdot E_{0,mean}$ $E_{90,05} = 5/6 \cdot E_{90,mean}$ $G_{05} = 5/6 \cdot G_{mean}$

⁴⁾ Der zur Rollschubbeanspruchung gehörende Schubmodul darf mit $G_{R,mean} = 0,15 \cdot G_{mean}$ angenommen werden.

⁵⁾ Für Brettschichtholz aus Lamellen der Sortierklassen S10 oder MS10 nach DIN 4074-1 darf $\rho_k = 410$ kg/m³ angenommen werden.

Tabelle M.10: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kombiniertes Brettschichtholz nach DIN EN 1194

	1	2	3	4	5
1	Festigkeitsklasse des Brettschichtholzes	GL 24k (BS 11k)	GL 28k (BS 14k)	GL 32k (BS 16k)	GL 36k (BS 18k)
Festigkeitskennwerte in N/mm²					
2	Biegung $f_{m,k}$	24	28	32	36
3	Zug parallel $f_{t,0,k}$ ¹⁾	14	16,5	19,5	22,5
4	Druck parallel $f_{c,0,k}$	21	24	26,5	29
5	rechtwinklig $f_{c,90,k}$	2,4	2,7	3,0	3,3
6	Schub und Torsion $f_{v,k}$ ²⁾	2,2	2,7	3,2	3,8
Steifigkeitskennwerte in N/mm²					
7	Elastizitätsmodul parallel $E_{0,mean}$ ³⁾	11 600	12 600	13 700	14 700
8	rechtwinklig $E_{90,mean}$ ³⁾	320	390	420	460
9	Schubmodul G_{mean} ^{3) 4)}	590	720	780	850
Rohdichtekennwerte in kg/m³					
10	Rohdichte ρ_k	350	380 ⁵⁾	410	430

¹⁾ Abweichend von DIN EN 1194 ist der Rechenwert für die charakteristische Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes $f_{t,90,k}$ für alle Festigkeitsklassen mit 0,5 N/mm² anzunehmen.

²⁾ Als Rechenwert für die charakteristische Rollschubfestigkeit des Brettschichtholzes darf für alle Festigkeitsklassen $f_{R,k} = 0,5$ N/mm² angenommen werden.

³⁾ Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$, $E_{90,05}$ und G_{05} gelten die Rechenwerte:

$$E_{0,05} = 5/6 \cdot E_{0,mean} \qquad E_{90,05} = 5/6 \cdot E_{90,mean} \qquad G_{05} = 5/6 \cdot G_{mean}$$

⁴⁾ Der zur Rollschubbeanspruchung gehörende Schubmodul darf mit $G_{R,mean} = 0,15 \cdot G_{mean}$ angenommen werden.

⁵⁾ Für innere Lamellen aus Nadelholz der Sortierklasse S 10 und MS 10 nach DIN 4074-1 darf $\rho_k = 410$ kg/m³ angenommen werden.

Tabelle M.11: Zuordnung von homogenem und kombiniertem Brettschichtholz
 aus nach DIN 4074 sortierten Brettern mit Keilzinkenverbindungen nach DIN 68140-1
 zu Festigkeitsklassen

	1	2	3
1	Festigkeitsklasse	Homogenes Brettschichtholz	Kombiniertes Brettschichtholz
2		Sortierklasse der äußeren/inneren Lamellen	
3	GL 24 (BS 11)	S10/S10, MS10/MS10	S10/S7, MS10/MS7
4	GL 28 (BS 14)	S13/S13, MS13/MS13	S13/S10, MS13/MS10
5	GL 32 (BS 16)	MS13/MS13	MS13/MS10
6	GL 36 (BS 18)	MS17/MS17	MS17/MS13

Tabelle M.12: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Baufurniersperrholz nach DIN 68705-3

	1	2	3
1	Beanspruchung	parallel zur Faserrichtung der Deckfurniere	rechtwinklig zur Faserrichtung der Deckfurniere
Festigkeitskennwerte in N/mm²			
Plattenbeanspruchung			
2	Biegung $f_{m,k}$	32	12
3	Schub $f_{v,k}$	2,5	2,5
Scheibenbeanspruchung			
4	Biegung $f_{m,k}$	22	14
5	Zug $f_{t,k}$	18	9
6	Druck $f_{c,k}$	18	9
7	Schub $f_{v,k}$	8 (5) ¹⁾	8 (5) ¹⁾
Steifigkeitskennwerte in N/mm²			
Plattenbeanspruchung			
8	Elastizitätsmodul E_{mean}	5500 (8000) ¹⁾	1500 (400) ¹⁾
9	Schubmodul G_{mean}	250	250
Scheibenbeanspruchung			
10	Elastizitätsmodul E_{mean}	4500	2500 (1000) ¹⁾
11	Schubmodul G_{mean}	500	500
Rohdichtekennwerte in kg/m³			
12	Rohdichte ρ_k	400	

¹⁾ Die Werte in Klammern () gelten für Baufurniersperrholz mit nur drei Lagen

Tabelle M.13: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Baufurniersperrholz nach DIN 68705-5 ¹⁾

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Beanspruchung	parallel zur Faserrichtung der Deckfurniere					rechtwinklig zur Faserrichtung der Deckfurniere				
Klasse	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Festigkeitskennwerte in N/mm²										
Plattenbeanspruchung										
Biegung $f_{m,k}$	40	45	51	58	66	38	33	27	18	11
Schub $f_{v,k}$	3,5					3,5				
Scheibenbeanspruchung										
Biegung $f_{m,k}$	29	36	36	43	36	31	29	24	20	24
Zug $f_{t,k}$	29	36	36	43	36	31	29	24	20	24
Druck $f_{c,k}$	21	26	26	31	26	22	21	17	14	17
Schub $f_{v,k}$ ²⁾	11 (8)					11 (8)				
Steifigkeitskennwerte in N/mm²										
Plattenbeanspruchung										
Elastizitätsmodul E_{mean}	5900	6600	7400	8700	9600	4000	3800	2850	1500	650
Schubmodul G_{mean}	400					400				
Scheibenbeanspruchung										
Elastizitätsmodul E_{mean}	4400	5500	5500	6600	5500	4700	4400	3650	3000	3700
Schubmodul G_{mean}	700					700				
Rohdichtekennwerte in kg/m³										
Rohdichte ρ_k	600									

¹⁾ Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeitskennwerte (5%-Fraktilen) und Steifigkeitskennwerte (50%-Fraktilen) von beliebig aufgebautem Baufurniersperrholz aus Buche nach DIN 68705-5 dürfen für Beanspruchungen auf Biegung, Zug und Druck auch nach Beiblatt 1 zu DIN 68705-5 mit den dort angegebenen Aufbaufaktoren (Abschnitt 1) und Berechnungsformeln (Tabelle 1) bestimmt werden. Anstelle der dort aufgeführten Mindestbasiswerte (Abschnitt 2 und Tabelle 1) sind dabei jedoch folgende Werte zu verwenden:

für die Biege- und die Zugfestigkeit: 77 N/mm²,
 für die Druckfestigkeit: 58 N/mm²,
 für den Elastizitätsmodul (Biegung, Druck und Zug): 11000 N/mm².

²⁾ Die Werte in Klammern () gelten für Baufurniersperrholz mit nur drei Lagen.

Tabelle M.14: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für OSB-Platten, Plattentyp OSB/3 nach DIN EN 300

1	2	3	4	5	6	7
Beanspruchung	parallel zur Spanrichtung der Deckschicht			rechtwinklig zur Spanrichtung der Deckschicht		
Nennstärke der Platten in mm	8 bis 10	>10 bis 18	>18 bis 25	8 bis 10	>10 bis 18	>18 bis 25
Festigkeitskennwerte in N/mm²						
Plattenbeanspruchung						
Biegung $f_{m,k}$	15,0	13,0	12,0	7,5	6,5	6,0
Schub $f_{v,k}$	1,6			0,8		
Scheibenbeanspruchung						
Biegung $f_{m,k}$	11,4	10,0	8,4	5,7	5,0	4,2
Zug $f_{t,k}$	10,0	9,0	8,0	5,0	4,5	4,0
Druck $f_{c,k}$	12,0	11,0	10,0	6,0	5,5	5,0
Schub $f_{v,k}$	7,2			3,6		
Steifigkeitskennwerte N/mm²						
Plattenbeanspruchung						
Elastizitätsmodul E_{mean}	3750	3300	2800	1850	1650	1400
Schubmodul G_{mean}	200			100		
Scheibenbeanspruchung						
Elastizitätsmodul E_{mean}	2200	2000	1700	1100	1000	1850
Schubmodul G_{mean}	1100	1000	850	550	500	430
Rohdichtekennwerte in kg/m³						
Rohdichte ρ_k	650	600	550	650	600	550

Tabelle M.15: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für OSB-Platten, Plattentyp OSB/4 nach DIN EN 300

1	2	3	4	5	6	7
Beanspruchung	parallel zur Spanrichtung der Deckschicht			rechtwinklig zur Spanrichtung der Deckschicht		
Nennstärke der Platten in mm	8 bis 10	>10 bis 18	>18 bis 25	8 bis 10	>10 bis 18	>18 bis 25
Festigkeitskennwerte in N/mm²						
Plattenbeanspruchung						
Biegung $f_{m,k}$	18,7	16,6	14,6	9,4	8,3	7,3
Schub $f_{v,k}$	2,0			1,0		
Scheibenbeanspruchung						
Biegung $f_{m,k}$	14,4	12,6	10,6	7,2	6,3	5,3
Zug $f_{t,k}$	12,6	11,4	10,0	6,3	5,7	5,0
Druck $f_{c,k}$	15,0	13,8	12,6	7,5	6,9	6,3
Schub $f_{v,k}$	9,0			4,5		
Steifigkeitskennwerte in N/mm²						
Plattenbeanspruchung						
Elastizitätsmodul E_{mean}	4700	4200	3500	2350	7100	1750
Schubmodul G_{mean}	250			125		
Scheibenbeanspruchung						
Elastizitätsmodul E_{mean}	2760	2500	2100	1380	1250	1050
Schubmodul G_{mean}	1400	1260	1100	700	630	550
Rohdichtekennwerte in kg/m³						
Rohdichte ρ_k	800	750	700	800	750	700

Tabelle M.16: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kunstharzgebundene Holzspanplatten nach DIN 68763

	1	2	3	4	5	6	7
1	Nennstärke der Platten in mm	≤ 13	> 13 bis 20	> 20 bis 25	> 25 bis 32	> 32 bis 40	> 40 bis 50
Festigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
2	Biegung $f_{m,k}$	15,0	13,3	11,7	10,0	8,3	6,7
3	Schub $f_{v,k}$	1,6			1,2		
Scheibenbeanspruchung							
4	Biegung $f_{m,k}$	11,4	10,0	8,4	7,0	6,0	5,0
5	Zug $f_{t,k}$	10,0	9,0	8,0	7,0	6,0	5,0
6	Druck $f_{c,k}$	12,0	11,0	10,0	9,0	8,0	7,0
7	Schub $f_{v,k}$	7,2			4,8		
Steifigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
8	Elastizitätsmodul E_{mean}	3750	3300	2800	2550	1900	1400
9	Schubmodul G_{mean}	200			100		
Scheibenbeanspruchung							
10	Elastizitätsmodul E_{mean}	2200	2000	1700	1400	1100	900
11	Schubmodul G_{mean}	1100	1000	850	700	550	450
Rohdichtekennwerte in kg/m³							
12	Rohdichte ρ_k	650	600	550		500	

Tabelle M.17: Rechenwerte für die charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für zementgebundene Holzspanplatten nach DIN EN 634

	1	2
1	Nennstärke der Platten in mm	alle Dicken von 8 bis 30 mm
Festigkeitskennwerte in N/mm²		
Plattenbeanspruchung		
2	Biegung $f_{m,k}$	9
3	Schub $f_{v,k}$	2
Scheibenbeanspruchung		
4	Biegung $f_{m,k}$	8
5	Zug $f_{t,k}$	2,5
6	Druck $f_{c,k}$	11,5
7	Schub $f_{v,k}$	6,5
Steifigkeitskennwerte in N/mm²		
Plattenbeanspruchung		
8	Elastizitätsmodul E_{mean}	4500
Scheibenbeanspruchung		
9	Elastizitätsmodul E_{mean}	4500
10	Schubmodul G_{mean}	1500
Rohdichtekennwerte in kg/m³		
11	Rohdichte ρ_k	1000

Tabelle M.18: Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Holzfaserplatten nach DIN 68754-1

	1		2	3	4
1	Plattentyp		Typ HFH (harte Platten)		Typ HFM (mittelharte Platten)
2	Nennstärke der Platten in mm		4	> 4	5 bis 16
Festigkeitskennwerte in N/mm²					
Plattenbeanspruchung					
3	Biegung	$f_{m,k}$	33	25	10
4	Schub	$f_{v,k}$	2	2	1,5
Scheibenbeanspruchung					
5	Biegung	$f_{m,k}$	22	16	8
6	Zug	$f_{t,k}$	20	16	8
7	Druck	$f_{c,k}$	20	16	8
8	Schub	$f_{v,k}$	7,5	7,5	4
Steifigkeitskennwerte in N/mm²					
Plattenbeanspruchung					
9	Elastizitätsmodul	E_{mean}	4700	4100	1750
10	Schubmodul	G_{mean}	200	200	100
Scheibenbeanspruchung					
11	Elastizitätsmodul	E_{mean}	2500	2000	1000
12	Schubmodul	G_{mean}	1250	1000	500

Tabelle M.19: Rechenwerte für die Verhältnisse der mittleren Steifigkeitswerte von Flächen aus Nadelholzlamellen

	1	2	3	4
1	Lamellen	E_y / E_x	G_{yz} / E_x G_{xy} / E_x	G_{yz} / G_{xz}
2	genagelt	0	0,02	0,1
	vorgespannt			
3	sägerauh	0,015	0,03	0,1
4	gehobelt	0,02	0,04	0,1
5	geklebt	0,03	0,06	0,1

Tabelle M.20: Rechenwerte für charakteristische Festigkeitskennwerte in N/mm^2 für Klebfugen bei Verstärkungen

1	2	3		
1		Wirksame Einkleblänge l_{ad} des Stahlstabes		
		$\leq 250 \text{ mm}$	$250 \text{ mm} < l_{ad} \leq 500 \text{ mm}$	$500 \text{ mm} < l_{ad} \leq 1000 \text{ mm}$
2	$f_{k1,k}$ Klebfuge zwischen Stahlstab und Bohrlochwandung	4,0	$5,25 - 0,005 l_{ad}$	$3,5 - 0,0015 l_{ad}$

3	$f_{k2,k}$ Klebfuge zwischen Trägeroberfläche und Verstärkungsplatte	0,75
---	----------------------------------------------------------------------	------

Anhang V (normativ)

Angaben für Verbindungsmittel und Verbindungen

V.1 Verschiebungsmoduln für stiftförmige metallische Verbindungsmittel und Dübel besonderer Bauart

Tabelle V.1: Rechenwerte für die Verschiebungsmoduln K_{Ser} in N/mm
je Scherfuge stiftförmiger Verbindungsmittel und je Dübel besonderer Bauart

	1	2
1	Verbindungsmittel	Verbindung Holz-Holz, Holz-Holzwerkstoff, Stahl-Holz
2	Stabdübel, Bolzen, Gewindestangen 1)	$\frac{\rho_k^{1,5}}{20} \cdot d$
3	Holzschrauben	$\frac{\rho_k^{1,5}}{20} \cdot d$
4	Nägeln in vorgebohrten Nagellöchern	$\frac{\rho_k^{1,5}}{20} \cdot d$
5	Nägeln in nicht vorgebohrten Nagellöchern	$\frac{\rho_k^{1,5}}{25} \cdot d^{0,8}$
6	Klammern	$\frac{\rho_k^{1,5}}{60} \cdot d^{0,8}$
7	Scheibendübel Typ A1, B1	$0,6 \cdot d_c \cdot \rho_k$
8	Scheibendübel mit Zähnen Typ C1 bis C5	$0,3 \cdot d_c \cdot \rho_k$
9	Scheibendübel mit Zähnen Typ C10, C11	$0,45 \cdot d_c \cdot \rho_k$

ρ_k charakteristische Rohdichte der miteinander verbundenen Teile in kg/m^3

$\rho_k = \sqrt{\rho_{k,1} \cdot \rho_{k,2}}$ bei unterschiedlichen Werten $\rho_{k,1}$ und $\rho_{k,2}$ der charakteristischen Rohdichte der beiden miteinander verbundenen Teile

$\rho_k = \rho_{k,\text{Holz}}$ bei Stahl-Holz-Verbindungen

d Stiftdurchmesser in mm

d_c Dübelndurchmesser in mm; bei Dübeltyp C3 und C4 ist $d_c = \sqrt{a_1 \cdot a_2}$.

(1) Bei mit Spiel eingebauten Bolzen- und Gewindestangen (nicht bei eingeklebten Gewindestangen und Passbolzen) ist mit einem zusätzlichen Schlupf von 1 mm zu rechnen. Daher ist zu den mit Hilfe des Verschiebungsmoduls ermittelten rechnerischen Verschiebungen jeweils ein Anteil von 1 mm hinzuzurechnen.

V.2 Genauere Nachweisverfahren zur Ermittlung der Rechenwerte der charakteristischen Tragfähigkeit auf Abscheren von Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln

V.2.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt enthält genauere Nachweisverfahren für die Ermittlung der Rechenwerte von charakteristischen Tragfähigkeiten R_k pro Scherfuge und Verbindungsmittel (siehe **Abschnitt 10.2.1 (2)**). Diese Werte dürfen anstelle der Werte nach Abschnitt 10.2 in Rechnung gestellt werden.

(2) Zur Berechnung der Bemessungswerte aus den charakteristischen Werten der Tragfähigkeit ist der jeweilige Versagensfall durch die Wahl des entsprechenden Teilsicherheitsbeiwertes γ_M zu berücksichtigen.

(3) Bei der Ermittlung der Bemessungswerte der Tragfähigkeiten sind die nachstehend aufgeführten Teilsicherheitsbeiwerte γ_M in Rechnung zu stellen:

für die Versagensmechanismen der Typen V.1, V.2, V.3, V.7, V.8, V.11, V.13, V.16, V.19 und V.21:

$$\gamma_M = 1,3$$

für die Versagensmechanismen der Typen V.4, V.5, V.9, V.12, V.14, V.17 und V.20:

$$\gamma_M = 1,2$$

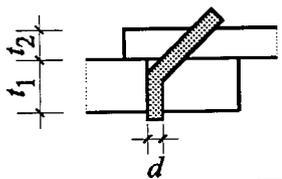
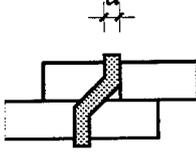
für die Versagensmechanismen der Typen V.6, V.10, V.15, V.18 und V.22:

$$\gamma_M = 1,1.$$

V.2.2 Einschnittige Verbindungen von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen

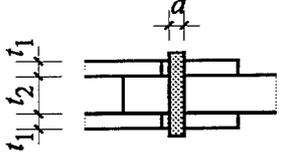
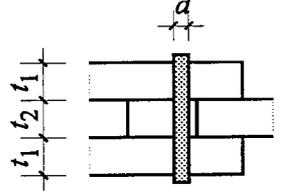
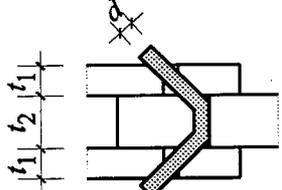
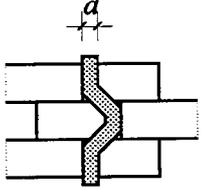
Tabelle V.2: Charakteristische Werte R_k pro Scherfuge von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen
 (der kleinste Wert ist maßgebend)

$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d$	(V.1)	
$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta$	(V.2)	
$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \left\{ \sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right\}$	(V.3)	
$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right]$	(V.4)	

$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (1 + 2\beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] \quad (V.5)$	
$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (V.6)$	

V.2.3 Zweischnittige Verbindungen von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen

Tabelle V.3: Charakteristische Werte R_k pro Scherfuge von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen
(der kleinste Wert ist maßgebend)

$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad (V.7)$	
$R_k = 0,5 \cdot f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \quad (V.8)$	
$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \quad (V.9)$	
$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (V.10)$	

V.2.4 Einschnittige Stahlblech-Holz-Verbindungen

Tabelle V.4: Charakteristische Werte R_k für Blechdicke $t \leq 0,5 \cdot d$
 (der kleinere Wert ist maßgebend)

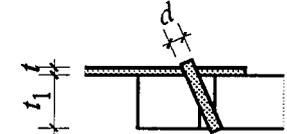
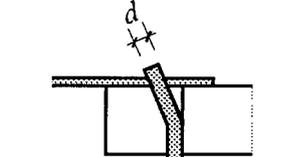
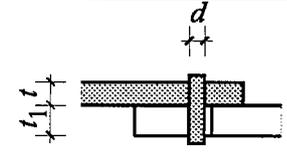
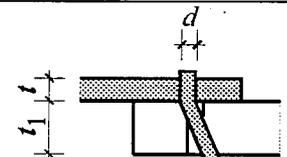
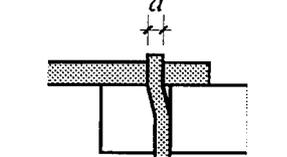
$R_k = (\sqrt{2} - 1) \cdot f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad (V.11)$	
$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k}} \cdot d \quad (V.12)$	

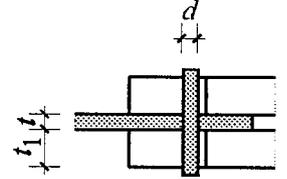
Tabelle V.5: Charakteristische Werte R_k für Blechdicke $t \geq d$
 (der kleinste Wert ist maßgebend)

$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad (V.13)$	
$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \quad (V.14)$	
$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k}} \cdot d \quad (V.15)$	

Für $0,5 \cdot d < t < d$ darf geradlinig zwischen den Werten aus den Tabellen V.4 und V.5 interpoliert werden.

V.2.5 Zweischnittige Stahlblech-Holz-Verbindungen

Tabelle V.6: Charakteristische Werte R_k pro Scherfuge für Mittelteil aus Stahlblech
 (der kleinste Wert ist maßgebend)

$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad (V.16)$	
--------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

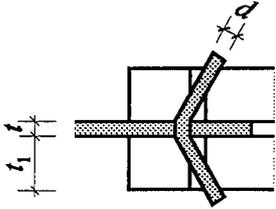
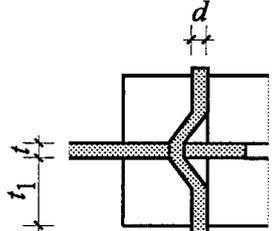
$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \quad (\text{V.17})$	
$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (\text{V.18})$	

Tabelle V.7: Charakteristischer Wert R_k pro Scherfuge für Seitenteile aus dünnem Stahlblech ($t \leq 0,5 \cdot d$)
(der kleinere Wert ist maßgebend)

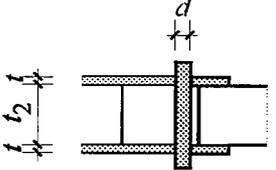
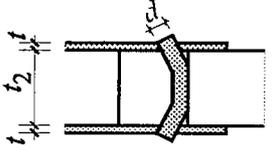
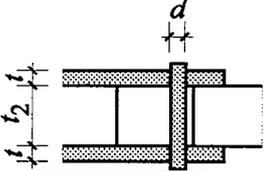
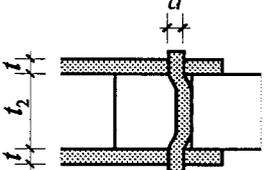
$R_k = 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \quad (\text{V.19})$	
$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \quad (\text{V.20})$	

Tabelle V.8: Charakteristische Werte R_k pro Scherfuge für Seitenteile aus dickem Stahlblech ($t \geq d$)
(der kleinere Wert ist maßgebend)

$R_k = 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \quad (\text{V.21})$	
$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \quad (\text{V.22})$	

Für $0,5 \cdot d < t < d$ darf geradlinig zwischen den Werten aus den Tabellen V.7 und V.8 interpoliert werden.

V.3 Kenngrößen für stiftförmige metallische Verbindungsmittel

V.3.1 Stabdübel

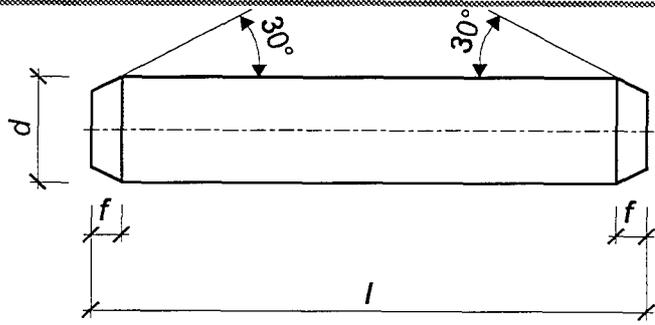
(1) Stabdübel sollten aus Stahl S 235, S 275 oder S 355 nach DIN EN 10025 bestehen. Die charakteristischen Festigkeiten $f_{u,k}$ sind in **Tabelle V.9** angegeben.

Tabelle V.9: Charakteristische Festigkeiten für Stabdübel

	1	2
1	Stahlsorte nach DIN EN 10025	charakteristische Festigkeit $f_{u,k}$ N/mm ²
2	S 235	360
3	S 275	430
4	S 355	510

(2) Vorzugsmaße für Stabdübel sind in **Tabelle V.10** angegeben. Längen sind zu je 5 mm gestuft möglich.

Tabelle V.10: Vorzugsmaße für Stabdübel



	1	2
1	Durchmesser d (mm)	Abfasung f (mm)
2	8	1
3	10	1,5
4	12	2
5	14	2
6	16	2,5
7	20	3
8	24	3,5

V.3.2 Bolzen

(1) Bolzen sollten aus Stahl mindestens der Festigkeitsklasse 3.6 nach DIN EN 20898-1 bestehen. Die charakteristischen Festigkeiten $f_{u,k}$ sind in **Tabelle V.11** angegeben.

Tabelle V.11: Charakteristische Festigkeiten für Bolzen

	1	2
1	Festigkeitsklasse nach DIN EN 20898-1	charakteristische Festigkeit $f_{u,k}$ N/mm ²
2	3.6	300
3	4.6 und 4.8	400
4	5.6 und 5.8	500

V.3.3 Gewindestangen

(1) Gewindestangen im Sinne dieser Norm sind Gewindebolzen mit metrischem Gewinde nach DIN 976-1. Die charakteristischen Festigkeiten $f_{u,k}$ sind in **Tabelle V.12** angegeben.

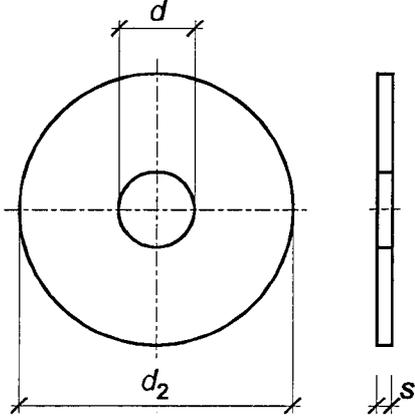
Tabelle V.12: Charakteristische Festigkeiten für Gewindestangen

	1	2
1	Festigkeitsklasse nach DIN EN 20898-1	charakteristische Festigkeit $f_{u,k}$ N/mm ²
2	4.8	400
3	5.8	500
4	8.8	800

V.3.4 Scheiben

(1) Vorzugsmaße für Scheiben aus Stahl für die Verwendung als Unterlegscheiben in Bolzenverbindungen sind in **Tabelle V.13** angegeben.

Tabelle V.13: Vorzugsmaße für Scheiben



	1	2	3	4
1	Innendurchmesser d mm	Außendurchmesser d_2 mm	Scheibendicke s mm	zu verwenden für Schraubenbolzen
2	14	58	6	M12
3	18	68	6	M16
4	22	80	8	M20
5	25	92	8	M22
6	27	105	8	M24

V.4 Anforderungen an Dübel besonderer Bauart

V.4.1 Allgemeines

- (1) Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart sind nach **Abschnitt 11.3** zu bemessen. Dabei wird unterschieden nach Verbindungen mit
 - Ring- und Scheibendübeln mit den Typenbezeichnungen A 1 und B 1,
 - Scheibendübel mit Zähnen mit den Typenbezeichnungen C 1, C 2, C 3, C 4, C 5, C 10 und C 11.
- (2) Die Typenbezeichnungen nach Absatz (1) entsprechen den Bezeichnungen nach DIN EN 912.
- (3) Voraussetzung für die Anwendung der Bemessungsverfahren nach Abschnitt 11.3 ist, dass die Dübel besonderer Bauart hinsichtlich ihrer Gestalt und Maße sowie ihres Werkstoffs die nachstehenden Anforderungen erfüllen.

V.4.2 Ringdübel des Typs A 1

- (1) Ringdübel des Typs A 1 (siehe **Bild V.1**) sind geschlossene Ringdübel mit einer linsenförmigen Querschnittsfläche. Die Maße müssen der **Tabelle V.14** entsprechen.
- (2) Ringdübel des Typs A 1 werden aus Aluminium - Gusslegierung EN AC-AISi9Cu3(Fe) nach DIN EN 1706 hergestellt.

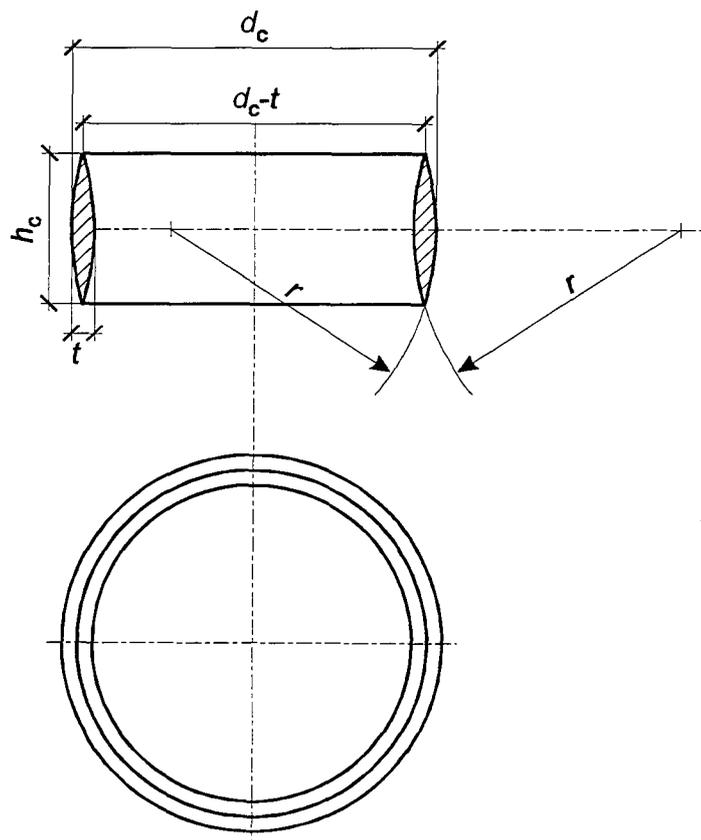


Bild V.1: Ringdübel des Typs A 1

Tabelle V.14: Maße der Ringdübel des Typs A 1

	1	2	3	4	5
1	Durchmesser d_c	Höhe h_c	Einlasstiefe h_e	Dicke t	Radius $\approx r$
2	65	30	15	5	50
3	80	30	15	6	50
4	95	30	15	6	60
5	126	30	15	6	60
6	128	45	22,5	8	60
7	160	45	22,5	10	60
8	190	45	22,5	10	60

Abmaße für sämtliche Maße: $\pm 0,5$

Maße in Millimeter

V.4.3 Scheibendübel des Typs B 1

(1) Scheibendübel des Typs B 1 (siehe **Bild V.2**) sind Dübel, die aus einer kreisrunden Scheibe mit umlaufendem Flansch und einer zylindrischen Nabe mit einem konzentrischen Bolzenloch in der Scheibenmitte bestehen. Der Flansch und die Nabe befinden sich auf gegenüberliegenden Flächen der Scheibe. Jeder Dübel besitzt auf gegenüberliegenden Seiten des Bolzenloches zwei durch die Scheibe durchgehende Schraubenlöcher. Die Maße müssen der **Tabelle V.15** entsprechen.

(2) Scheibendübel des Typs B 1 werden aus Aluminium - Gusslegierung EN AC-AISI9Cu3(Fe) nach DIN EN 1706 hergestellt

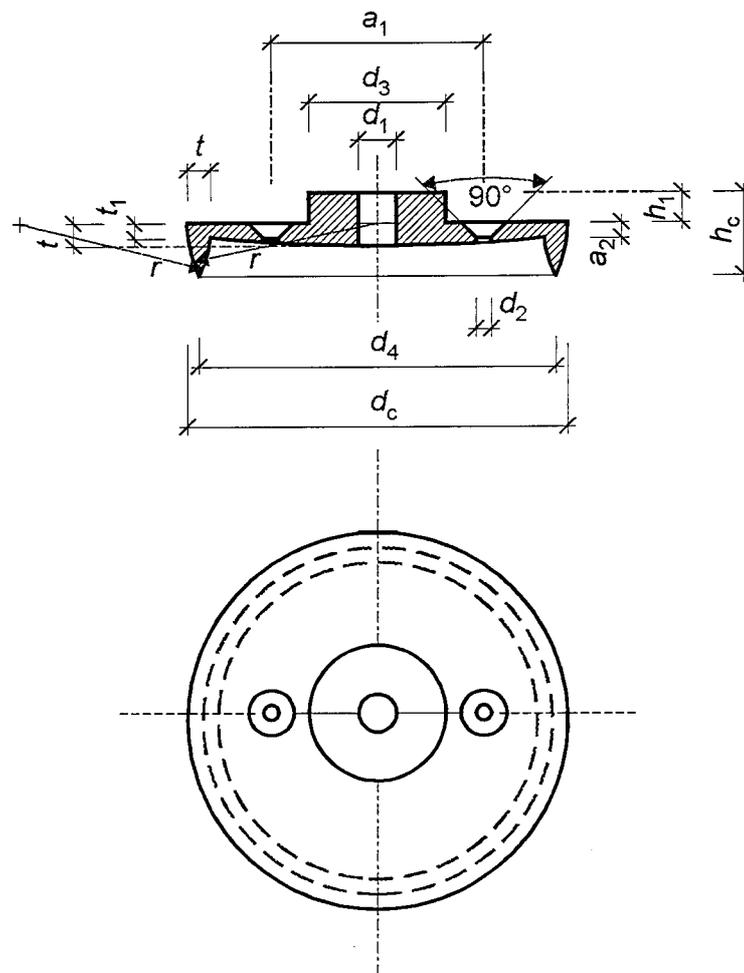


Bild V.2: Scheibendübel des Typs B 1

Tabelle V.15: Maße der Scheibendübel des Typs B 1

	1	2	3	4	5	6	7
1	Scheibendurchmesser d_c	Einlass-tiefe h_e	Gesamthöhe h_c	größte Dicke von Scheibe und Flansch t	kleinste Scheibendicke t_1	Durchmesser des Mitteloches d_1	Schraubenloch-durchmesser d_2
2	65	15	23	5	3,5	13	6,5
3	80	15	23	6	3,5	13	6,5
4	95	15	23	6	4,5	13	6,5
5	128	22,5	32,5	7,5	4,5	13	6,5
6	160	22,5	34,5	9	4,5	16,5	6,5
7	190	22,5	34,5	9	6	16,5	6,5

	1	8	9	10	11	12	13
1	Scheiben- durchmesser d_c	Außen- durchmesser der Nabe d_3	Flansch- durchmesser d_4	Radius $\approx r$	Höhe der Nabe oberhalb der Scheibe h_1	Schrauben- lochabstand a_1	Versenk- maß a_2
2	65	22,5	60	50	8	42	3
3	80	25,5	74	50	8	46	3
4	95	33,5	89	60	8	55	3
5	128	45	120	60	10	74	4
6	160	50	150	60	12	108	4
7	190	60	180	60	12	129,5	4

Abmaße für sämtliche Maße: $\pm 0,5$

Maße in Millimeter

V.4.4 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1

(1) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1 (siehe **Bild V.3**) sind zweiseitige Dübel, die aus einer kreisförmigen Scheibe bestehen, deren Ränder derart eingeschnitten und aufgebogen sind, dass auf den gegenüberliegenden Seiten wechselweise dreieckförmige Zähne unter 90° zur Scheibenfläche hervorstehen. Die Zähne sind gleichmäßig über den Scheibenumfang und, bei Dübeln mit einem Durchmesser $d_c \geq 95$ mm, über den Bolzenlochumfang in der Scheibenmitte verteilt. Jede Scheibe besitzt zwischen dem Scheibenmittelpunkt und dem Scheibenrand auf gegenüberliegenden Seite des Bolzenloches zwei Nagellöcher. Die Maße müssen der **Tabelle V.16** entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1 werden aus Stählen mit Eignung zum Kaltumformen hergestellt. Der Werkstoff muss der Stahlsorte DC01 + C390 (Werkstoffnummer: 1.0330) nach DIN EN 10139 oder der Stahlsorte H320M nach DIN EN 10268 entsprechen. Zusätzlich muss die Mindestdehnung des Werkstoffs 10 % betragen.

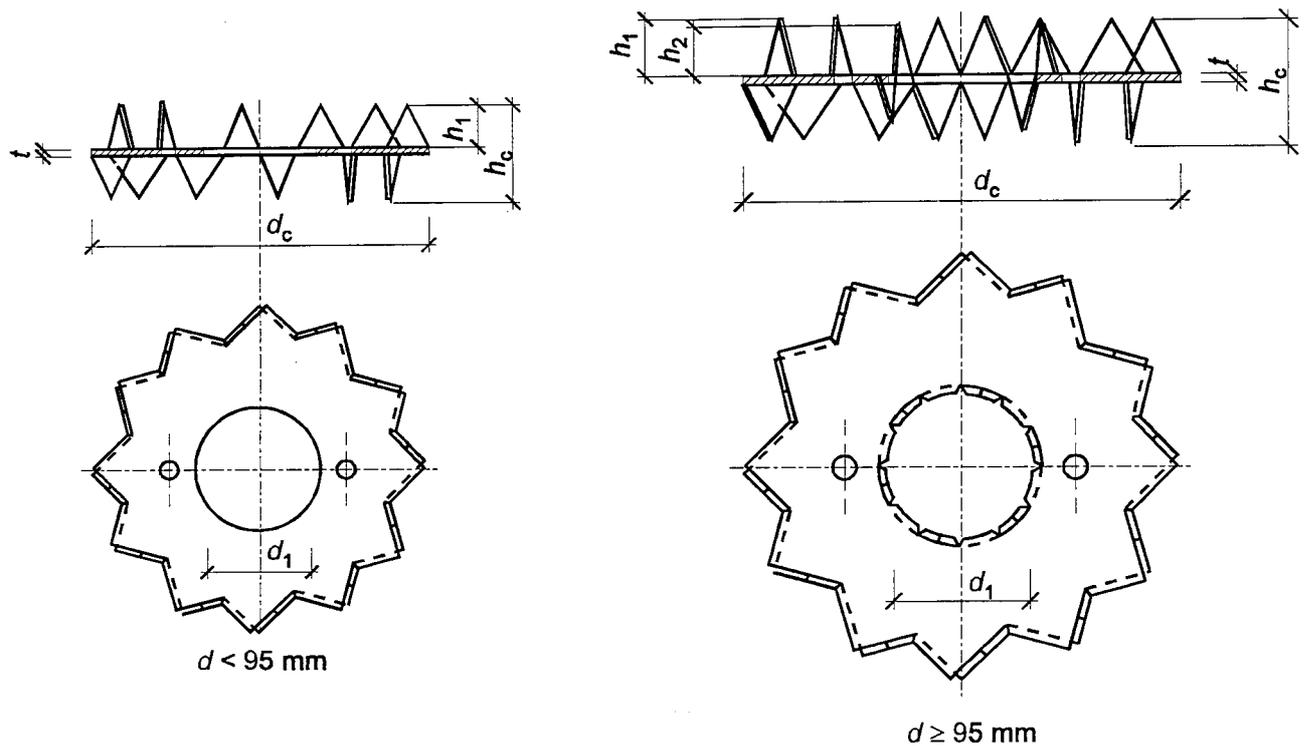


Bild V.3: Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1

Tabelle V.16: Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Durchmesser d_c	Höhe h_c	Einpress- tiefe h_e	Dicke ¹⁾ t	Durchmesser des Mittelloches d_1	Anzahl der äußeren Zähne	Anzahl der inneren Zähne	Höhe der inneren Zähne ²⁾ h_2
2	50	13	6,0	1,0	17	24	-	-
3	62	16	7,4	1,2	21	24	-	-
4	75	19,5	9,1	1,25	26	24	-	-
5	95	24	11,3	1,35	33	24	12	9,5
6	117	30	14,3	1,5	48	24	12	12,5
7	140	31	14,7	1,65	58	28	14	10,5
8	165	33	15,6	1,8	68	32	16	11,0

¹⁾ Dicke ohne Zinküberzug;

²⁾ Höhe der äußeren Zähne $h_1 = h_e$

Abmaße: Dicke t nach DIN EN 10131
übrige Maße $\pm 0,8$

Maße in Millimeter

V.4.5 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2

(1) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2 (siehe Bild V.4) sind einseitige Dübel, die aus einer kreisrunden Scheibe bestehen, deren Ränder derart eingeschnitten und aufgebogen sind, dass auf einer Scheiben-seite dreieckförmige Zähne unter 90° zur Scheibenfläche hervorstehen. Die Zähne sind gleichmäßig um den Scheibenumfang und, bei Dübeln mit einem Durchmesser $d_c \geq 95$ mm, zusätzlich zwischen dem Scheibenumfang und dem Bolzenloch in der Scheibenmitte verteilt. Am Bolzenlochrand steht zur selben Seite

wie die Zähne ein Flansch hervor. Jede Scheibe besitzt zwischen dem Scheibenmittelpunkt und dem Scheibenrand auf gegenüberliegenden Seiten des Bolzenloches zwei Nagellöcher. Die Maße müssen der **Tabelle V.17** entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2 werden aus Stählen mit Eignung zum Kaltumformen hergestellt. Der Werkstoff muss der Stahlsorte DC01 + C390 (Werkstoffnummer: 1.0330) nach DIN EN 10139 oder der Stahlsorte H320M nach DIN EN 10268 entsprechen. Zusätzlich muss die Mindestdehnung des Werkstoffs 10 % betragen.

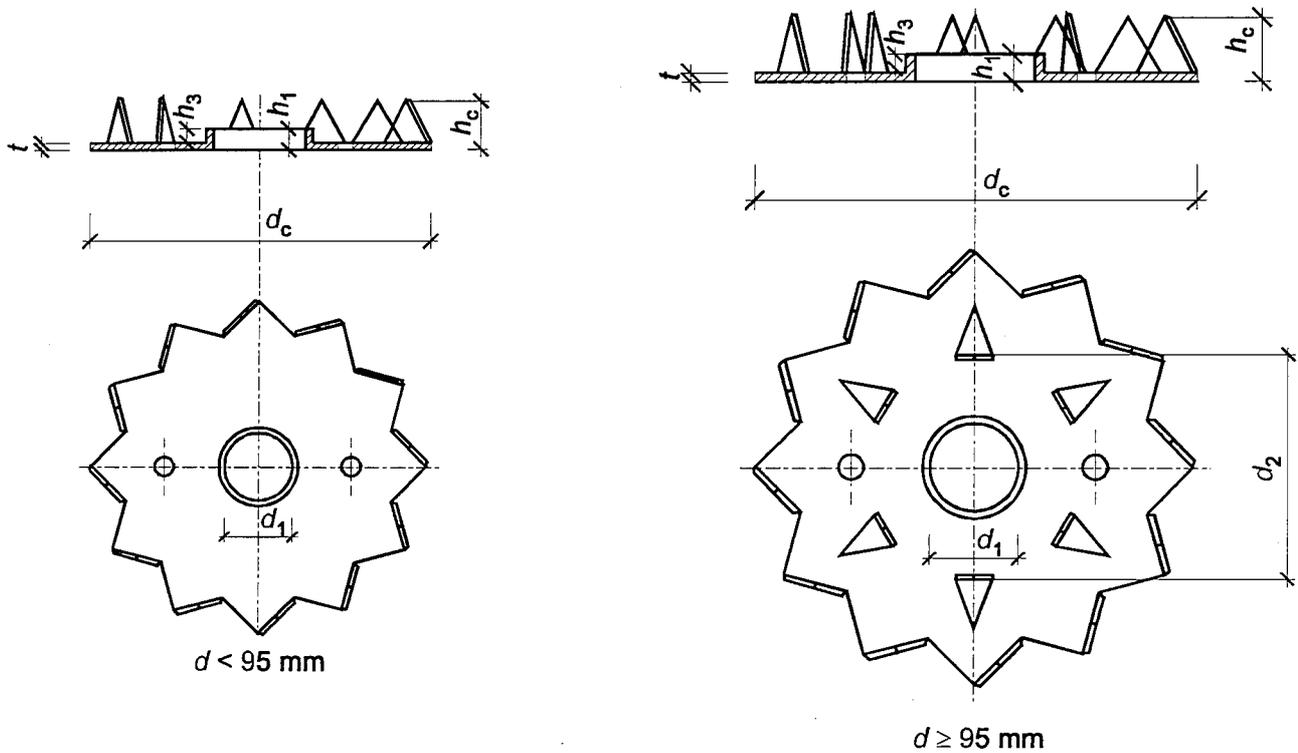


Bild V.4: Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2

Tabelle V. 17: Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Durchmesser d_c	Höhe h_c	Einpress- tiefe h_e	Dicke ¹⁾ t	Durchmesser des Mittelloches d_1	Flansch- höhe h_3	Anzahl der äußeren Zähne -	Anzahl der inneren Zähne -	Durch- messer des inneren Zahnkreises d_2
2	50	6,6	5,6	1,0	10,4; 12,4; 16,4; 20,4	4	12	-	-
3	62	8,7	7,5	1,2	12,4; 16,4; 20,4	4	12	-	-
4	75	10,4	9,2	1,25	12,4; 16,4; 20,4; 22,4; 24,4	4	12	-	-
5	95	12,7	11,4	1,35	16,4; 20,4; 22,4; 24,4	4	12	6	49
6	117	16,0	14,5	1,5	16,4; 20,4; 22,4; 24,4	4	12	6	58

¹⁾ Dicke ohne Zinküberzug

Abmaße: Dicke t nach DIN EN 10131
 Durchmesser d_1 + 0,3/-0,0
 übrige Maße ± 0,8

Maße in Millimeter

V.4.6 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3

(1) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3 (siehe Bild V.5) sind zweiseitige Dübel besonderer Bauart, die aus einer ovalen Scheibe bestehen, deren Ränder derart eingeschnitten und aufgebogen sind, dass auf den gegenüberliegenden Seiten wechselweise dreieckförmige Zähne unter 90° zur Scheibenfläche hervorstehen. Es müssen 28 Zähne sein. Die Höhe von je sechs Zähnen, die mittig an den längeren Scheibenrändern angeordnet sind, ist geringer als die Höhe der übrigen Zähne. Jede Scheibe besitzt drei durchgehende Löcher, und zwar ein größeres in der Scheibenmitte und zwei kleinere zwischen der Scheibenmitte und dem Scheibenrand auf gegenüberliegenden Seiten des Mitteloches in der längeren Richtung. Die Maße müssen Tabelle V.18 entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3 werden aus Stählen mit Eignung zum Kaltumformen hergestellt. Der Werkstoff muss der Stahlsorte DC01 + C390 (Werkstoffnummer: 1.0330) nach DIN EN 10139 oder der Stahlsorte H320M nach DIN EN 10268 entsprechen. Zusätzlich muss die Mindestdehnung des Werkstoffs 10 % betragen.

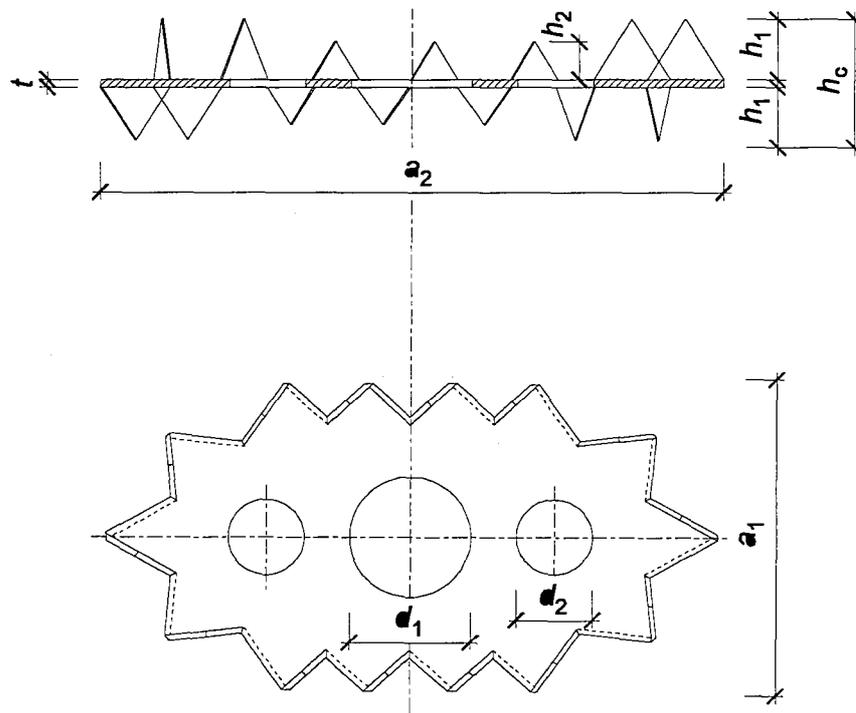


Bild V.5: Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3

Tabelle V.18: Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Maße	Höhe	Einpresstiefe	Dicke	Durchmesser des Mitteloches	Durchmesser der Seitenlöcher	Zahnhöhe	Zahnhöhe
	$a_1 \times a_2$	h_c	h_e	t	d_1	d_2	h_1	h_2
2	73 x 130	28	13,25	1,5	26	16	13,25	8

Abmaße: Dicke t nach DIN EN 10131
übrige Maße: $\pm 0,8$

Als Rechenwert für d_c ist zu verwenden: $d_c = \sqrt{a_1 \cdot a_2}$

V.4.7 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4

(1) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4 (siehe **Bild V.6**) sind einseitige Dübel besonderer Bauart, die aus einer ovalen Scheibe bestehen, deren Ränder derart eingeschnitten und aufgebogen sind, dass auf einer Scheibenseite dreieckförmige Zähne unter 90° zur Scheibenfläche hervorstehen. Es müssen 14 Zähne sein. Die Höhe von je drei Zähnen, die mittig an den längeren Scheibenrändern angeordnet sind, ist geringer als die Höhe der übrigen Zähne. Jede Scheibe besitzt drei durchgehende Löcher, und zwar ein größeres in der Scheibenmitte und zwei kleinere zwischen der Scheibenmitte und dem Scheibenrand auf gegenüberliegenden Seiten des Mitteloches in der längeren Richtung. Am Rand des Mitteloches steht zur selben Seite wie die Zähne ein Flansch hervor. Die Maße müssen **Tabelle V.19** entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4 werden aus Stählen mit Eignung zum Kaltumformen hergestellt. Der Werkstoff muss der Stahlsorte DC01 + C390 (Werkstoffnummer: 1.0330) nach DIN EN 10139 oder der Stahlsorte H320M nach DIN EN 10268 entsprechen. Zusätzlich muss die Mindestdehnung des Werkstoffs 10 % betragen.

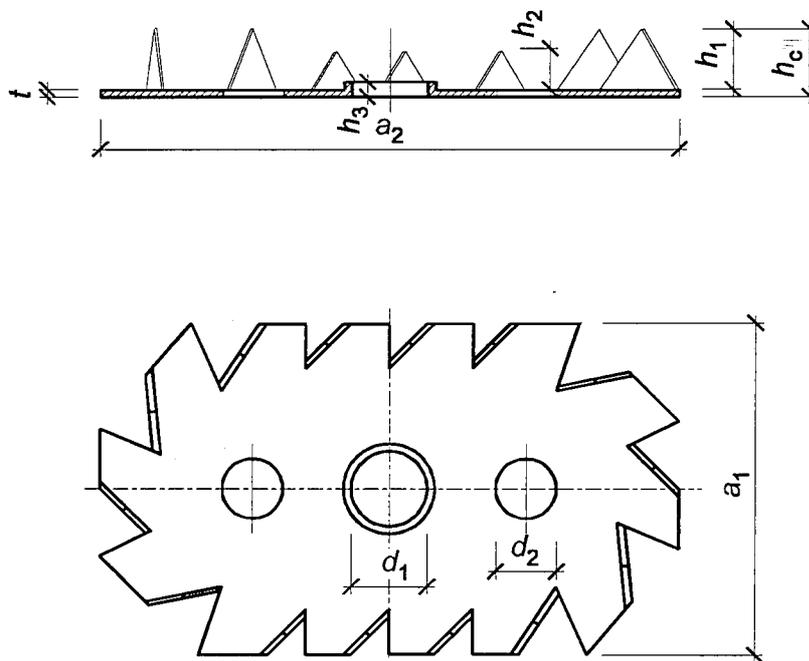


Bild V.6: Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4

Tabelle V.19: Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Maße $a_1 \times a_2$	Höhe h_c	Einpress- tiefe h_e	Dicke t	Durchmesser des Mitteloches d_1	Durchmesser der Seitenlöcher d_2	Zahnhöhe h_1	Zahnhöhe h_2	Flansch- höhe h_3
2	73 x 130	14,75	13,25	1,5	16,4; 20,4; 22,4; 24,4	16	13,25	8	4

Abmaße: Dicke t nach DIN EN 10131
 übrige Maße: $\pm 0,8$

Als Rechenwert für d_c ist zu verwenden: $d_c = \sqrt{a_1 \cdot a_2}$.

V.4.8 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5

(1) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5 (siehe **Bild V.7**) sind zweiseitige Dübel, die aus einer quadratischen Scheibe bestehen, deren Ränder derart eingeschnitten und aufgebogen sind, dass auf den entgegengesetzten Seiten wechselweise dreieckförmige Zähne unter 90° zur Scheibenfläche hervorstehen. Die Zähne sind gleichmäßig über den Scheibenumfang und über den Rand des quadratischen Loches in der Scheibenmitte verteilt. Jede Scheibe besitzt in jeder Scheibenecke ein Nagelloch. Die Maße müssen der **Tabelle V 20** entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5 werden aus Stählen mit Eignung zum Kaltumformen hergestellt. Der Werkstoff muss der Stahlsorte DC01 + C390 (Werkstoffnummer: 1.0330) nach DIN EN 10139 oder der Stahlsorte H320M nach DIN EN 10268 entsprechen. Zusätzlich muss die Mindestdehnung des Werkstoffs 10 % betragen.

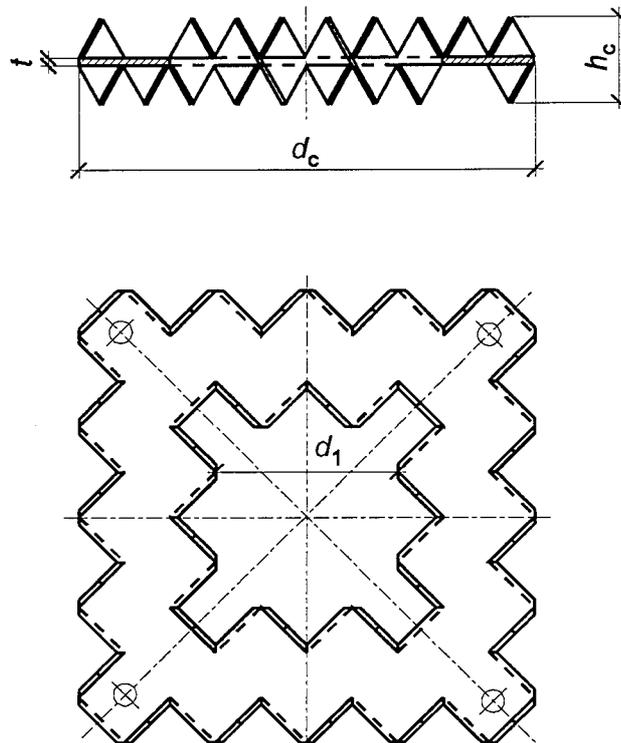


Bild V.7: Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5

Tabelle V.20: Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5

	1	2	3	4	5	6	7
1	Seitenlänge d	Höhe h_c	Einpresstiefe h_e	Dicke t	Innere Seitenlänge d_1	Anzahl der äußeren Zähne	Anzahl der inneren Zähne
2	100	16	7,3	1,35	40	36	20
3	130	20	9,25	1,5	52	36	20

Abmaße: Dicke t nach DIN EN 10131
übrige Maße $\pm 0,8$

Maße in Millimeter

Als Rechenwert für d_c ist die Seitenlänge d zu verwenden.

V.4.9 Scheibendübel mit Zähnen (Dornen) des Typs C 10

(1) Scheibendübel mit Zähnen (Dornen) des Typs C 10 (siehe **Bild V.8**) sind zweiseitige Dübel, die aus einem Scheibenring mit Zähnen (Dornen) auf beiden Seiten bestehen. Die Zähne sind gleichweit voneinander entfernt und entweder in einem oder in zwei Kreisen auf beiden Seiten des Scheibenrings angeordnet. Im Falle zweier Zahnkreise ist eine Hälfte der Zähne auf dem inneren und die andere Hälfte auf dem äußeren Kreis angeordnet, wobei die inneren Zähne gegenüber den äußeren jeweils versetzt sind. Die Zähne auf den beiden Seiten des Scheibenrings können entweder gegeneinander versetzt sein oder nicht. Die Zahnform entspricht einem Kegel mit abgestumpfter Spitze. Die Innenseite des Kegels kann unterhalb der abgestumpften Spitze leicht abgeflacht sein, am Kegelfuß jedoch um nicht mehr als 1,0 mm. Die Maße müssen der **Tabelle V.21** entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Zähnen (Dornen) des Typs C 10 werden aus Temperguss EN-GJMB-350-10 (Werkstoffnummer: EN-JM 1130) nach DIN EN 1562 hergestellt.

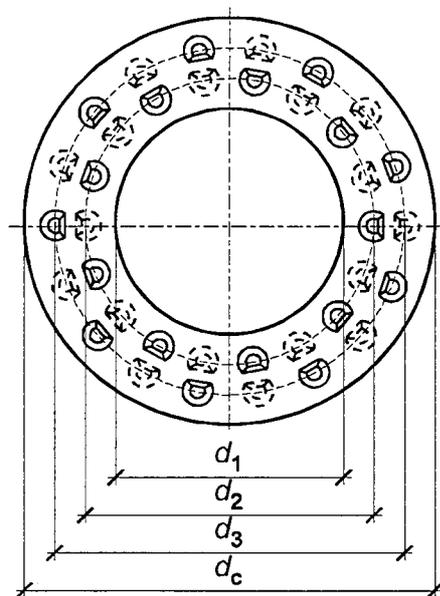
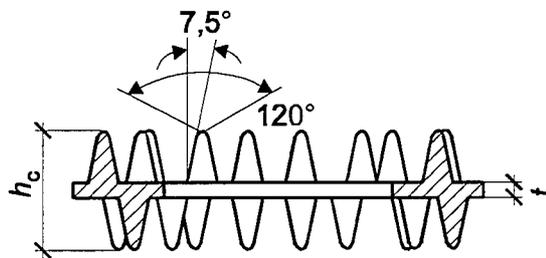


Bild V.8: Scheibendübel mit Zähnen (Dornen) des Typs C 10

Anmerkung:

Im Angussbereich der Dübel des Typs C 10 sind Stege mit einer Höhe von etwa 5 mm zwischen jeweils drei Zähnen pro Dübelseite zulässig.

Tabelle V.21: Maße der Scheibendübel mit Zähnen (Dornen) des Typs C 10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Durchmesser d_c	Höhe h_c	Einpress- tiefe h_e	Dicke t	Innendurch- messer des Scheibenring d_1	Durchmesser des inneren Zahnkreises d_2	Durchmesser des äußeren Zahnkreises d_3	Zahndurch- messer am Zahngrund d_4	Anzahl der Zähne je Seite
2	50	27	13,5	3	30,5	41	-	6	8 ¹⁾
3	65	27	13,5	3	35,5	48	58	6	14 ²⁾ 3)
4	80	27	13,5	3	49,5	60	70	6	18 ²⁾
5	95	27	13,5	3	65,5	76	88	6	24 ²⁾
6	115	27	13,5	3	85,5	95	108	6	32 ²⁾

¹⁾ auf einem Kreis angeordnet,

²⁾ auf zwei Kreisen angeordnet,

³⁾ die Zähne auf einer Seite sind gegenüber den Zähnen auf der anderen Seite nicht versetzt,

Abmaße: h_c und t : $\pm 0,5$,

für alle übrigen Maße: $\pm 0,8$.

Maße in Millimeter

V.4.10 Scheibendübel mit Zähnen (Dornen) des Typs C 11

(1) Scheibendübel mit Zähnen (Dornen) des Typs C 11 (siehe **Bild V.9**) sind einseitige Dübel, die aus einem Scheibenring mit Zähnen (Dornen) auf einer Scheibenseite bestehen. Die Zähne sind gleichweit voneinander entfernt und entweder in einem oder in zwei Kreisen auf einer Seite des Scheibenrings angeordnet. Im Falle zweier Zahnkreise ist eine Hälfte der Zähne auf dem inneren und die andere Hälfte auf dem äußeren Kreis angeordnet, wobei die inneren Zähne gegenüber den äußeren jeweils versetzt sind. Die Zahnform entspricht einem Kegel mit abgestumpfter Spitze. Die Innenseite des Kegels kann unterhalb der abgestumpften Spitze leicht abgeflacht sein, am Kegelfuß jedoch um nicht mehr als 1,0 mm. Jeder Dübel besitzt in seiner Mitte ein Bolzenloch mit einem umlaufenden Flansch, der auf derselben Scheibenseite hervorsteht wie die Zähne. Die Maße müssen der **Tabelle V.22** entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Zähnen (Dornen) des Typs C 11 werden aus Temperguss EN-GJMB-350-10 (Werkstoffnummer: EN-JM 1130) nach DIN EN 1562 hergestellt.

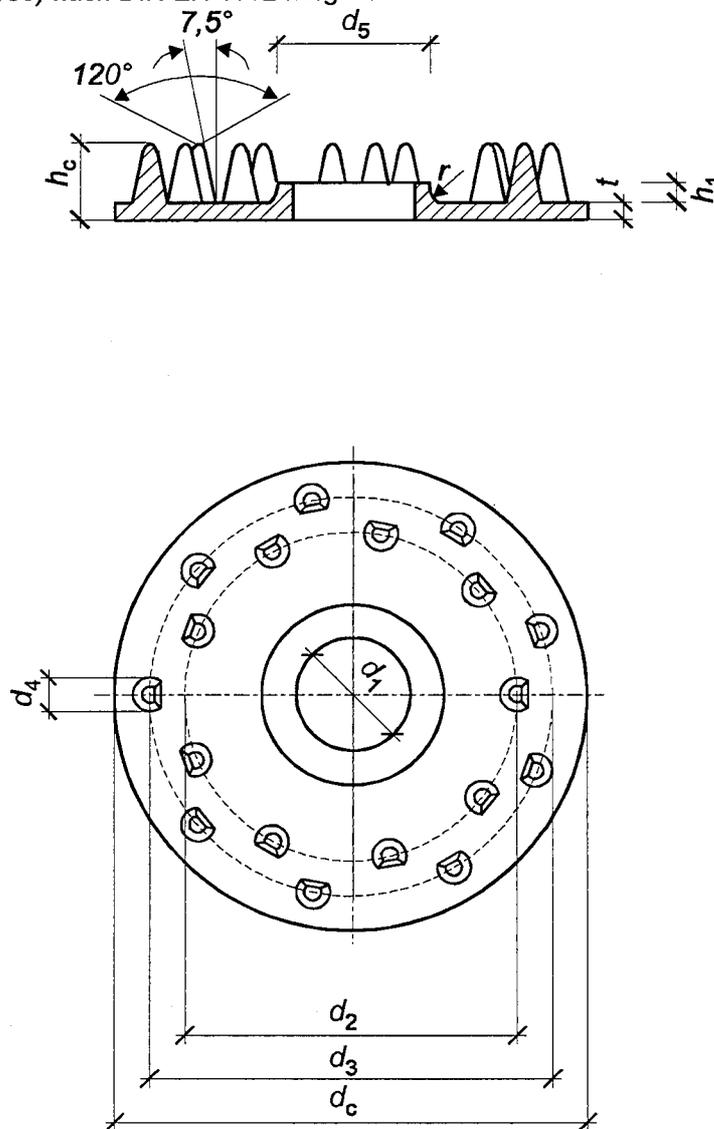


Bild V.9: Scheibendübel mit Zähnen (Dornen) des Typs C 11

Anmerkung:

Im Angussbereich der Dübel des Typs C 11 sind Stege mit einer Höhe von etwa 5 mm zwischen jeweils drei Zähnen pro Dübelseite zulässig.

Tabelle V.22: Maße der Scheibendübel mit Zähnen (Dornen) des Typs C 11

	1	2	3	4	5	6
1	Durchmesser d_c	Höhe/ Einpresstiefe h_c/h_e	Dicke t	Durchmesser des Mittelloches d_1	Durchmesser des inneren Zahnkreises d_2	Durchmesser des äußeren Zahnkreises d_3
2	50	15	3	12,5	40	-
3	65	15	3	16,5	46	56
4	80	15	3	20,5	57	69
5	95	15	3	24,5	64	84
6	115	15	3	24,5	84	106

	1	7	8	9	10	11
1	Durchmesser d_c	Zahndurch- messer am Zahngrund d_4	Flansch- durchmesser d_5	Radius r	Flanschhöhe über Scheibenfläche h_1	Anzahl der Zähne
2	50	6	17	4	3	8 ¹⁾
3	65	6	21	4	3	14 ²⁾
4	80	6	20,5 ³⁾	-	3	22 ²⁾
5	95	6	30,5	4	3	24 ²⁾
6	115	6	30,5	4	3	32 ²⁾

¹⁾ auf einem Kreis angeordnet,

²⁾ auf zwei Kreisen angeordnet,

³⁾ der Übergang zwischen Scheibe und Flansch ist nicht ausgerundet,
sondern unter einem Winkel von 26,5° geneigt,

Abmaße für sämtliche Maße: $\pm 0,3$,

Alle Maße in Millimeter.