

DIN V EN 1995-1-1/NA 1 – Nationaler Eurocode 5:  
**Bemessung und Konstruktion von  
Holzbauten**

Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und  
Regeln für den Hochbau

**T 3113**

**T 3113**

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen 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

2006, ISBN 3-8167-7108-4

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.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.IRBbuch.de](http://www.IRBbuch.de)

(Stand: 21.12.2005)

## **DIN V EN 1995-1-1/NA 1**

### **Vornorm**

**Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau**

### Prenorm

National annex — Nationally Determined Parameters — Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings

### Prénorme

Annexe nationale — Paramètres déterminé nationalement — Eurocode 5: Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-1 : Généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments

## **Vorwort**

Diese Vornorm DIN V EN 1995-1-10/NA 1 wurde im Spiegelausschuss 04.01.00, AK 04.01.01 „Holzbau – Arbeitskreis Nationaler Anhang zu DIN EN 1995-1-1“ erstellt.

Sie bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1995-1-1 "Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau.

Die Europäische Norm EN 1995-1-1 räumt in einer Reihe von Punkten die Festlegung nationaler sicherheitsrelevanter Parameter ein. Diese national festzulegenden Parameter umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte.

Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet.

# Inhalt

## Vorwort

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Normative Verweisungen
- 3 Nationale Festlegungen (National festgelegte Parameter)

Anhang A (informativ) Ergänzende Regelungen

Anhang B (informativ) Zusätzliche Hinweise

## Literaturhinweise

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm enthält in Abschnitt 3 die Nationalen Festlegungen, die in DIN EN 1995-1-1 in folgenden Abschnitten festzulegen sind:

- 2.3.1.2(2)P Zuordnung von Einwirkungen zu Klassen der Lasteinwirkungsdauer;
- 2.3.1.3(1)P Zuordnung von Tragwerken zu Nutzungsklassen;
- 2.4.1(1)P Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffeigenschaften;
- 6.4.3(8) Satteldachträger, gekrümmte Träger und Satteldachträger mit gekrümmten Untergurt;
- 7.2(2) Grenzwerte für Durchbiegungen;
- 7.3.3(2) Grenzwerte für Schwingungen;
- 8.3.1.2(4) Holz-Holz-Nagelverbindungen: Regeln für Nägel in Hirnholz;
- 8.3.1.2(7) Holz-Holz-Nagelverbindungen: Holzarten, die empfindlich gegen Aufspalten sind;
- 9.2.4.1(7) Nachweisverfahren für Wandscheiben;
- 9.2.5.3(1) Modifikationsbeiwerte für die Aussteifung von Biegestäben und Fachwerksystemen;
- 10.9.2(3) Montage von Nagelplattenbindern: Größtwert für die spannungslose seitliche Auslenkung;
- 10.9.2(4) Montage von Nagelplattenbindern: Größtwert für die Schiefstellung.

Diese Festlegungen sind bei Anwendung von DIN EN 1995-1-1 zu beachten; sie ersetzen die in den jeweiligen Abschnitten DIN EN 1995-1-1 angegebenen Empfehlungen.

Darüber hinaus enthält diese Norm in Anhang A mitgeltende Bestimmungen, die DIN EN 1995-1-1 ohne Widerspruch ergänzen, sowie in Anhang B Hinweise auf Erläuterungen zu einzelnen Regeln in DIN EN 1995-1-1.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN 1995-1-1: *Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*

DIN EN 1991: *Einwirkungen auf Tragwerke*

## 3 Nationale Festlegungen (National festgelegte Parameter)

### 3.1 Zu DIN EN 1995-1-1, 2.3.1.2(2)P

#### Zuordnung von Einwirkungen zu Klassen der Lasteinwirkungsdauer

- (1) Tabelle 1 enthält für die wesentlichen Einwirkungen nach den Normen der Reihe DIN EN 1991 die Zuordnungen zu einer Klasse der Lasteinwirkungsdauer.

Tabelle 1 - Einteilung der Einwirkungen nach DIN EN 1991-1-1 und DIN EN 1991-1-3, DIN EN 1991-1-4, DIN EN 1991-1-7 und DIN EN 1990 in Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED)

	1	2
	Einwirkung	KLED
1	Wichten- und Flächenlasten nach DIN EN 1991-1-1	ständig
2	<p>Lotrechte Nutzlasten nach DIN EN 1991-1-1</p> <p><b>Wohnungen, Versammlungsräume, Geschäfts- und Verwaltungsräume</b></p> <p>A Wohnflächen</p> <p style="padding-left: 40px;">Decken</p> <p style="padding-left: 40px;">Treppen</p> <p style="padding-left: 40px;">Balkone</p> <p>B Büroflächen</p> <p>C Flächen mit Personenansammlungen (mit Ausnahme von unter A, B, D und E festgelegten Kategorien)</p> <p style="padding-left: 40px;">C1 Flächen mit Tischen usw., z.B. in Schulen, Cafés, Restaurants, Speisesälen, Lesezimmern, Empfangsräumen.</p> <p style="padding-left: 40px;">C2 Flächen mit fester Bestuhlung, z.B. in Kirchen, Theatern, Kinos, Konferenzräumen, Vorlesungssälen, Versammlungshallen, Wartezimmern, Bahnhofswartesälen.</p> <p style="padding-left: 40px;">C3 Flächen ohne Hindernisse für die Beweglichkeit von Personen, z.B. in Museen, Ausstellungsräumen usw. sowie Zugangsflächen in öffentlichen Gebäuden und Verwaltungsgebäuden, Hotels, Krankenhäuser, Bahnhofshallen</p> <p style="padding-left: 40px;">C4 Flächen mit möglichenkörperlichen Aktivitäten von Personen, z.B. Tanzsäle, Turnsäle, Bühnen</p> <p style="padding-left: 40px;">C5 Flächen mit möglichem Menschengedränge, z.B. in Gebäuden mit öffentlichen Veranstaltungen, wie Konzertsäle, Sporthallen mit Tribünen, Terrassen und Zugangsbereiche und Bahnsteige</p> <p>D Verkaufsflächen</p> <p style="padding-left: 40px;">D1 Flächen in Einzelhandelsgeschäften</p> <p style="padding-left: 40px;">D2 Flächen in Kaufhäusern</p>	<p>mittel</p> <p>kurz</p> <p>kurz</p> <p>mittel</p> <p>kurz</p> <p>kurz</p> <p>kurz</p> <p>kurz</p> <p>lang</p> <p>mittel</p> <p>mittel</p>

Tabelle 1 - (fortgesetzt)

	1	2
	Einwirkung	KLED
2	<b>Lagerflächen und Flächen für industrielle Nutzung</b>	
	E1 Flächen mit möglicher Stapelung von Gütern, einschließlich Zugangsflächen	lang
	E2 Flächen für industrielle Nutzung	lang
	<b>Einwirkungen infolge von Gabelstaplern</b>	
	FL1	mittel
	FL2	mittel
	FL3	mittel
	FL4	mittel
	FL5	mittel
	FL6	mittel
	<b>Parkhäuser und Bereiche mit Fahrzeugverkehr (ohne Brücken)</b>	
	F Verkehrs- und Parkflächen für leichte Fahrzeuge ( $\leq 30$ kN Gesamtgewicht und weniger als 8 Sitze außer Fahrersitz)	kurz
	G Verkehrs- und Parkflächen für mittlere Fahrzeuge ( $> 30$ kN und $\leq 160$ kN Gesamtgewicht auf 2 Achsen)	mittel
<b>Dachkonstruktionen</b>		
H nicht zugängliche Dächer, außer für übliche Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen	kurz	
I Zugängliche Dächer mit Nutzung nach den Nutzungskategorien A - D	a)	
K Zugängliche Dächer mit besonderer Nutzung, z.B. Hubschrauberlandeplätze		
HC1 Dachflächen mit Hubschrauberlandemöglichkeit	kurz	
HC2 Dachflächen mit Hubschrauberlandemöglichkeit	kurz	
3	<b>Horizontale Nutzlasten nach DIN EN 1991-1-1</b>	
	Horizontale Nutzlasten infolge von Personen auf Brüstungen, Geländern und anderen Konstruktionen, die als Absperrung dienen	kurz
	Horizontallasten zur Erzielung einer ausreichenden Längs- und Quersteifigkeit	a)
	Horizontallasten für Hubschrauberlandeplätze auf Dachdecken	
	für horizontale Nutzlasten	kurz
	für den Überrollschutz	sehr kurz
4	<b>Windlasten nach DIN EN 1991-1-4</b>	kurz
5	<b>Schneelasten nach DIN EN 1991-1-3</b>	
	Geländehöhe des Bauwerkstandortes über NN $\leq 1\ 000$ m	kurz
	Geländehöhe des Bauwerkstandortes über NN $> 1\ 000$ m	mittel
6	<b>Anpralllasten nach DIN EN 1991-1-7</b>	sehr kurz
7	<b>Horizontallasten aus Kran- und Maschinenbetrieb nach DIN EN 1991-1-5</b>	kurz

a) Entsprechend den zugehörigen Lasten.

### 3.2 Zu DIN EN 1995-1-1, 2.3.1.3(1)P Zuordnung von Tragwerken zu Nutzungsklassen

(1) Keine zusätzlichen nationalen Regelungen.

### 3.3 Zu DIN EN 1995-1-1, 2.4.1(1)P Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffeigenschaften

- (1) Es gelten die in EN 1995-1-1, Tabelle 2.3 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte.
- (2) Für den Nachweis von Stahlteilen sind die Teilsicherheitsbeiwerte DIN EN 1993 zu entnehmen.
- (3) Für außergewöhnliche Bemessungssituationen sind die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_M$  zu 1,0 anzunehmen.

**3.4 Zu DIN EN 1995-1-1, 6.4.3(8)**  
**Satteldachträger, gekrümmte Träger und Satteldachträger mit gekrümmten Untergurt**

- (1) Für die Ermittlung der größten Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung infolge der Momentenbeanspruchung ist Gleichung (6.54) zu verwenden.

**3.5 Zu DIN EN 1995-1-1, 7.2(2)**  
**Grenzwerte für Durchbiegungen**

- (1) Keine zusätzlichen nationalen Regelungen.

**3.6 Zu DIN EN 1995-1-1, 7.3.3(2)**  
**Grenzwerte für Schwingungen**

- (1) Keine zusätzlichen nationalen Regelungen.

**3.7 Zu DIN EN 1995-1-1, 8.3.1.2(4)**  
**Holz-Holz-Nagelverbindungen: Regeln für Nägel in Hirnholz**

- (1) Die Anwendungsregel 8.3.1.2(4) darf in Deutschland nicht angewendet werden.

**3.8 Zu DIN EN 1995-1-1, 8.3.1.2(7)**  
**Holz-Holz-Nagelverbindungen: Holzarten, die empfindlich gegen Aufspalten sind**

- (1) Als spaltgefährdet werden alle Holzarten außer Kiefernholz angesehen.

**3.9 Zu DIN EN 1995-1-1, 9.2.4.1(7)**  
**Nachweisverfahren für Wandscheiben**

- (1) Es ist die Anwendungsregel 9.2.4.2 – Vereinfachter Nachweis von Wandscheiben - Verfahren A anzuwenden.

**3.10 Zu DIN EN 1995-1-1, 9.2.5.3(1)**  
**Modifikationsbeiwerte für die Aussteifung von Biegestäben und Fachwerkssystemen**

- (1) Für die Anwendung der Gleichungen (9.34), (9.35) und (9.37) sind die Modifikationsbeiwerte der Tabelle 2 zu entnehmen.



**Tabelle 2 — Modifikationsbeiwerte  $k_s$  und  $k_{f,i}$**

	1	2
	Modifikationsbeiwert	Wert
1	$k_s$	4
2	$k_{f,1}$	50
3	$k_{f,2}$	80
4	$k_{f,3}$	30

**3.11 Zu DIN EN 1995-1-1, 10.9.2(3) Montage von Nagelplattenbindern: Größtwert für die spannungslose seitliche Auslenkung**

- (1) Der zulässige Größtwert für die spannungslose seitliche Auslenkung beträgt  $a_{\text{bow,perm,max}} = 50\text{mm}$ .

ANMERKUNG Die spannungslose seitliche Auslenkung ist bei der Ermittlung der Beanspruchungen und Verformungen der stabilisierenden Bauteile zu berücksichtigen. Hinweise zur rechnerischen Berücksichtigung enthält beispielsweise [1].

**3.13 Zu DIN EN 1995-1-1, 10.9.2(4) Montage von Nagelplattenbindern: Größtwert für die Schiefstellung**

- (1) Der zulässige Größtwert für die Schiefstellung beträgt  $a_{\text{dev,perm,max}} = 50\text{mm}$ .

ANMERKUNG Die Schiefstellung ist bei der Ermittlung der Beanspruchungen und Verformungen der stabilisierenden Bauteile zu berücksichtigen. Hinweise zur rechnerischen Berücksichtigung enthält beispielsweise [1].

**Literatur**

- [1] Informationsdienst Holz: Holzbau Handbuch - Reihe 2 Teil 12 Folge 3 - Aussteifung von Nagelplattenkonstruktionen. Düsseldorf Arbeitsgemeinschaft Holz 1999

## **Anhang A** (informativ)

### **Ergänzende Regelungen**

#### **A.1 Zu DIN EN 1995-1-1, 1 „Allgemeines“**

##### **A.1.1 Zu DIN EN 1995-1-1, 1.1.2 „Anwendungsbereich“**

(1) DIN EN 1995-1-1 gilt auch für Holzkonstruktionen in Bauwerken aus überwiegend anderen Baustoffen, z. B. Massivbauten, Stahlbauten oder Bauten aus Mauerwerk.

(2) DIN EN 1995-1-1 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) und sinngemäß für Bauten im Bestand, soweit in den speziellen Normen nichts anderes bestimmt ist.

(3) Für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Holzbrücken und Hochbauten unter nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen sind gegebenenfalls zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen. Für Glockentürme wird auf die DIN 4178 verwiesen.

##### **A.1.2 Zu DIN EN 1995-1-1, 1.5 „Begriffe“**

###### **A.1.2.1 Anschluss**

In einem Anschluss werden ein Stab mit einem Stab oder ein Stab mit einem Verbindungselement durch mechanische Verbindungsmittel, Kontakt oder Klebung verbunden.

###### **A.1.2.2 Ausgleichsfeuchte**

diejenige Holzfeuchte, bei der Holz weder Feuchte an die umgebende Luft abgibt noch Feuchte aus der umgebenden Luft aufnimmt.

###### **A.1.2.3 Balkenschichtholz**

besteht aus zwei oder drei faserparallel miteinander verklebten Einzelhölzern gleicher Querschnittsmaße

###### **A.1.2.4 Bauteile aus Holz**

bestehen aus Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz oder Furnierschichtholz ohne Querlagen

###### **A.1.2.5 Brettschichtholz (BSH)**

besteht aus flachseitig faserparallel miteinander verklebten Brettern oder Brettlagen (Lamellen).

###### **A.1.2.6 Gipskartonplatten**

werksmäßig gefertigte, im Wesentlichen aus Gips bestehende Bauplatten, deren Flächen und Längskanten mit einem festhaftenden, dem Verwendungszweck entsprechenden Karton ummantelt sind.

###### **A.1.2.7 Hauptrichtung einer Nagelplatte**

Richtung der größten Plattentragfähigkeit bei Zugbeanspruchung.

### A.1.2.8 Holzfeuchte

die Masse des im Holz enthaltenen Wassers, ausgedrückt als Anteil der Trockenmasse des Holzes. Im Sinne von DIN EN 1995-1-1 bezeichnet die Holzfeuchte auch die Feuchte von Holzwerkstoffen.

### A.1.2.9 Holztafeln

Verbundkonstruktionen unter Verwendung von Rippen aus Bauschnittholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz oder Holzwerkstoffen und mittragenden oder aussteifenden Beplankungen aus Vollholz oder Holzwerkstoffen, die ein- oder beidseitig angeordnet sein können. Rippen und Beplankung werden durch mechanische Verbindungsmittel oder Klebung miteinander verbunden.

### A.1.2.10 Holzwerkstoffe

im Sinne von DIN EN 1995-1-1 sind Furnierschichtholz mit Querlagen, Brettsperrholz, Sperrholz, OSB-Platten, kunstharzgebundene Holzspanplatten, zementgebundene Spanplatten, Faserplatten und Gipskartonplatten.

### A.1.2.11 Rollschub

Schubspannung, die in einer Ebene rechtwinklig zur Faserrichtung zu Gleitungen führt.

### A.1.2.12 Stoß

Verbindung zweier Stäbe identischen Querschnitts mit gerade durchlaufender Stabachse.

### A.1.2.13 Tafeln

bestehen aus einem Verbund von Rippen und ein- oder beidseitiger ebener Beplankung aus Gips- oder Holzwerkstoffplatten. Der Verbund erfolgt durch mechanische Verbindungsmittel oder durch Klebung. Tafeln können aus einzelnen Tafелеlementen zusammengesetzt sein.

### A.1.2.14 Verbindung

In einer Verbindung werden mehrere Stäbe durch einen Anschluss (direkt) oder durch je einen Anschluss an mindestens ein Verbindungselement (indirekt) zusammengefügt.

### A.1.2.15 Vollholz (VH)

Rundhölzer und Bauschnitthölzer aus Nadel- und Laubholz. Bauschnitthölzer werden unterschieden nach Kanthölzern, Bohlen, Brettern und Latten. Alle Teile dürfen keilgezinkt sein.

## A.1.3 Zu DIN EN 1995-1-1, 1.6 „Formelzeichen“

### A.1.3.1 Große lateinische Buchstaben

$B_E$	Anteil der Eigenbiegesteifigkeit an den für die Plattenwirkung von Flächentragwerken maßgebenden Biege- und Drillsteifigkeiten
$B_S$	Steineranteil der für die Plattenwirkung von Flächentragwerken maßgebenden Biege- und Drillsteifigkeiten
$F_{v,H,Rk}$	charakteristischer Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit in einem Hirnholzanschluss
D	für die Scheibenwirkung von Flächentragwerken maßgebende Steifigkeiten

$G_{R,mean}$	Schubmodul für die Rollschub-Beanspruchung
S	Schubsteifigkeiten für die Verformungen infolge der Querkräfte $q_x$ und $q_y$ in z-Richtung

#### A.1.3.2 Kleine lateinische Buchstaben

$f_{c,\alpha,d}$	Druckfestigkeit unter dem Winkel $\alpha$
$f_{ki,d}$	Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit
$f_{R,d}$	Bemessungswert der Rollschubfestigkeit
$k_H$	Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses des Hirnholzes des anzuschließenden Trägers
$l_{ad}$	Einkleblänge des Stahlstabes

#### A.1.3.3 Kleine griechische Buchstaben

$\tau_{drill,d}$	Bemessungswert der Drillspannung aus dem Drillmoment $m_{xy}$
$\tau_{R,d}$	Bemessungswert der Rollschubspannung
$\mu_d$	Bemessungswert für den Reibungskoeffizienten

### A.2 Zu DIN EN 1995-1-1, 2 „Grundlagen für Bemessung und Konstruktion“

#### A.2.1 Zu DIN EN 1995-1-1, Tabelle 2.1 „Klassen der Lasteinwirkungsdauer“

(1) Einwirkungen der Klasse der Lasteinwirkungsdauer sehr kurz wirken weniger als eine Minute auf die Bauteile und Verbindungen ein.

### A.3 Zu DIN EN 1995-1-1, 3 „Baustoffeigenschaften“

#### A.3.1 Zu DIN EN 1995-1-1, 3.1 „Allgemeines“

(1) Als Ausgleichsfeuchte im Gebrauchszustand gilt die im Mittel sich einstellende Feuchte im Bauwerk.

(2) Als Ausgleichsfeuchten der Holzbaustoffe gelten die in Tabelle A.1 angegebenen Werte der Holzfeuchten.

**Tabelle A.1 — Ausgleichsfeuchten von Holzbaustoffen**

	1	2	3	4
1	<b>Nutzungsklasse</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
2	Holzfeuchte	5 bis 15 % <sup>a</sup>	10 bis 20 % <sup>b</sup>	12 bis 24 %
<sup>a</sup> In den meisten Nadelhölzern wird in der Nutzungsklasse 1 eine mittlere Ausgleichsfeuchte von 12 % nicht überschritten. <sup>b</sup> In den meisten Nadelhölzern wird in der Nutzungsklasse 2 eine mittlere Ausgleichsfeuchte von 20 % nicht überschritten.				

### A.3.2 Schwind- und Quellmaße

(1) Für die jeweiligen Holzbaustoffe sind die Rechenwerte für die Schwind- und Quellmaße je Prozent Feuchteänderung in Tabelle A.2 angegeben. Sie gelten für unbehindertes Schwinden und Quellen.

(2) Bei behindertem Quellen können infolge von Zwang geringere Quellmaße als die angegebenen wirksam werden. Das gilt bei Holzwerkstoffen auch für behindertes Schwinden.

**Tabelle A.2 — Rechenwerte für das Schwind- und Quellmaß rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes bzw. in Plattenebene<sup>a b</sup> bei unbehindertem Quellen und Schwinden**

	1	2
	<b>Baustoff</b>	<b>Schwind- und Quellmaß in % für Änderung der Holzfeuchte um 1 % unterhalb des Fasersättigungsbereiches</b>
1	Fichte, Kiefer, Tanne, Lärche, Douglasie, Western Hemlock, Afzelia, Southern Pine, Eiche	0,24
2	Buche	0,30
3	Teak, Yellow Cedar	0,20
4	Azobé (Bongossi), Ipe	0,36
5a	Sperrholz	0,02
5b	Brettsperrholz	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 Spanplatten; Faserplatten	0,035
8	Zementgebundene Spanplatten	0,03
9a	OSB-Platten, Typen OSB/2 und OSB/3	0,03
9b	OSB-Platten, Typ OSB/4	0,015
<sup>a</sup> Werte gelten für etwa gleichförmige Feuchteänderung über den Querschnitt. <sup>b</sup> Für Hölzer nach den Zeilen 1 bis 4 gilt in Faserrichtung des Holzes ein Rechenwert von 0,01 %/%.		

### **A.3.3 Zu DIN EN 1995-1-1, 3.3 „Brettschichtholz“**

(1) Bei einer Hochkant-Biegebeanspruchung der Lamellen (die Last wirkt in Richtung der Klebefugen des Brettschichtholzes) darf der charakteristische Wert der Biegefestigkeit von homogenem Brettschichtholz mit mindestens vier Lamellen um 20% vergrößert werden.

(2) Wird die Anwendungsregel des Abschnittes (1) angewendet, darf der Systembeiwert  $k_{sys}$  gemäß DIN EN 1995-1-1, 6.6 nicht in Ansatz gebracht werden.

### **A.3.4 Zu DIN EN 1995-1-1, 3.6 „Klebstoffe“**

(1) Polyurethanklebstoffe können ebenfalls als geeignet angesehen werden, wenn sie die in EN 14080, Anhang C definierten Anforderungen erfüllen.

## **A.4 Zu DIN EN 1995-1-1, 4 „Dauerhaftigkeit“**

### **A.4.1 Zu DIN EN 1995-1-1, 4.2 „Korrosionsschutz“**

(1) Für eingeklebte Stahlstäbe ist der Korrosionsschutz wie für Bolzen und Stabdübel gemäß Tabelle 4.1 auszuführen.

(2) Korrosionsgefahr kann auch auftreten bei Kontakt mit gerbstoffreichen Hölzern (z. B. Eiche) und mit imprägnierten Hölzern. Bei imprägnierten Hölzern sollten die Mindestanforderungen der Tabelle 4.1 für die Nutzungsklasse 3 zugrunde gelegt werden; bei gerbstoffreichen Hölzern wird die Verwendung geeigneter nichtrostender Stähle empfohlen.

## **A.5 Zu DIN EN 1995-1-1, 5 „Grundlagen der Berechnung“**

### **A.5.1 Flächentragwerke**

#### **A.5.1.1 Allgemeines**

(1) Die Schnittgrößen von Flächentragwerken oder von Flächen, die Teile von Stabwerken (z. B. Stege oder Druckplatten) sind, dürfen mit linear-elastischem Baustoffverhalten und den Steifigkeitswerten nach den Gleichungen (2.15) und (2.16) und den durch den Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  dividierten Verschiebungsmoduln  $K_u$  nach Gleichung (2.1) berechnet werden. Die Steifigkeitswerte sind in Richtung der Hauptachsen unter Berücksichtigung des Querschnittsaufbaus 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 A.1 bezeichnet.

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

#### **A.5.1.2 Flächen aus zusammengeklebten Schichten**

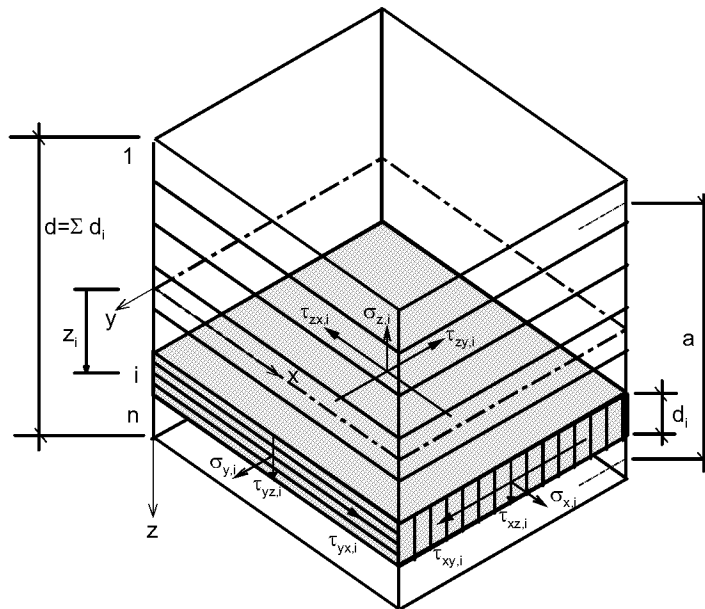
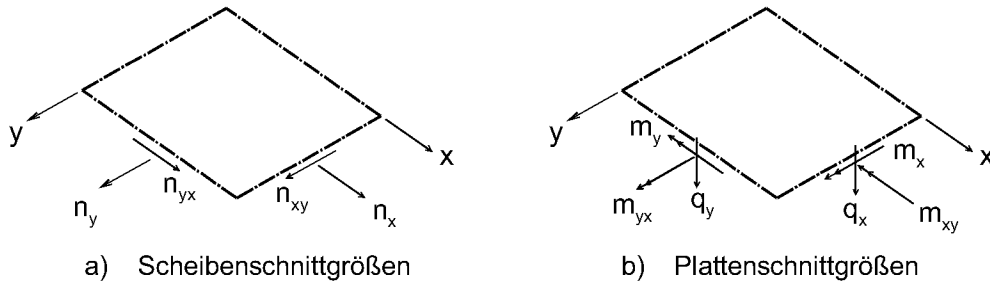
(1) Für Flächentragwerke mit Querschnitten aus geklebten Schichten (z. B. aus Holzwerkstoffplatten, Brettern oder Bohlen) sind die auf die Mittelfläche bezogenen Steifigkeitswerte nach der Verbundtheorie mit starrem Verbund zu berechnen. Dies gilt auch für die Spannungsberechnung.

(2) Rechenregeln sind in A.5.2.2 angegeben.

**A.5.1.3 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 A.5.2.3 angegeben.



c) Spannungen in der Schicht  $i$  im Abstand  $z_i$  von der Mittelfläche

**Bild A.1 — Bezeichnungen**

**A.5.1.4 Flächen aus Nadelholzlamellen**

(1) Für Flächen aus Nadelholzlamellen nach Bild A.2 dürfen je nach Art der Verbindung die Steifigkeitskennwerte nach Tabelle A.3 angenommen werden.

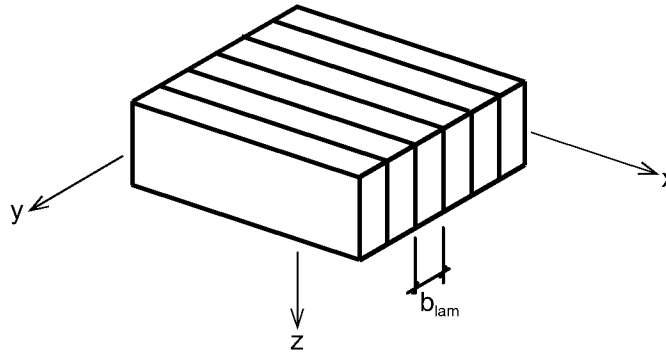


Bild A.2 — Flächen aus Nadelholzlamellen

Tabelle A.3 — Verhältnisse der mittleren Steifigkeitswerte von Flächen aus Nadelholzlamellen

	1	2	3	4
1	Lamellen <sup>a</sup>	$E_y / E_x$	$G_{yz} / E_x - G_{xy} / E_x$	$G_{yz} / G_{xz}$
2	genagelt	0	0,02	0,1
	vorgespannt			
3	sägerau	0,015	0,03	0,1
4	gehobelt	0,02	0,04	0,1
5	geklebt	0,03	0,06	0,1

<sup>a</sup> Die Werte  $E_y$  und  $G_{yz}$  und  $G_{xy}$  sind Systemwerte für Platten aus Lamellen.

## A.5.2 Flächen aus Schichten — Steifigkeitswerte und Spannungsberechnung

### A.5.2.1 Allgemeines

(1) Für ebene Flächentragwerke mit einem Querschnittsaufbau aus Schichten werden Rechenregeln für Steifigkeitswerte angegeben. Mit diesen Steifigkeitswerten können Systemberechnungen mit EDV-Programmen durchgeführt oder Tabellenwerke verwendet werden. Bei großen Steifigkeitsunterschieden eignen sich Stabprogramme gut. 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 an den Schmalseiten nicht miteinander verklebt sind, so ist der Elastizitätsmodul rechtwinklig zur Faserrichtung gleich null zu setzen. Der Schubmodul für die Rollschub-Beanspruchung darf für Nadelholz und für Brettschichtholz mit  $G_{R,mean} = 0,10 \cdot G_{mean}$  angenommen werden.

(5) Für den Elastizitätsmodul, den Schubmodul und die Verbindungsmittelsteifigkeiten sind für den Nachweis der Tragsicherheit die durch den Sicherheitsbeiwert geteilten Mittelwerte zu verwenden.

$$E = \frac{E_{mean}}{\gamma_M}; G = \frac{G_{mean}}{\gamma_M}; K = \frac{2}{3} \cdot \frac{K_{ser}}{\gamma_M} \quad (A.1)$$



## A.5.2.2 Flächen aus zusammengeklebten Schichten

### A.5.2.2.1 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 Bild A.1. 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.

### A.5.2.2.2 Plattenbeanspruchung

(1) Die Biegesteifigkeiten und die Drillsteifigkeit werden auf eine Breite 1 bezogen (Kraft · Länge<sup>2</sup>/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  $z_i - d_i/2 \leq z \leq z_i + d_i/2$ . 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 gewichtete 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:

$$B_x = B_{xS} + B_{xE} = \sum B_{xS,i} + \sum B_{xE,i} = \sum E_{x,i} \cdot d_i \cdot z_i^2 + \sum E_{x,i} \cdot \frac{d_i^3}{12} \quad (\text{A.2})$$

$$\sigma_x = E_x \cdot \frac{m_x}{B_x} \cdot z \quad (\text{A.3})$$

(3) Biegung um die  $x$ -Achse (Biegemoment  $m_y$ ), Biegesteifigkeit  $B_y$  und Biegespannung in  $y$ -Richtung:

$$B_y = B_{yS} + B_{yE} = \sum B_{yS,i} + \sum B_{yE,i} = \sum E_{y,i} \cdot d_i^2 + \sum E_{y,i} \cdot \frac{d_i^3}{12} \quad (\text{A.4})$$

$$\sigma_y = E_y \cdot \frac{m_y}{B_y} \cdot z \quad (\text{A.5})$$

(4) Verwindung der  $xy$ -Ebene (Drillmoment  $m_{xy} = m_{yx}$ ), Drillsteifigkeit  $B_{xy}$  und Schubspannung  $\tau_{xy} = \tau_{yx}$  für auch an den Schmalseiten verklebte Brettlagen:

$$B_{xy} = B_{xyS} + B_{xyE} = \sum B_{xyS,i} + \sum B_{xyE,i} = \sum 2 \cdot G_{xy,i} \cdot d_i \cdot z_i^2 + \sum G_{xy,i} \cdot \frac{d_i^3}{6} \quad (\text{A.6})$$

$$\tau_{xy} = G_{xy} \cdot \frac{m_{xy}}{B_{xy}} \cdot z \quad (\text{A.7})$$

(5) Für an den Schmalseiten nicht verklebte Brettlagen ist die Drillsteifigkeit geringer. Näherungsweise darf sie null gesetzt werden.

(6) Die Schubsteifigkeiten werden auf eine Breite 1 bezogen (Kraft/Länge).  $a$  ist der Schwerpunktabstand zwischen den Schichten 1 und  $n$  (siehe Bild A.1).

(7) Schubverformung in der  $xz$ -Ebene (Querkraft  $q_x$ ), Schubsteifigkeit  $S_{xz}$  und Schubspannung  $\tau_{xz}$ :

$$\frac{1}{S_{xz}} = \frac{1}{a^2} \cdot \left( \frac{d_1}{2 \cdot G_{xz,1}} + \sum_2^{n-1} \frac{d_i}{G_{xz,i}} + \frac{d_n}{2 \cdot G_{xz,n}} \right) \quad (\text{A.8})$$

$$\tau_{xz} = \frac{E \cdot S_x}{B_x} \cdot q_x \quad (\text{A.9})$$

$$E \cdot S_x = \int_z^{d/2} E_x \cdot \bar{z} \cdot d\bar{z} \quad \text{mit } z < \bar{z} < d/2 \quad (\text{A.10})$$

Für die Schubspannung in der Fuge  $i/i + 1$  gilt:

$$\tau_{xz, i/i+1} = \frac{E \cdot S_{x, i/i+1}}{B_x} \cdot q_x \quad (\text{A.11})$$

$$E \cdot S_{x, i/i+1} = \sum_{j=i+1}^n E_{x,j} \cdot z_j \cdot d_j \quad (\text{A.12})$$

(8) Schubverformung in der  $yz$ -Ebene (Querkraft  $q_y$ ), Schubsteifigkeit  $S_{yz}$  und Schubspannung  $\tau_{yz}$ :

$$\frac{1}{S_{yz}} = \frac{1}{a^2} \cdot \left( \frac{d_1}{2 \cdot G_{yz,1}} + \sum_2^{n-1} \frac{d_i}{G_{yz,i}} + \frac{d_n}{2 \cdot G_{yz,n}} \right) \quad (\text{A.13})$$

$$\tau_{yz} = \frac{E \cdot S_y}{B_y} \cdot q_y \quad (\text{A.14})$$

$$E \cdot S_y = \int_z^{d/2} E_y \cdot \bar{z} \cdot d\bar{z} \quad \text{mit } z < \bar{z} < d/2 \quad (\text{A.15})$$

Für die Schubspannung in der Fuge  $i/i + 1$  gilt:

$$\tau_{yz, i/i+1} = \frac{E \cdot S_{y, i/i+1}}{B_y} \cdot q_y \quad (\text{A.16})$$

$$E \cdot S_{y, i/i+1} = \sum_{j=i+1}^n E_{y,j} \cdot z_j \cdot d_j \quad (\text{A.17})$$

### A.5.2.2.3 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:

$$D_x = \sum E_{x,i} \cdot d_i \quad (\text{A.18})$$

$$\sigma_{x,i} = E_{x,i} \cdot \frac{n_x}{D_x} \quad (\text{A.19})$$

(3) Dehnung in  $y$ -Richtung (Normalkraft  $n_y$ ), Dehnsteifigkeit  $D_y$  und Normalspannung in  $y$ -Richtung:

$$D_y = \sum E_{y,i} \cdot d_i \quad (\text{A.20})$$

$$\sigma_{y,i} = E_{y,i} \cdot \frac{n_y}{D_y} \quad (\text{A.21})$$

(4) Gleitung der  $xy$ -Ebene (Schubkraft  $n_{xy}$ ), Schubsteifigkeit  $D_{xy}$  und Schubspannung  $\tau_{xy} = \tau_{yx}$  für auch an den Schmalseiten verklebte Brettlagen:

$$D_{xy} = \sum G_{xy,i} \cdot d_i \quad (\text{A.22})$$

$$\tau_{xy,i} = G_{xy,i} \cdot \frac{n_{xy}}{D_{xy}} \quad (\text{A.23})$$

(5) Gleitung der  $xy$ -Ebene (Schubkraft  $n_{xy}$ ), Schubsteifigkeit  $D_{xy}$  und Schubspannung  $\tau_{xy} = \tau_{yx}$  für an den Schmalseiten nicht verklebte Brettlagen:

$$D_{xy} = \frac{1}{4} \cdot \sum G_{xy,i} \cdot d_i \quad (\text{A.24})$$

$$\tau_{xy,i} = G_{xy,i} \cdot \frac{n_{xy}}{D_{xy}} \quad (\text{A.25})$$

(6) Bei an den Schmalseiten nicht verklebten Brettlagen sind die Klebflächen der Brettlagen analog zu D.3.4 für ein Torsionsmoment  $M_\varphi$  zu bemessen.

$$M_\varphi = \frac{e_x \cdot e_y \cdot n_{xy}}{n-1} \quad (\text{A.26})$$

Bezeichnungen siehe Bild A.5

### A.5.2.3 Flächen aus nachgiebig miteinander verbundenen Schichten

#### A.5.2.3.1 Berechnungsmodell

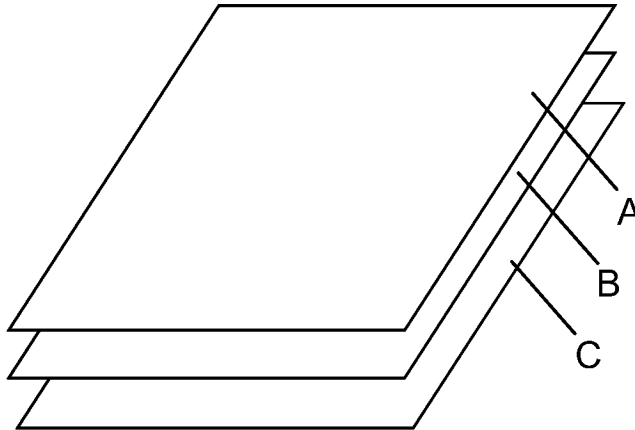
(1) Die Schichten des Flächentragwerks sind nachgiebig miteinander verbunden. Die Nachgiebigkeit mechanischer Verbindungsmittel ist mit den in Tabelle 7.1 angegebenen Verschiebungsmoduln zu bestimmen. Der Verschiebungsmodul eines Verbindungsmittels ist mit den Abständen auf die Fläche 1 zu beziehen (Kraft/Länge<sup>3</sup>). Das Flächentragwerk wird nach Bild A.3 zur Berechnung in drei Flächen A, B und C

aufgeteilt. Die Flächen haben die gleichen Verformungen  $u$ ,  $v$  und  $w$ . Den Flächen A, B und C werden unterschiedliche Steifigkeiten zugeordnet. Die Fläche A berücksichtigt nur die Eigensteifigkeit der einzelnen Schichten, die Fläche B deren Zusammenwirken und die Fläche C die Scheibensteifigkeit:

Fläche A: Biegesteifigkeit, Drillsteifigkeit und Dehnsteifigkeit der einzelnen Schichten (Plattentragwirkung).

Fläche B: Steineranteile und Schubsteifigkeiten mit Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Verbindungen (Plattentragwirkung).

Fläche C: Dehn- und Schubsteifigkeiten (Scheibentragwirkung).



#### Legende

A, B, C Flächen mit gemeinsamer Verformung  $u$ ,  $v$ ,  $w$

**Bild A.3 — Aufteilung des Flächentragwerks in die Flächen A, B und C**

Die Plattentragwirkung wird durch die Flächen A und B, die Scheibentragwirkung durch die Fläche C erfasst. Für die numerische Berechnung können die Flächen B und C zusammen genommen werden. Bei Berechnung als Stabwerk kann die Fläche C durch ein Gelenkstabwerk beschrieben werden.

**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, B und C werden die Träger A, B und C mit gemeinsamer Verformung.

(2) Die Berechnung der verbundenen Flächen liefert Schnittgrößen der Fläche A, der Fläche B und der Fläche C.

(3) Aus den Schnittgrößen der Fläche A werden jeweils für die einzelnen Schichten die Biegespannungen und Schubspannungen berechnet.

(4) Aus den Schnittgrößen der Fläche B werden für die einzelnen Schichten die über die jeweilige Schichtdicke konstanten Normalspannungen aus den Momenten sowie die Schubspannungen aus den Querkraften  $q_x$  und  $q_y$  berechnet.

(5) Aus den Schnittgrößen der Fläche C werden die Scheibenspannungen berechnet.

### A.5.2.3.2 Steifigkeiten und Beanspruchungen der Fläche A

(1) Biegung um die  $y$ -Achse (Biegemoment  $m_{Ax}$ ), Biegesteifigkeit  $B_{Ax}$  und Biegerandspannung der Schicht  $i$  in  $x$ -Richtung:

$$B_{Ax} = \sum E_{x,i} \cdot \frac{d_i^3}{12} \quad (\text{A.27})$$

$$\sigma_{x,i} = \pm E_{x,i} \cdot \frac{m_{Ax}}{B_{Ax}} \cdot \frac{d_i}{2} \quad (\text{A.28})$$

(2) Biegung um die  $x$ -Achse (Biegemoment  $m_{Ay}$ ), Biegesteifigkeit  $B_{Ay}$  und Biegerandspannung der Schicht  $i$  in  $y$ -Richtung:

$$B_{Ay} = \sum E_{y,i} \cdot \frac{d_i^3}{12} \quad (\text{A.29})$$

$$\sigma_{y,i} = \pm E_{y,i} \cdot \frac{m_{Ay}}{B_{Ay}} \cdot \frac{d_i}{2} \quad (\text{A.30})$$

(3) Verwindung der  $xy$ -Ebene (Drillmoment  $m_{Axy} = m_{Ayx}$ ), Drillsteifigkeit  $B_{Axy}$  und Schubrandspannung der Schicht  $i$ ,  $\tau_{xy,i} = \tau_{yx,i}$ :

$$B_{Axy} = \sum G_{xy,i} \cdot \frac{d_i^3}{6} \quad (\text{A.31})$$

$$\tau_{xy,i} = \pm G_{xy,i} \cdot \frac{m_{Axy}}{B_{Axy}} \cdot \frac{d_i}{2} \quad (\text{A.32})$$

### A.5.2.3.3 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:

$$B_{Bx} = \sum E_{x,i} \cdot d_i \cdot z_i^2 \quad (\text{A.33})$$

$$\sigma_{x,i} = E_{x,i} \cdot \frac{m_{Bx}}{B_{Bx}} \cdot z_i \quad (\text{A.34})$$

(2) Biegung um die  $x$ -Achse (Biegemoment  $m_{By}$ ), Biegesteifigkeit  $B_{By}$  und Normalspannung aus Biegung in der Schicht  $i$  in  $y$ -Richtung:

$$B_{By} = \sum E_{y,i} \cdot d_i \cdot z_i^2 \quad (\text{A.35})$$

$$\sigma_{y,i} = E_{y,i} \cdot \frac{m_{By}}{B_{By}} \cdot z_i \quad (\text{A.36})$$

(3) Verwindung der  $xy$ -Ebene (Drillmoment  $m_{Bxy} = m_{Byx}$ ), Drillsteifigkeit  $B_{Bxy}$  und Schubspannung in der Schicht  $i$ ,  $\tau_{xy,i} = \tau_{yx,i}$ :

Durch die Nachgiebigkeit der Verbindung der einzelnen Schichten wird der Anteil der Drillsteifigkeit der einzelnen Schichten infolge des Abstandes der Schichten vom Drehpunkt („Steineranteil“) abgemindert. Näherungsweise darf die Drillsteifigkeit  $B_{Bxy}$  null gesetzt werden. Damit werden auch die zugehörigen Drillmomente und Schubspannungen zu null.

(4) Schubverformung und Verformung infolge der Nachgiebigkeit der Verbindung in der  $xz$ -Ebene (Querkraft  $q_{Bx}$ ), Schubsteifigkeit  $S_{xz}$  und Schubspannung  $\tau_{xz}$ :

$$\frac{1}{S_{xz}} = \frac{1}{a^2} \cdot \left( \sum_1^{n-1} \frac{1}{k_{x,i}} + \frac{d_1}{2 \cdot G_{xz,1}} + \sum_2^{n-1} \frac{d_i}{G_{xz,i}} + \frac{d_n}{2 \cdot G_{xz,n}} \right) \quad (\text{A.37})$$

$$\tau_{xz} = \frac{q_{Bx}}{a} \quad (\text{A.38})$$

(5) Schubverformung und Verformung infolge der Nachgiebigkeit der Verbindung in der  $yz$ -Ebene (Querkraft  $q_{By}$ ), Schubsteifigkeit  $S_{yz}$  und Schubspannung  $\tau_{yz}$ :

$$\frac{1}{S_{yz}} = \frac{1}{a^2} \cdot \left( \sum_1^{n-1} \frac{1}{k_{y,i}} + \frac{d_1}{2 \cdot G_{yz,1}} + \sum_2^{n-1} \frac{d_i}{G_{yz,i}} + \frac{d_n}{2 \cdot G_{yz,n}} \right) \quad (\text{A.39})$$

$$\tau_{yz} = \frac{q_{By}}{a} \quad (\text{A.40})$$

ANMERKUNG Zur Schubverformung der einzelnen Schichten kommt noch die Verformung infolge Nachgiebigkeit der Verbindungen zwischen den Schichten hinzu. Nach Bild A.4 wird die Verschiebung  $u$  aus einem über die Höhe konstanten Schubfluss  $t$  ermittelt und daraus die Steifigkeit  $S$  berechnet.

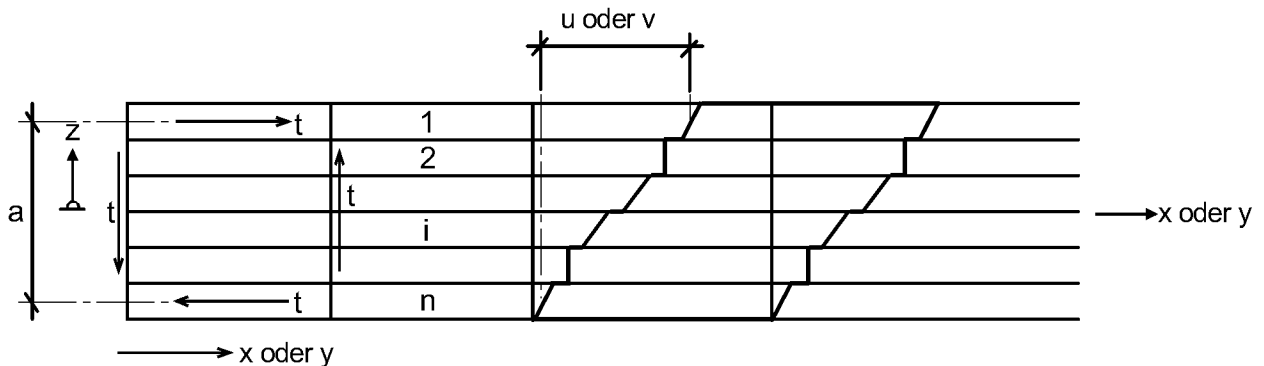


Bild A.4 — Ersatzsteifigkeit  $S$  ( $S_{xz}$  oder  $S_{yz}$ ) für nachgiebigen Verbund (Näherung)

$$u = \frac{t \cdot a^2}{S} = t \cdot \left\{ \sum_1^{n-1} \frac{1}{k_i} + \frac{d_1}{2 \cdot G_1} + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{d_i}{G_i} + \frac{d_n}{2 \cdot G_n} \right\} \quad (\text{A.41})$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{a^2} \cdot \left\{ \sum_1^{n-1} \frac{1}{k_i} + \frac{d_1}{2 \cdot G_1} + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{d_i}{G_i} + \frac{d_n}{2 \cdot G_n} \right\} \quad (\text{A.42})$$

Dabei ist

$n$  Anzahl der Schichten,

$k_i$  Verschiebungsmodul infolge Nachgiebigkeit der Verbindungen zwischen der Schicht  $i$  und  $i + 1$ , (Kraft/Länge<sup>3</sup>),

$d_i$  Dicke der Schicht  $i$ ,

$G_i$  Schubmodul ( $G_{xz,i}$  bzw.  $G_{yz,i}$ ) der Schicht  $i$ .

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 (A.11) oder (A.16)

#### A.5.2.3.4 Steifigkeiten der Fläche C, Scheibenbeanspruchung

(1) Dehnung in  $x$ -Richtung (Längskraft  $n_x$ ), Dehnsteifigkeit  $D_x$  und Normalspannung der Schicht  $i$  in  $x$ -Richtung:

$$D_x = \sum E_{x,i} \cdot d_i \quad (\text{A.43})$$

$$\sigma_{x,i} = E_{x,i} \cdot \frac{n_x}{D_x} \quad (\text{A.44})$$

(2) Dehnung in  $y$ -Richtung (Längskraft  $n_y$ ), Dehnsteifigkeit  $D_y$  und Normalspannung der Schicht  $i$  in  $y$ -Richtung:

$$D_y = \sum E_{y,i} \cdot d_i \quad (\text{A.45})$$

$$\sigma_{y,i} = E_{y,i} \cdot \frac{n_y}{D_y} \quad (\text{A.46})$$

(3) Gleitung in  $xy$ -Ebene (Schubkraft  $n_{xy}$ ), Schubsteifigkeit  $D_{xy}$ :

$$\frac{1}{D_{xy}} = \frac{e_x \cdot e_y}{\sum K_{\phi,i}} + \frac{e_x}{\sum (G_i \cdot d_{i,y}) \cdot b_x} + \frac{e_y}{\sum (G_i \cdot d_{i,x}) \cdot b_y} \quad (\text{A.47})$$

mit

Lamellen in  $x$ -Richtung:

$d_{i,x}$  Dicke

$b_y$  Breite

Lamellen in  $y$ -Richtung

$d_{i,y}$  Dicke

$b_x$  Breite

$K_{\phi,i}$  Drehfedersteifigkeit in der Fuge. (Kraft · Länge)

(4) Gleitung in  $xy$ -Ebene (Schubkraft  $n_{xy}$ ), Schubsteifigkeit  $D_{xy}$  bei gleich dicken Brettlagen:

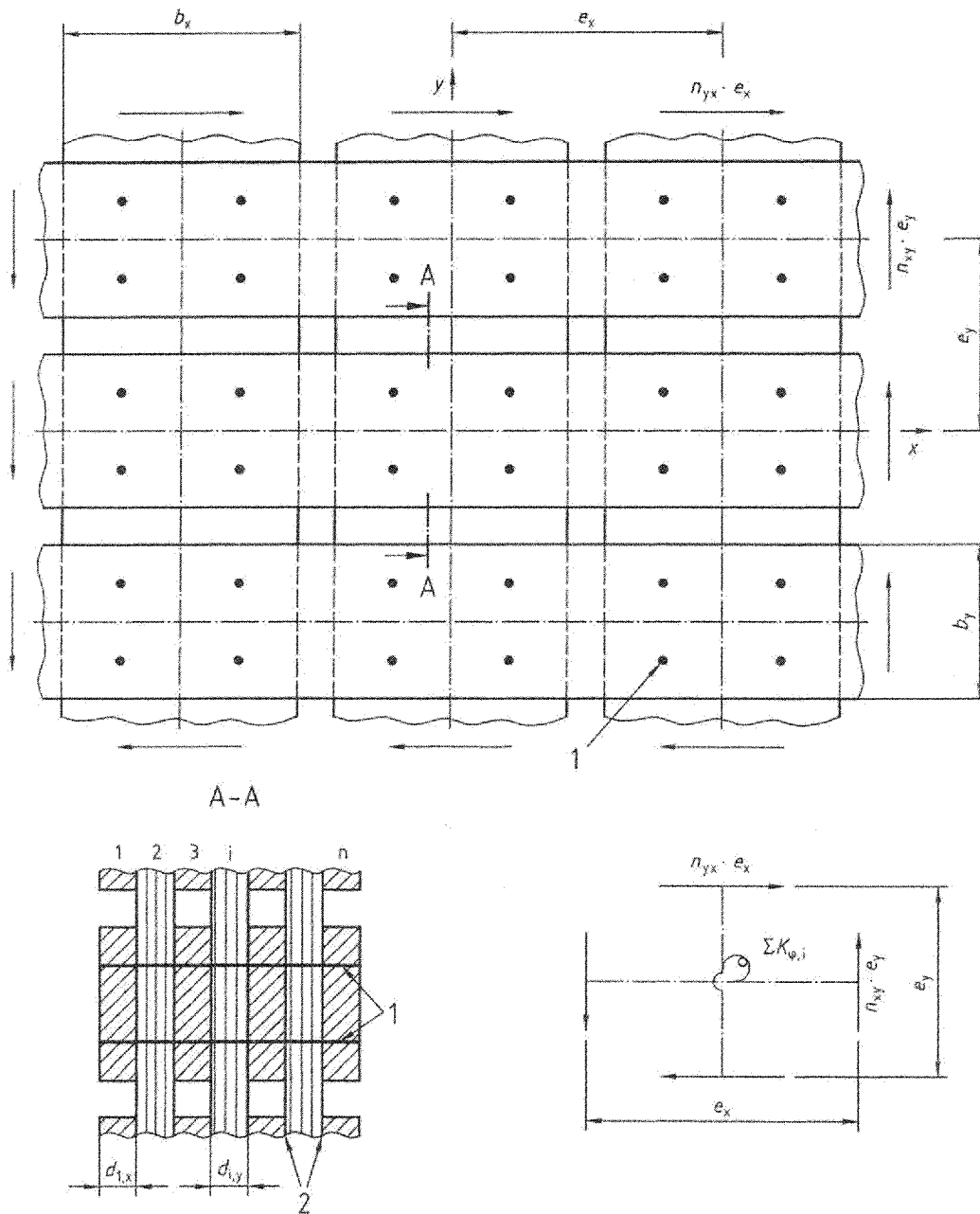
$$\frac{1}{D_{xy}} = \frac{e_x \cdot e_y}{\sum K_{\phi,i}} + \frac{e_x}{G \cdot d \cdot b_x \cdot \left(\frac{n+1}{2}\right)} + \frac{e_y}{G \cdot d \cdot b_y \cdot \left(\frac{n-1}{2}\right)} \quad (\text{A.48})$$

- (5) Gleitung in  $xy$ -Ebene (Schubkraft  $n_{xy}$ ), Schubsteifigkeit  $D_{xy}$  bei Brettlagen aus identischen Brettern und bei Vernachlässigung des Einflusses der Fugenbreite (Näherung,  $d_{ix} = d_{iy} = d$ ;  $e = e_x = e_y \approx b_x = b_y$ ):

$$\frac{1}{D_{xy}} = \frac{e^2}{\sum K_{\varphi,i}} + \frac{4 \cdot n}{n^2 - 1} \cdot \left( \frac{1}{G \cdot d} \right) \quad (\text{A.49})$$

- (6) Die Verbindung in der Fuge ist für ein Moment  $M_{\varphi}$  zu bemessen.

$$M_{\varphi} = \frac{n_{xy} \cdot e_x \cdot e_y}{\sum K_{\varphi,i}} \cdot K_{\varphi,i} \quad (\text{A.50})$$





n Lagen  
mit  $(n - 1)$  Fugen  
und  $(n - 1)$   $K_{\phi,i}$ -Werten

**Legende**

- 1 Befestigungsmittel
- 2 Fuge

**Bild A.5 — Ersatzschubfestigkeit  $D_{xy}$  (Näherung)**

**A.5.3 Einfluss der Baugrundverformungen auf die Schnittgrößenverteilung**

(1) 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 %).

**A.5.4 Zeitabhängiges Verhalten von Druckstützen mit großem Lastanteilen der KLED „ständig“**

(1) Bei druckbeanspruchten Bauteilen in den Nutzungsklassen 2 und 3 ist der Einfluss des Kriechens zu berücksichtigen, wenn der Bemessungswert des ständigen Lastanteiles 70 % des Bemessungswertes der Gesamtlast überschreitet. Die Berücksichtigung darf durch eine Abminderung der Steifigkeit um den Faktor  $1/(1 + k_{def})$  erfolgen.

**A.6 Zu DIN EN 1995-1-1, 6 „Grenzzustände der Tragfähigkeit“**

**A.6.1 Zug unter einem Winkel  $\alpha$**

(1) Für Sperrholz, Brettsperrholz, OSB-Platten und Furnierschichtholz mit Querlagen mit einem Winkel  $\alpha$  zwischen Beanspruchungsrichtung und Faserrichtung bzw. Spanrichtung der Decklagen von  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$  muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{t,\alpha,d}}{k_\alpha \cdot f_{t,0,d}} \leq 1 \tag{A.51}$$

Dabei ist

$$k_\alpha = \frac{1}{\frac{f_{t,0,d}}{f_{t,90,d}} \sin^2 \alpha + \frac{f_{t,0,d}}{f_{v,d}} \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \cos^2 \alpha} \tag{A.52}$$

**A.6.2 Zu DIN EN 1995-1-1, 6.1.7 „Schub“**

(1) Bei Doppelbiegung in Rechteckquerschnitten muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\left( \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1 \tag{A.53}$$

**A.6.3 Schub aus Querkraft und Torsion**

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

$$\frac{\tau_{\text{tor,d}}}{f_{\text{v,d}}} + \left( \frac{\tau_{\text{y,d}}}{f_{\text{v,d}}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{\text{z,d}}}{f_{\text{v,d}}} \right)^2 \leq 1 \quad (\text{A.54})$$

### A.6.4 Unverstärkte Durchbrüche

(1) Durchbrüche in Trägern sind Öffnungen mit den lichten Maßen  $d > 50$  mm (siehe Bild A.6). Sie dürfen in unverstärkten Trägerbereichen mit planmäßiger Quersugbeanspruchung nicht angeordnet werden. Außerdem gelten die folgenden Mindest- und Höchstmaße:

$\ell_v \geq h$	$\ell_z \geq h$ , jedoch mindestens 300 mm	$\ell_A \geq h/2$	$h_{\text{ro(ru)}} \geq 0,25 \cdot h$	$a \leq h$	$h_d \leq 0,4 \cdot h$
-----------------	--	-------------------	---------------------------------------	------------	------------------------

Maße in Millimeter

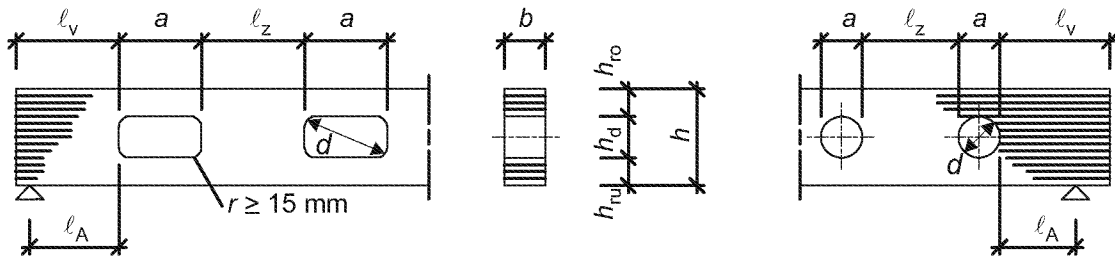


Bild A.6 — Unverstärkte Durchbrüche

(2) Unverstärkte Durchbrüche nach Absatz (1) dürfen nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden. Durchbrüche in Nutzungsklasse 3 sind nach A.6.5 zu verstärken.

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

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

$$\frac{F_{\text{t},90,d}}{0,5 \cdot \ell_{\text{t},90} \cdot b \cdot f_{\text{t},90,d}} \leq 1 \quad (\text{A.55})$$

Dabei ist

$b$  Trägerbreite,

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

und

$$\ell_{\text{t},90} = 0,5 \cdot (h_d + h) \quad \text{für rechteckige Durchbrüche,} \quad (\text{A.56})$$

$$\ell_{\text{t},90} = 0,353 \cdot h_d + 0,5 \cdot h \quad \text{für kreisförmige Durchbrüche.} \quad (\text{A.57})$$

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

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} \quad (\text{A.58})$$

mit

$$F_{t,V,d} = \frac{V_d \cdot h_d}{4 \cdot h} \cdot \left[ 3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right] \quad (\text{A.59})$$

und

$$F_{t,M,d} = 0,008 \cdot \frac{M_d}{h_r} \quad (\text{A.60})$$

Dabei ist

$V_d$  Betrag des Bemessungswertes der Querkraft am Durchbruchrand,

$h_r = \min \{h_{ro}; h_{ru}\}$  für rechteckige Durchbrüche,

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

$M_d$  Betrag des Bemessungswertes des Biegemomentes am Durchbruchrand.

In Gleichung (A.59) darf bei runden Durchbrüchen anstelle von  $h_d$  der Wert  $0,7 \cdot h_d$  eingesetzt werden.

## A.6.5 Verstärkungen

### A.6.5.1 Allgemeines

(1) A.6.5.2 bis A.6.5.5 beziehen sich auf Bauteile, deren Tragfähigkeit durch eine oder mehrere Verstärkungen rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes zur Aufnahme von Querkzugbeanspruchungen erhöht wird.

(2) Die Zugfestigkeit des Holzes rechtwinklig zur Faserrichtung wird bei der Ermittlung der Beanspruchungen der Verstärkungen nach A.6.5.2 bis A.6.5.4 nicht berücksichtigt.

(3) Als innen liegende Verstärkungen dürfen folgende Stahlstäbe verwendet werden:

- eingeklebte Gewindebolzen nach DIN 976-1,
- eingeklebte Betonrippenstähle nach DIN 488-1,
- Holzschrauben mit einem Gewinde über die gesamte Schaftlänge.

Die Querschnittsschwächung durch innen liegende Verstärkungen ist in zugbeanspruchten Querschnittsteilen zu berücksichtigen.

(4) Als außen liegende Verstärkungen dürfen verwendet werden:

- aufgeklebtes Sperrholz nach DIN EN 636,
- aufgeklebtes Furnierschichtholz nach DIN EN 14374; DIN EN 14279,
- aufgeklebte Bretter,

— eingepresste Nagelplatten.

(5) Die Abstände  $a_2$  der Stahlstäbe untereinander (siehe Bild A.9) müssen mindestens  $3 \cdot d_r$  betragen. Die Endabstände  $a_{1,c}$  und Randabstände  $a_{2,c}$  der Stahlstäbe müssen mindestens  $2,5 \cdot d_r$  betragen.

(6) Verstärkungen mit Schrauben mit einem Gewinde über die gesamte Schaftlänge sind sinngemäß wie Verstärkungen mit eingeklebten Gewindebolzen nachzuweisen.

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

(8) Sofern im Folgenden nichts anderes bestimmt ist, gelten für die Herstellung von geklebten Verstärkungen die Anforderungen nach Abschnitt A.11.

(9) Verstärkungen von Queranschlüssen, Ausklinkungen, Durchbrüchen und Firstbereichen sind auch in Nutzungsklasse 3 zulässig.

#### A.6.5.2 Querzugverstärkungen für Queranschlüsse

(1) Die Verstärkung eines Queranschlusses (siehe Beispiele in Bild A.7) darf für eine Zugkraft  $F_{t,90,d}$  bemessen werden:

$$F_{t,90,d} = [1 - 3 \cdot \alpha^2 + 2 \alpha^3] \cdot F_{90,d} \quad (\text{A.61})$$

Dabei ist

$F_{90,d}$  Bemessungswert der Anschlusskraft rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes,

$\alpha = \frac{a}{h}$  siehe Bild A.7.

(2) Bei der Aufnahme der Zugkraft  $F_{t,90,d}$  nach Gleichung (A.61) durch Stahlstäbe ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{\text{ef},d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (\text{A.62})$$

$$\tau_{\text{ef},d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot \ell_{\text{ad}}} \quad (\text{A.63})$$

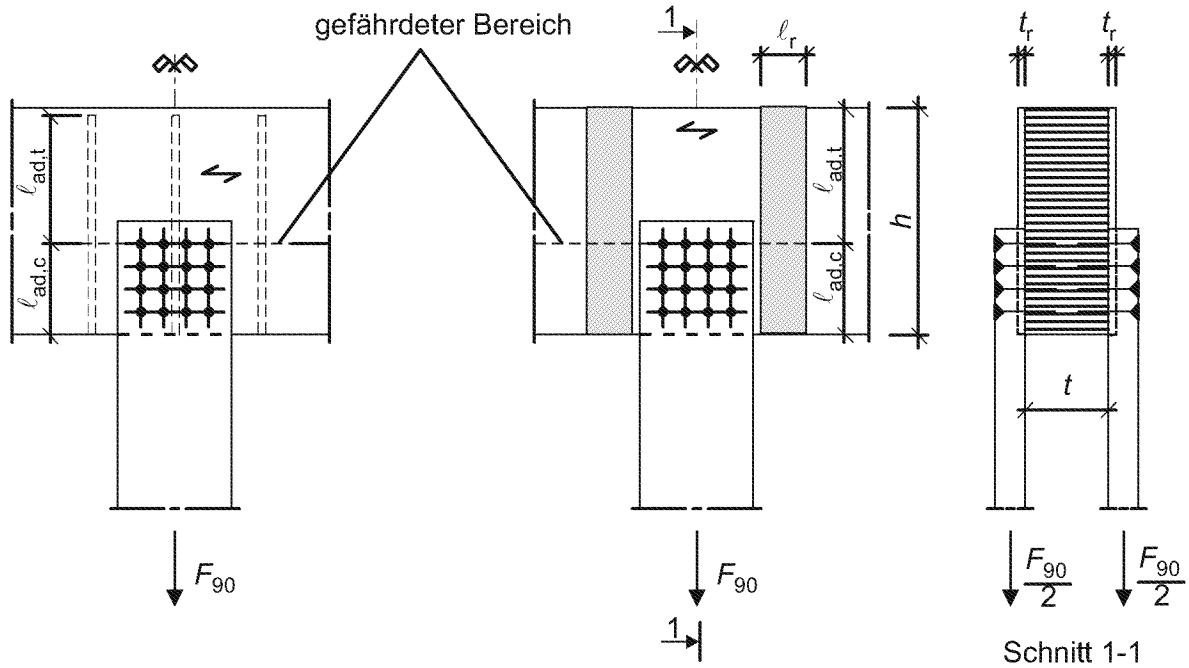
Dabei ist

$\ell_{\text{ad}} = \min \{ \ell_{\text{ad},c}; \ell_{\text{ad},v} \}$  siehe Bild A.7,

$n$  Anzahl der Stahlstäbe; dabei darf außerhalb des Queranschlusses in Trägerlängsrichtung nur jeweils ein Stab in Rechnung gestellt werden,

$f_{k1,d}$  Bemessungswert der Klebfugensfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle A.4),

$d_r$  Stahlstabaußendurchmesser.



**Bild A.7 — Beispiele für Verstärkungen von Queranschlüssen**

(3) Bei der Aufnahme der Zugkraft  $F_{t,90,d}$  nach Gleichung (A.61) durch seitlich aufgeklebte Verstärkungsplatten ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{\text{ef},d}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (\text{A.64})$$

$$\tau_{\text{ef},d} = \frac{F_{t,90,d}}{4 \cdot l_{\text{ad}} \cdot l_r} \quad (\text{A.65})$$

Dabei ist

$$l_{\text{ad}} = \min \{ l_{\text{ad},c}; l_{\text{ad},t} \} \quad (\text{siehe Bild A.7}),$$

$l_r$  Breite der Verstärkungsplatte (siehe Bild A.7),

$f_{k2,d}$  Bemessungswert der Klebfugensfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle A.4).

(4) Für die Zugspannung in den aufgeklebten Verstärkungsplatten ist nachzuweisen, dass

$$k_k \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (\text{A.66})$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n_r \cdot t_r \cdot l_r} \quad (\text{A.67})$$

Dabei ist

$n_r$  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  $F_{t,90}$ .

(5) Die Verstärkungsplatten sind entsprechend Bild A.7 aufzukleben, wobei gilt:

$$0,25 \leq \frac{\ell_r}{\ell_{ad}} \leq 0,5 \quad (\text{A.68})$$

(6) Verstärkungen mit Nagelplatten sind sinngemäß nach den Absätzen (3) und (4) nachzuweisen und nach Absatz (5) anzuordnen.

### A.6.5.3 Querzugverstärkungen für rechtwinklige Ausklinkungen an den Enden von Biegestäben mit Rechteckquerschnitt

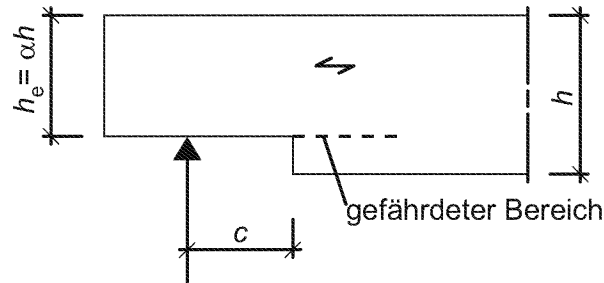
(1) Die Verstärkung einer rechtwinkligen Ausklinkung auf der belasteten Seite eines Trägersauflagers (siehe Bild A.8) darf für eine Zugkraft  $F_{t,90,d}$  bemessen werden:

$$F_{t,90,d} = 1,3 \cdot V_d \cdot [3 \cdot (1 - \alpha)^2 - 2 \cdot (1 - \alpha)^3] \quad (\text{A.69})$$

Dabei ist

$V_d$  Bemessungswert der Querkraft,

$\alpha = h_e/h$  (siehe Bild A.8).



#### Legende

1 gefährdeter Bereich

**Bild A.8 — Rechtwinklige Ausklinkung auf der belasteten Trägerseite**

(2) Bei der Aufnahme der Zugkraft  $F_{t,90,d}$  nach Gleichung (A.69) durch Stahlstäbe ist für die gleichmäßig verteilte angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (\text{A.70})$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot \ell_{ad}} \quad (\text{A.71})$$

Dabei ist

$\ell_{ad}$  wirksame Verankerungslänge (siehe Bild A.9),

$n$  Anzahl der Stahlstäbe; dabei darf in Trägerlängsrichtung nur ein Stab in Rechnung gestellt werden,

$d_r$  Stahlstabaußendurchmesser ( $\leq 20$  mm),

$f_{k1,d}$  Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle A.4).

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

(4) Bei der Aufnahme der Zugkraft  $F_{t,90,d}$  nach Gleichung (A.69) durch seitlich aufgeklebte Verstärkungsplatten ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (A.72)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot (h - h_e) \cdot \ell_r} \quad (A.73)$$

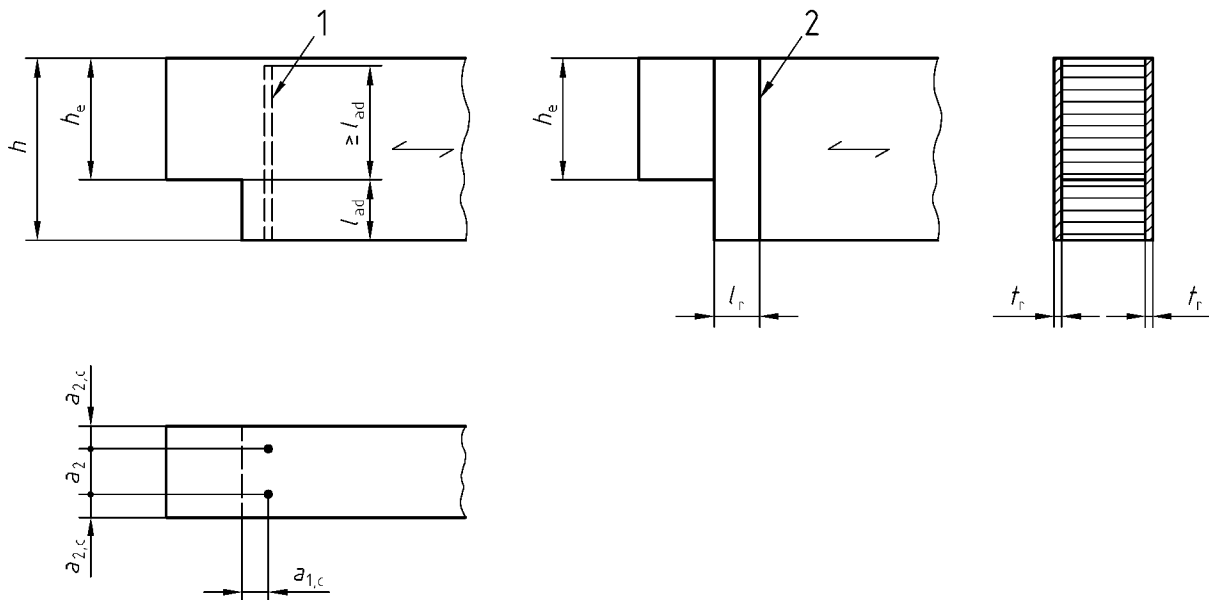
Dabei ist

$F_{t,90,d}$  Zugkraft nach Gleichung (A.69),

$h, h_e$  siehe Bild A.9,

$\ell_r$  Breite der Verstärkungsplatte (siehe Bild A.9),

$f_{k2,d}$  Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle A.4).



**Legende**

1 Stahlstabdurchmesser  $\varnothing d_r$

2 Verstärkungsplatten

**Bild A.9 — Angaben für Verstärkungen rechtwinkliger Ausklinkungen**

(5) Für die Zugspannung in den aufgeklebten Verstärkungsplatten ist nachzuweisen, dass

$$k_k \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (\text{A.74})$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot t_r \cdot \ell_r} \quad (\text{A.75})$$

Dabei ist

$t_r$  Dicke einer Verstärkungsplatte,

$k_k$  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  $F_{t,90}$ .

(6) Die Verstärkungsplatten sind entsprechend Bild A.9 aufzukleben, wobei gilt

$$0,25 \leq \frac{\ell_r}{h - h_e} \leq 0,5 \quad (\text{A.76})$$

(7) Verstärkungen mit Nagelplatten sind sinngemäß nach den Absätzen (4) und (5) nachzuweisen und nach Absatz (6) anzuordnen.

#### A.6.5.4 Querzugverstärkungen für Durchbrüche bei Biegestäben mit Rechteckquerschnitt

(1) Für Durchbrüche, bei denen die geometrischen Randbedingungen nach den Gleichungen (A.77) bis (A.80) eingehalten sind, darf die Verstärkung des Durchbruchs für eine Zugkraft  $F_{t,90,d}$  nach Gleichung (A.58) bemessen werden. Die Zugkraft  $F_{t,90,d}$  ist bei rechteckigen Durchbrüchen in der Höhe der querzugbeanspruchten Durchbrüchecke, bei kreisförmigen Durchbrüchen in der Höhe des querzugbeanspruchten Durchbruchrandes unter  $45^\circ$  zur Trägerachse vom Kreismittelpunkt aus (siehe Bild A.10) anzunehmen.

$$\ell_A \geq h/2 \quad (\text{A.77})$$

$$a \leq h \quad (\text{A.78})$$

$$h_{r0} \geq h/4 \quad (\text{A.79})$$

$$h_{ru} \geq h/4 \quad (\text{A.80})$$

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

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (\text{A.81})$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot \ell_{ad}} \quad (\text{A.82})$$

Dabei ist



$$\ell_{ad} = h_{ru} + 0,15 \cdot h_d \quad \text{oder} \quad \ell_{ad} = h_{ro} + 0,15 \cdot h_d \quad \text{für kreisförmige Durchbrüche,}$$

$$\ell_{ad} = h_{ru} \quad \text{oder} \quad \ell_{ad} = h_{ro} \quad \text{für rechteckige Durchbrüche,}$$

$h_{ru(ro)}$  siehe Bild A.10,

$n$  Anzahl der Stahlstäbe; dabei darf je Durchbruchseite in Trägerlängsrichtung nur ein Stab in Rechnung gestellt werden,

$d_f$  Stahlstabaußendurchmesser ( $\leq 20$  mm),

$f_{k1,d}$  Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle A.4).

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

(4) Bei rechteckigen Durchbrüchen mit innen liegenden Verstärkungen sind die erhöhten Schubspannungen im Bereich der Durchbruchecken nachzuweisen.

(5) Bei Verstärkungsplatten ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (\text{A.83})$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot a_r \cdot h_{ad}} \quad (\text{A.84})$$

Dabei ist

$$h_{ad} = h_1 \quad \text{für rechteckige Durchbrüche,}$$

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

$a_r, h_1, h_d$  siehe Bild A.11,

$f_{k2,d}$  Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle A.4).

(6) Für die Zugspannung in den aufgeklebten Verstärkungsplatten ist nachzuweisen, dass

$$k_k \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (\text{A.85})$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot a_r \cdot t_r} \quad (\text{A.86})$$

Dabei ist

$a_r, t_r$  siehe Bild A.11,

$k_k$  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  $F_{t,90}$ .

(7) Die Verstärkungsplatten sind beispielsweise nach Bild A.11 aufzukleben,

wobei

$$0,25 \cdot a \leq a_r \leq 0,6 \cdot \ell_{t,90} \quad \text{mit} \quad \ell_{t,90} = 0,5 \cdot (h_d + h) \quad (\text{A.87})$$

und

$$h_1 \geq 0,25 \cdot a \quad (\text{A.88})$$

(8) Verstärkungen mit Nagelplatten sind sinngemäß nach den Absätzen (5) und (6) nachzuweisen und nach Absatz (7) anzuordnen.

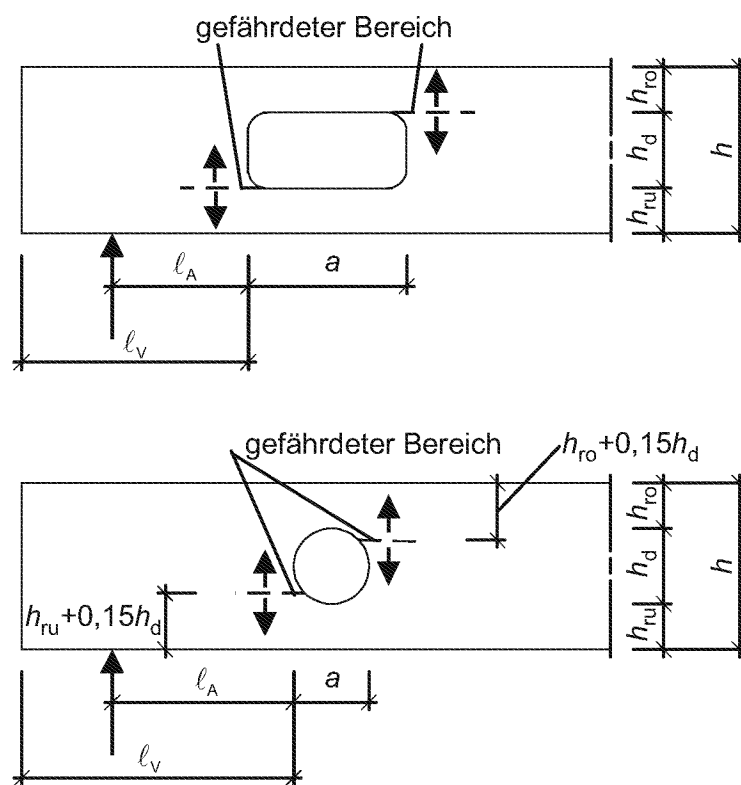


Bild A.10 — Rechteckiger (oben) und kreisförmiger (unten) Durchbruch eines Biegestabes

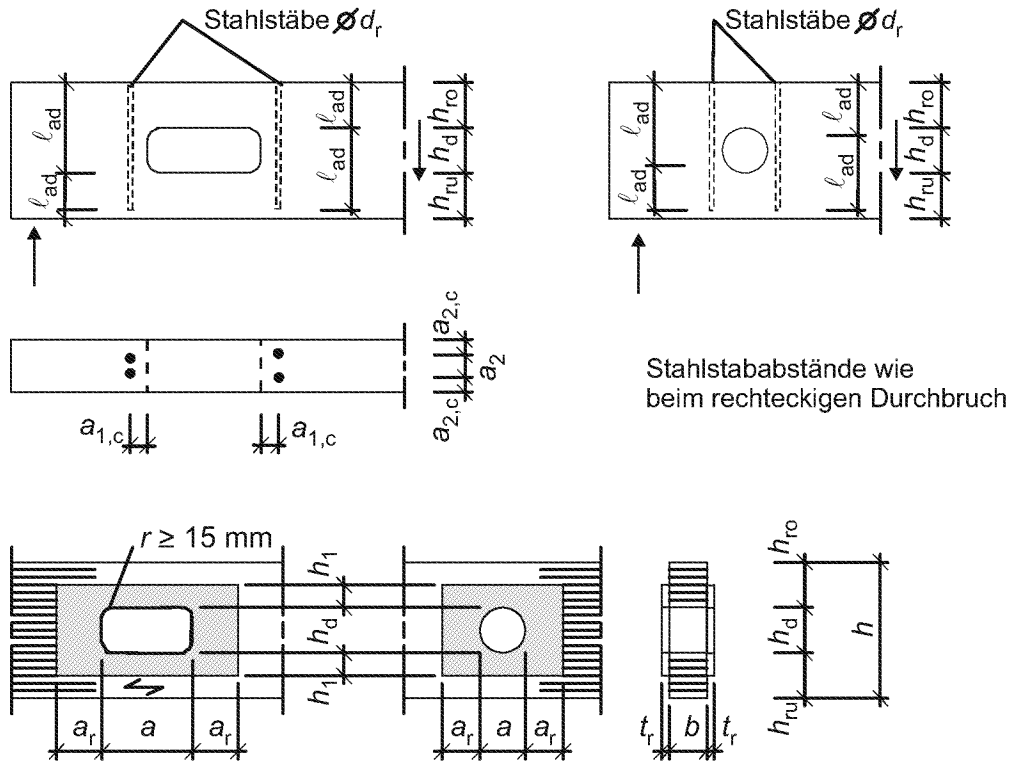


Bild A.11 — Beispiele für Verstärkungen von Durchbrüchen

#### A.6.5.5 Quersugverstärkungen für gekrümmte Träger und Satteldachträger aus Brettschichtholz

(1) Werden die Zugkräfte rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes vollständig durch Verstärkungselemente aufgenommen (siehe Absätze (3) bis (9)), dann darf die Bedingung nach Gleichung (6.50) und Gleichung (6.53) unbeachtet bleiben.

(2) Für Träger, bei denen die Zugkräfte rechtwinklig zur Faser vollständig durch Verstärkungselemente aufgenommen werden, sind die Verstärkungen in den beiden inneren Vierteln des quersugbeanspruchten Bereichs für eine Zugkraft  $F_{t,90,d}$  zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = \frac{\sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1}{n} \quad (\text{A.89})$$

Dabei ist

- $\sigma_{t,90,d}$  Bemessungswert der Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung nach Gleichung (6.54),
- $b$  Trägerbreite,
- $a_1$  Abstand der Verstärkungen in Trägerlängsrichtung in Höhe der Trägerachse,
- $n$  Anzahl der Verstärkungselemente im Bereich innerhalb der Länge  $a_1$ .

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

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

(3) Bei der Aufnahme der Zugkraft  $F_{t,90,d}$  durch eingeklebte Stahlstäbe ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{\text{ef},d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (\text{A.91})$$

$$\tau_{\text{ef},d} = \frac{2 \cdot F_{t,90,d}}{\pi \cdot \ell_{\text{ad}} \cdot d_r} \quad (\text{A.92})$$

Dabei ist

$F_{t,90,d}$  Bemessungswert der Zugkraft je Stahlstab,

$\ell_{\text{ad}}$  halbe Einklebelänge des Stahlstabes,

$d_r$  Stahlstabaußendurchmesser,

$f_{k1,d}$  Bemessungswert der Klebfugensfestigkeit für  $\ell_{\text{ad}} \leq 250$  mm (charakteristischer Wert siehe Tabelle A.4).

(4) Die Stahlstäbe müssen mit Ausnahme einer Randlamelle über die gesamte Trägerhöhe durchgehen.

(5) Für Träger, bei denen die Zugkräfte rechtwinklig zur Faser vollständig durch Verstärkungselemente aufgenommen werden, sollte der Abstand der Stahlstäbe an der Trägeroberkante untereinander mindestens 250 mm, jedoch nicht mehr als 75 % der Trägerhöhe  $h_{\text{ap}}$  betragen.

(6) Bei der Aufnahme der Zugkraft  $F_{t,90,d}$  durch seitlich aufgeklebte Verstärkungen ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{\text{ef},d}}{f_{k3,d}} \leq 1 \quad (\text{A.93})$$

$$\tau_{\text{ef},d} = \frac{2 \cdot F_{t,90,d}}{\ell_r \cdot \ell_{\text{ad}}} \quad (\text{A.94})$$

Dabei ist

$F_{t,90,d}$  Bemessungswert der Zugkraft je Verstärkungsplatte,

$\ell_{\text{ad}}$  Höhe der aufgeklebten Verstärkung oberhalb oder unterhalb der Trägerachse,

$\ell_r$  Länge der Verstärkung in der Trägerachse,

$f_{k3,d}$  Bemessungswert der Klebfugensfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle A.4).

(7) Für die Zugspannung in den aufgeklebten Verstärkungen ist nachzuweisen, dass

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (\text{A.95})$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{t_r \cdot \ell_r} \quad (\text{A.96})$$

Dabei ist

$t_r$  Dicke einer Verstärkung,

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

**Tabelle A.4 — Rechenwerte für charakteristische Festigkeitskennwerte in  $N/mm^2$  für Klebfugen bei Verstärkungen<sup>a</sup>**

	1	2	3		
			Wirksame Einkleblänge $\ell_{ad}$ des Stahlstabes		
1			$\leq 250$ mm	$250 \text{ mm} < \ell_{ad} \leq 500$ mm	$500 \text{ mm} < \ell_{ad} \leq 1000$ mm
2	$f_{k1,k}$	Klebfuge zwischen Stahlstab und Bohrlochwandung	4,0	$5,25 - 0,005 \ell_{ad}$	$3,5 - 0,0015 \ell_{ad}$
3	$f_{k2,k}$	Klebfuge zwischen Trägeroberfläche und Verstärkungsplatte	0,75		
4	$f_{k3,k}$	Klebfuge zwischen Trägeroberfläche und Verstärkungsplatte bei gleichmäßiger Einleitung der Schubspannung	1,50		

<sup>a</sup> Die Angaben der Tabelle dürfen nur angewendet werden, wenn die Eignung des Klebersystems nachgewiesen ist.

## A.7 Zu DIN EN 1995-1-1, 7 „Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit“

(1) Für eingeklebte Stahlstäbe ist der Verschiebungsmodul  $K_{ser}$  wie für Bolzen und Stabdübel gemäß Tabelle 7.1 anzunehmen.

## A.8 Zu DIN EN 1995-1-1, 8 „Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln und metallischen Verbindungselementen“

### A.8.1 Zugverbindungen

(1) Bei symmetrisch ausgeführten Zugverbindungen mit Schrauben, Bolzen, Passbolzen und Nägeln in nicht vorgebohrten Nagellöchern darf beim Nachweis der Tragfähigkeit der einseitig beanspruchten Bauteile das Zusatzmoment vereinfacht durch eine Verminderung des Bemessungswertes der Zugtragfähigkeit um ein Drittel berücksichtigt werden.

(2) Bei Zuganschlüssen mit anderen Verbindungsmitteln darf der vereinfachte Nachweis nach (1) geführt werden, wenn die Verkrümmung der einseitig beanspruchten Bauteile durch auf Herausziehen beanspruchbare Verbindungsmittel verhindert wird.

— Bei stiftförmigen Verbindungsmitteln sind in der ersten beziehungsweise letzten Verbindungsmittelreihe Verbindungsmittel mit einer ausreichenden Beanspruchbarkeit auf Herausziehen zu verwenden (siehe Bild A.12 oben).

— Bei anderen Verbindungsmitteln sind vor beziehungsweise hinter dem eigentlichen Anschluss diese Verbindungsmittel zusätzlich anzuordnen (siehe Bild A.12 unten).

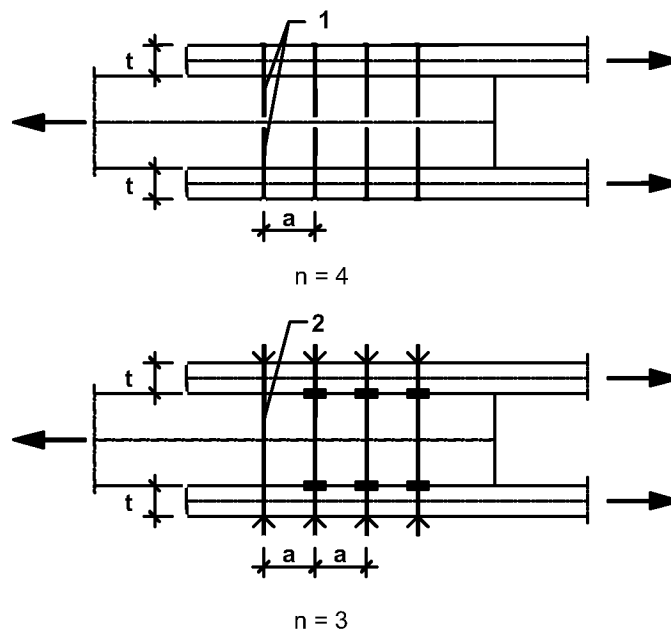
(3) Die ausziehfesten Verbindungsmittel nach (2) sind für eine in Richtung der Stiftachse wirkende Zugkraft  $F_{t,d}$  zu bemessen:

$$F_{t,d} = \frac{F_d \cdot t}{2 \cdot n \cdot a} \quad (\text{A.97})$$

Dabei ist

- $F_d$  Normalkraft in der einseitig beanspruchten Lasche,
- $n$  Anzahl der zur Übertragung der Scherkraft in Richtung der Kraft  $F_d$  hintereinander angeordneten Verbindungsmittel, ohne die zusätzlichen ausziehfesten Verbindungsmittel,
- $t$  Dicke der Lasche,
- $a$  Abstand der auf Herausziehen beanspruchten Verbindungsmittel von der nächsten Verbindungsmittelreihe.

(4) Bei Zuganschlüssen mit anderen Verbindungsmitteln ohne Maßnahmen zur Verhinderung der Verkrümmung darf der Nachweis entsprechend Absatz (1) durch eine Verminderung des Bemessungswertes der Zugtragfähigkeit um 60 % geführt werden.



#### Legende

- 1 ausziehfeste Verbindungsmittel
- 2 zusätzliche ausziehfeste Verbindungsmittel

**Bild A.12 — Maßnahmen zur Vermeidung der Verkrümmung einseitig beanspruchter Bauteile in Zuganschlüssen**

### A.8.2 Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel

(1) Wird die Lasteinwirkung auf eine Verbindung von unterschiedlichen Verbindungsmitteln aufgenommen, sind die Unterschiede in der Nachgiebigkeit zu berücksichtigen. Kleber und mechanische Verbindungsmittel dürfen wegen des sehr unterschiedlichen Lastverformungsverhaltens nicht als gemeinsam wirkend in Rechnung gestellt werden.

(2) Bei Verbindungsmitteln mit einem duktilen Tragverhalten darf die unterschiedliche Verformung der Verbindungsmittel bei Erreichen der Traglast dadurch berücksichtigt werden, dass die Tragfähigkeit des Verbindungsmittels, auf das rechnerisch der kleinere Teil der zu übertragenden Kraft entfällt, auf zwei Drittel abgemindert wird.

(3) Folgende Verbindungsmittel dürfen als duktil im Sinne des Absatzes (2) betrachtet werden:

- auf Abscheren beanspruchte Stifte, die nach den vereinfachenden Regeln in A.8.3 bemessen sind,
- auf Abscheren beanspruchte schlanke Stifte mit einem Verhältnis von Holzdicke zu Stiftdurchmesser von mindestens 6, die nach den Regeln nach 8.2 bemessen sind,
- Kontaktanschlüsse,
- Einpressdübel,
- Verbindungsmittel in Verbindungen, bei denen das Spalten des Holzes im Verbindungsbereich durch Querkzugverstärkungen verhindert wird.

### A.8.3 DIN EN 1995-1-1, 8.2 „Tragfähigkeit metallischer, stiftförmiger Verbindungsmittel auf Abscheren“

#### A.8.3.1 Allgemeines

(1) Abweichend von den Angaben in Abschnitt 8.2.2 und Abschnitt 8.2.3 darf die Tragfähigkeit von auf Abscheren beanspruchten stiftförmigen Verbindungsmitteln nach den in A.8.3.2 bis A.8.3.4 angegebenen vereinfachten Regeln ermittelt werden.

(2) Die Bestimmungen für Verbindungen mit Nägeln in 8.3, mit Klammern in 8.4, mit Bolzen in 8.5, mit Stabdübeln und Passbolzen in 8.6 und mit Schrauben in 8.7 sind in jedem Falle zusätzlich zu beachten.

(3) Bei Herstellung der Verbindungen dürfen stiftförmige Verbindungsmittel bei Einhaltung der Mindestabstände um den halben Durchmesser gegenüber den Risslinien versetzt oder nicht versetzt angeordnet werden.

#### A.8.3.2 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 den in 8.3 bis 8.7 behandelten Verbindungsmitteln hergestellt sind, der charakteristische Wert der Tragfähigkeit  $R_k$  pro Scherfuge und Verbindungsmittel wie folgt berechnet werden:

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (\text{A.98})$$

Die Mindestdicke  $t_{1,req}$  für das Seitenholz 1 (siehe Bild 8.4) beträgt:

$$t_{1,req} = 1,15 \cdot \left( 2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d}} \quad (\text{A.99})$$

Die Mindestdicke  $t_{2,req}$  für das Seitenholz 2 (siehe Bild 8.4a) einer einschnittigen Verbindung beträgt:

$$t_{2,req} = 1,15 \cdot \left( 2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad (\text{A.100})$$

Die Mindestdicke  $t_{2,req}$  für Mittelhölzer (siehe Bild 8.4b) mit zweischnittig beanspruchten Verbindungsmitteln beträgt:

$$t_{2,req} = 1,15 \cdot \left( \frac{4}{\sqrt{1+\beta}} \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad (\text{A.101})$$

Dabei ist

$t_1, t_2$  Holz- oder Holzwerkstoffdicken oder Eindringtiefe des Verbindungsmittels (der kleinere Wert ist maßgebend, siehe z. B. Bild 8.4),

$f_{h,1,k}, f_{h,2,k}$  charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit im Holz 1 bzw. 2,

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k}$ ,

$d$  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 (A.98) mit dem kleineren der Verhältnismerte  $t_1/t_{1,req}$  und  $t_2/t_{2,req}$  multipliziert wird.

(3) Die Bemessungswerte der nach A.8.3.2 bis A.8.3.4 ermittelten Tragfähigkeiten sind wie folgt zu berechnen:

$$R_d = \frac{k_{mod} \cdot R_k}{\gamma_M} \quad \text{mit } \gamma_M = 1,1 \quad (\text{A.102})$$

Unterscheiden sich bei Holzwerkstoff-Holz-Verbindungen die Modifikationsbeiwerte  $k_{mod}$  der beiden miteinander verbundenen Bauteile ( $k_{mod,1}$  und  $k_{mod,2}$ ), dann darf für  $k_{mod}$  folgender Wert angenommen werden:

$$k_{mod} = \sqrt{k_{mod,1} \cdot k_{mod,2}} \quad (\text{A.103})$$

### A.8.3.3 Stahlblech-Holz-Verbindungen

(1) 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 innen liegenden Stahlblechen und mit außen liegenden dicken Stahlblechen (siehe Absatz (1) und (2)) wie folgt berechnet werden:

$$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2} \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d \quad (\text{A.104})$$

Die Mindestholzdicke  $t_{req}$  beträgt:

$$t_{req} = 1,15 \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad (\text{A.105})$$



(2) Falls die Bedingung über die Mindestholzdicke  $t_{\text{req}}$  eingehalten ist, darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Verbindungsmittel für Verbindungen mit außen liegenden dünnen Stahlblechen (siehe Absatz (1)) wie folgt berechnet werden:

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad (\text{A.106})$$

Die Mindestholzdicke  $t_{\text{req}}$  beträgt für Mittelhölzer mit zweischnittig beanspruchten Verbindungsmitteln

$$t_{\text{req}} = 1,15 \cdot (2\sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad (\text{A.107})$$

und für alle anderen Fälle

$$t_{\text{req}} = 1,15 \cdot (2 + \sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad (\text{A.108})$$

(3) Für Stahlblechdicken  $t_s$  zwischen  $0,5 \cdot d$  und  $d$  darf bei der Berechnung des charakteristischen Wertes der Tragfähigkeit zwischen den Werten nach Gleichung (A.104) und Gleichung (A.106) geradlinig interpoliert werden. Vereinfachend dürfen in diesen Fällen die Mindestholzdicken nach den Gleichungen (A.105) und (A.107) ermittelt und erforderlichenfalls geradlinig interpoliert werden.

(4) Ist die Holzdicke  $t$  geringer als die Mindestholzdicke  $t_{\text{req}}$ , darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit  $R_k$  ermittelt werden, indem der Wert  $R_k$  nach Gleichung (A.104) bzw. (A.106) mit dem Verhältniswert  $t/t_{\text{req}}$  multipliziert wird.

(5) Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit sind nach Gleichung (A.102) zu berechnen. Dabei ist  $k_{\text{mod}}$  der Modifikationsbeiwert für das Holz oder den Holzwerkstoff.

#### A.8.3.4 Zu DIN EN 1995-1-1, 8.3 „Verbindungen mit Nägeln“

##### A.8.3.4.1 Allgemeines

(1) Abweichend von A.8.3.1 bis A.8.3.3 darf der vereinfachte Nachweis der Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zur Nagelachse (Abscheren) nach den im Folgenden angegebenen Regeln geführt werden. Die Bezeichnungen  $t_1$  bzw.  $t_2$  sind in Bild 8.4 definiert. Bei zweischnittigen Verbindungen ist  $t_1$  der kleinere Wert aus Seitenholzdicke und Eindringtiefe des Nagels.

(2) Nägel mit angerolltem Schaft werden im Folgenden auch als profilierte Nägel bezeichnet. Der Nagelschaft von profilierten Nägeln darf über die gesamte Nagellänge oder ausgehend von der Nagelspitze über einen Teil der Nagellänge angerollt sein.

ANMERKUNG: Als profilierte Nägel gelten Nägel, deren Schaft über eine Länge von mindestens dem sechsfachen des Nenndurchmessers angerollt ist und deren in Übereinstimmung mit DIN EN 1382 und DIN EN 14358 ermittelter charakteristischer Wert der Ausziehfestigkeit  $f_{ax,k}$  mindestens  $6 \text{ N/mm}^2$  beträgt.

(3) Nägel dürfen beharzt sein.

(4) Bei Anschlüssen von Holzwerkstoffen an Bauteile aus Holz 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.

(5) 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 genauerer Nachweis erforderlich, sofern die Berührungsflächen im Anschlussbereich nicht passend bearbeitet sind.

#### A.8.3.4.2 Holz-Holz-Nagelverbindungen

(1) Wenn die Bedingung über die Mindestholzdicke nach Gleichung (A.109) eingehalten ist darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Nagel für Verbindungen von Bauteilen aus Nadelholz angenommen werden zu:

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (\text{A.109})$$

Hierin darf für  $f_{h,1,k}$  der größere Wert der Lochleibungsfestigkeiten der miteinander verbundenen Bauteile eingesetzt werden.

(2) Abweichend von den Gleichungen (A.99) bis (A.101) dürfen die Mindestdicken  $t_{i,req}$  (Holzdicken oder Eindringtiefen der Nägel mit rundem Querschnitt) für Verbindungen zwischen Bauteilen aus Nadelholz angenommen werden zu:

$$t_{req} = 9 \cdot d \quad (\text{A.110})$$

(3) Abweichend von 8.3.1.1 (9) dürfen Befestigungen von Schalungen, Trag- und Konterlatten und Zwischenanschlüsse von Windrispen mit nur einem Nagel erfolgen. Dies gilt auch für die Befestigung von Sparren und Pfetten auf Bindern und Rähmen sowie von Querträgern auf Rahmenhölzern, wenn diese Bauteile insgesamt mit mindestens zwei Nägeln angeschlossen sind.

(4) Bei Einschlagtiefen unter  $4 \cdot d$  darf die der Nagelspitze nächstliegende Scherfuge nicht in Rechnung gestellt werden.

(5) Bei tragenden Nägeln und bei Hefnägeln 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.

#### A.8.3.4.3 Holzwerkstoff- oder Gipswerkstoff-Holz-Nagelverbindungen

(1) Zur Vermeidung von Abplatzungen auf der Unterseite von Spanplatten oder Gipskartonplatten sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

(2) Die Regeln für Holz-Holz-Nagelverbindungen nach A.8.3.4 gelten sinngemäß. Für Gipswerkstoff-Holz-Verbindungen sind nur Nägel nach DIN 18182-4 zulässig.

(3) Für Gipskartonplatten nach DIN 18180 darf folgender charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

$$f_{h,k} = 3,9 \cdot d^{-0,6} \cdot t^{0,7} \quad \text{N/mm}^2 \quad (\text{A.111})$$

Dabei ist

$d$  Durchmesser in mm,

$t$  Plattendicke in mm.

(4) Abweichend von Gleichung (A.98) darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Nagel für Verbindungen von Holz- oder Gipswerkstoffen mit Bauteilen aus Holz angenommen werden zu:

$$R_k = A \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (\text{A.112})$$

Dabei ist

$A$  Faktor nach Tabelle A.5,

$f_{h,1,k}$  charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit des Holz- oder Gipswerkstoffes.

(5) Bei einschnittigen Holzwerkstoff-Holz-Nagelverbindungen mit profilierten Nägeln, nicht jedoch bei Gipskarton-Holz-Verbindungen, darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit  $R_k$  nach Gleichung (A.112) um einen Anteil  $\Delta R_k$  erhöht werden:

$$\Delta R_k = \min \{0,5 \cdot R_k; 0,25 \cdot R_{ax,k}\} \quad (\text{A.113})$$

Dabei ist

$R_{ax,k}$  Ausziehungswiderstand des profilierten Nagels nach Gleichung (8.23).

(6) Abweichend von den Gleichungen (A.99) bis (A.101) dürfen die in Tabelle A.5 angegebenen Mindestdicken  $t_{req}$  für Verbindungen zwischen Bauteilen aus Holz- oder Gipswerkstoffen und Holz angenommen werden.

(7) Für Gipskarton-Holz-Verbindungen ist der Mindestnagelabstand abweichend von Tabelle 8.2 mit  $a_1 = 20 \cdot d$  anzunehmen.

**Tabelle A.5 — Werte des Faktors  $A$  in Gleichung (A.112) und der erforderlichen Holzwerkstoffdicken**

	1	2	3	4
1	<b>Holzwerkstoff</b>	<b>Faktor <math>A</math> in Gleichung (A.112)</b>	<b>Erforderliche Dicke <math>t_{req}</math> für außen liegende Holzwerkstoffplatten (einschnittige Verbindung)</b>	<b>Erforderliche Dicke <math>t_{req}</math> für innen liegende Holzwerkstoffplatten (zweischrittige Verbindung)</b>
2	Sperrholz der Biegefestigkeitsklassen F 25/10 nach DIN EN 636:2003-11 mit einer charakteristischen Rohdichte von mindestens 400 kg/m <sup>3</sup>	0,9	$7 \cdot d$	$6 \cdot d$
3	Sperrholz der Biegefestigkeits- (F) und Biege-Elastizitätsmodul-Klassen (E) F 40/40 E60/40, F 50/25 E 70/25 und F 60/10 E 90/10 nach DIN EN 636:2003-11 mit einer charakteristischen Rohdichte von mindestens 600 kg/m <sup>3</sup>	0,8	$6 \cdot d$	$4 \cdot d$
4	OSB-Platten OSB/2, OSB/3 und OSB/4 nach DIN EN 13986:2002-09 Kunstharzgebundene Spanplatten der technischen Klassen P4, P5, P6 und P7 nach DIN EN 13986:2002-09	0,8	$7 \cdot d$	$6 \cdot d$
5	Faserplatten der technischen Klasse HB.HLA2 nach DIN EN 13986:2002-09	0,7	$6 \cdot d$	$4 \cdot d$
6	Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,1	$10 \cdot d$	—

(8) Der größte Abstand sollte in keiner Richtung  $40 \cdot d$  überschreiten. Bei Gipskarton-Holz-Verbindungen darf der größte Abstand  $60 \cdot d$ , höchstens jedoch 150 mm, betragen. Haben die Werkstoffplatten nur aussteifende Funktion, ist ein Abstand bis zu  $80 \cdot d$  zulässig. Dies gilt auch für den Anschluss mittragender Beplankungen an Mittelrippen von Wandtafeln.

(9) Die Mindestrandabstände in OSB-Platten, kunstharzgebundenen Spanplatten und Faserplatten der technischen Klasse HB.HLA2 betragen  $3 \cdot d$  und für Gipskartonplatten  $7 \cdot d$  für den unbeanspruchten Rand, soweit nicht die Nagelabstände im Holz maßgebend werden. Vom beanspruchten Plattenrand dürfen die Abstände der Nägel  $7 \cdot d$  bei OSB-Platten, kunstharzgebundenen Spanplatten und Faserplatten und  $10 \cdot d$  bei Gipskartonplatten nicht unterschreiten.

ANMERKUNG: Mindestrandabstände bei Bauteilen aus Sperrholz siehe 8.3.1.3 (2)

#### A.8.3.4.4 Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen

(1) Die Regeln für Holz-Holz-Verbindungen nach A.8.3.4.2 gelten sinngemäß.

(2) Abweichend von Gleichung (A.98) 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:

$$R_k = A \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad (\text{A.114})$$

Dabei ist

$A$  Faktor nach Tabelle A.6,

$f_{h,k}$  charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit des Holzes.

(3) Bei einschnittigen Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen mit profilierten Nägeln darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit  $R_k$  nach Gleichung (A.114) um einen Anteil  $\Delta R_k$  erhöht werden:

$$\Delta R_k = \min \{0,5 \cdot R_k; 0,25 \cdot R_{ax,k}\} \quad (\text{A.115})$$

Dabei ist

$R_{ax,k}$  Auszieh Widerstand des profilierten Nagels nach Gleichung (8.23).

**Tabelle A.6 — Werte des Faktors  $A$  in Gleichung (A.114) und der erforderlichen Holzdicken in Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen**

	1	2	3	4
1	<b>Stahlblech (vorgebohrt)</b>	<b>Faktor <math>A</math> in Gleichung (A.114)</b>	<b>Erforderliche Mittelholzdicke <math>t_{req}</math> (zweischrittige Verbindung)</b>	<b>Erforderliche Dicke <math>t_{req}</math> in allen anderen Fällen</b>
2	innen liegend oder dick und außen liegend	1,4	$10 \cdot d$	$10 \cdot d$
3	dünn und außen liegend	1,0	$7 \cdot d$	$9 \cdot d$
Zur Definition der dicken bzw. dünnen Stahlbleche siehe 12.2.3 (1) und (2).				

(4) Abweichend von den Gleichungen (A.105), (A.107) und (A.108) dürfen die in Tabelle A.6 angegebenen Mindestholzdicken  $t_{req}$  für Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen angenommen werden.

### A.8.3.5 Zu DIN EN 1995-1-1, 8.4 „Verbindungen mit Klammern“

- (1) Abweichend von 8.2.2 und 8.2.3 darf die Tragfähigkeit von Klammerverbindungen auch nach den in A.8.3.4 angegebenen vereinfachten Regeln ermittelt werden.
- (2) Für Gipswerkstoff-Holz-Verbindungen sind nur Klammern nach DIN 18182-3 zulässig.
- (3) 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.
- (4) A.8.3.4.3 (8) gilt sinngemäß.

### A.8.3.6 Zu DIN EN 1995-1-1, 8.5 „Verbindungen mit Bolzen“

- (1) Abweichend von 8.2.2 und 8.2.3 darf die Tragfähigkeit von Bolzenverbindungen auch nach den in A.8.3.1 bis A.8.3.3 angegebenen vereinfachten Regeln ermittelt werden.
- (2) Anstelle von Bolzen dürfen auch Gewindestangen verwendet werden.
- (3) Die Löcher für Gewindestangen dürfen bis zu 1 mm größer sein als der Nenndurchmesser (= Gewindeaußendurchmesser) der Gewindestange.
- (4) Für die Berechnung des charakteristischen Wertes des Fließmomentes nach Gl. (8.30) ist bei Gewindestangen für  $d$  der Mittelwert aus Kerndurchmesser und Gewindeaußendurchmesser einzusetzen.

### A.8.3.7 Zu DIN EN 1995-1-1, 8.6 „Verbindungen mit Stabdübeln oder Passbolzen“

#### A.8.3.7.1 Allgemeines

- (1) Sofern nicht ausdrücklich anders festgelegt, gelten die nachfolgend angegebenen Regeln für Stabdübel auch für Passbolzen.
- (2) Abweichend von 8.2.2 und 8.2.3 darf die Tragfähigkeit von Stabdübelverbindungen auch nach den in A.8.3.1 bis A.8.3.3 angegebenen vereinfachten Regeln ermittelt werden.
- (3) 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 außen liegenden Stahlblechen sind anstelle der Stabdübel Passbolzen zu verwenden. Dabei muss zur Aufnahme von Lochleibungskräften der volle Schaftquerschnitt des Passbolzens auf die erforderliche Länge vorhanden sein.
- (4) Tragende Verbindungen mit Stabdübeln sollten mindestens vier Scherflächen besitzen. Dabei sollten mindestens zwei Stabdübel vorhanden sein. Verbindungen mit nur einem Stabdübel sind zulässig, falls der charakteristische Wert der Tragfähigkeit nur zur Hälfte in Rechnung gestellt wird.
- (5) Wird das Spalten des Holzes durch eine Verstärkung rechtwinklig zur Faserrichtung verhindert, darf  $n_{ef} = n$  gesetzt werden. Für  $\alpha_1$  darf auch bei einem Winkel  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$  der Mindestwert nach Tabelle 8.5 für  $\alpha = 0^\circ$  eingesetzt werden.
- (6) In biegesteifen Verbindungen mit einem Stabdübelkreis, in den Fugen nachgiebig verbundener Bauteile sowie in den Verbindungen zwischen Rippen und Beplankung aussteifender Scheiben darf  $n_{ef} = n$  gesetzt werden.
- (7) In biegesteifen Verbindungen mit mehreren Stabdübelkreisen, z. B. Rahmenecken, ist die wirksame Anzahl  $n_{ef}$  wie folgt zu bestimmen:

$$n_{ef} = 0,85 \cdot n \quad (\text{A.116})$$

Dabei ist

$n$  Gesamtanzahl der Stabdübel in den Stabdübelkreisen.

Wird das Spalten des Holzes durch eine Verstärkung rechtwinklig zur Faserrichtung verhindert, darf  $n_{ef} = n$  gesetzt werden.

#### **A.8.3.8 Zu DIN EN 1995-1-1, 8.7 „Verbindungen mit Holzschrauben“**

(1) Die Tragfähigkeit von Verbindungen mit Holzschrauben mit einem Durchmesser  $d > 6$  mm darf abweichend von 8.2.2 und 8.2.3 auch nach den in A.8.3.1 bis A.8.3.3 angegebenen vereinfachten Regeln ermittelt werden.

(2) Die Tragfähigkeit von Verbindungen mit Holzschrauben mit einem Durchmesser  $d \leq 6$  mm darf abweichend von 8.2.2 und 8.2.3 auch nach den in A.8.3.4 angegebenen vereinfachten Regeln ermittelt werden.

(3) 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.

#### **A.8.3.9 Zu DIN EN 1995-1-1, 8.9 „Verbindungen mit Ring- und Scheibendübeln“ und DIN EN 1995-1-1, 8.10 „Verbindungen mit Scheibendübeln mit Zähnen“**

##### **A.8.3.9.1 Allgemeines**

(1) Bei Ringdübeln mit Dübeldurchmessern  $d_c \leq 95$  mm und bei zweiseitigen Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen 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 profilierte Nägel oder Holzschrauben ersetzt werden. Das gilt auch bei Scheibendübeln des Typs B1 und einseitigen Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen entsprechender Dübeldurchmesser für den Anschluss von Stahlteilen an Brettschichtholz. Der charakteristische Wert des Ausziehwiderstandes  $R_{ax,k}$  der profilierten Nägel oder Holzschrauben muss mindestens das 0,25fache der charakteristischen Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit betragen. Bei Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen darf dabei die Tragfähigkeit des profilierten Nagels oder der Holzschraube nicht in Rechnung gestellt werden.

##### **A.8.3.9.2 Dübeldeflflächen**

(1) Bei der Ermittlung von Querschnittsschwächungen durch Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart sind die in Tabelle A.7 angegebenen Dübeldeflflächen  $\Delta A$  und die Schwächung durch die Bohrlöcher für die Verbolzung zu berücksichtigen. Die Länge der Bohrlöcher darf hierbei rechnerisch um die Einlass-/Einpresstiefe  $h_e$  der Dübel verringert werden.

Tabelle A.7 — Dübelfehlflächen

Dübeltyp	Dübeldurchmesser	Rechenwert für die Dübelfehlfläche
	$d_c$ mm	$\Delta A$ mm <sup>2</sup>
A1 und B1	65	980
A1 und B1	80	1 200
A1 und B1	95	1 430
A1	126	1 890
A1 und B1	128	2 880
A1 und B1	160	3 600
A1 und B1	190	4 280
C1 und C2	50	170
C1 und C2	62	300
C1 und C2	75	420
C1 und C2	95	670
C1 und C2	117	1 000
C1	140	1 240
C1	165	1 490
C3	73 × 130 ( $a_1 \times a_2$ )	1 110
C4	73 × 130 ( $a_1 \times a_2$ )	1 110
C5	100 (Seitenlänge)	430
C5	130 (Seitenlänge)	690
C10	50	460
C10	65	590
C10	80	750
C10	95	900
C10	115	1 040
C11	50	540
C11	65	710
C11	80	870
C11	95	1 070
C11	115	1 240

### A.8.3.9.3 Verbindungen mit Ring- und Scheibendübeln 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 Dornen 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 A.13). Zum Zusammenhalten der Verbindung sind die nach Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. 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 10.4.3 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 A.8 angegebenen Mindestwerte nicht unterschreiten. Die Dübel besonderer Bauart sind mittig in die Hirnholzflächen der anzuschließenden Träger (Nebenträger) unter Beachtung der in Tabelle A.8 angegebenen Mindestwerte für die Randabstände und die Abstände untereinander einzubauen.

(4) Beträgt die charakteristische Rohdichte der miteinander verbundenen Bauteile mindestens  $350 \text{ kg/m}^3$ , dann darf für Ringdübel des Typs A1 der charakteristische Wert  $F_{v,H,Rk}$  der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit in einem Hirnholzanschluss angenommen werden zu:

$$F_{v,H,Rk} = \frac{k_H}{(1,3 + 0,001 \cdot d_c)} \cdot F_{v,0,Rk} \quad (\text{A.117})$$

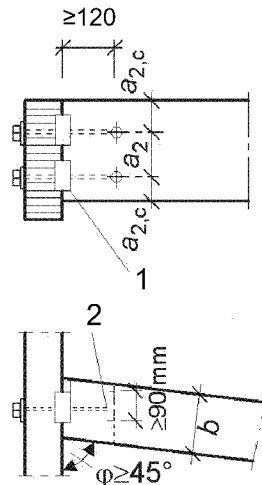
Dabei ist

$F_{v,0,Rk}$  charakteristischer Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (8.61),

$k_H$  Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses des Hirnholzes des anzuschließenden Trägers,

$d_c$  Dübeldurchmesser in mm.

Maße in mm



**Legende**

- 1 Dübel Typ nach A.8.3.9.3 (1)
- 2 Rundstahl  $\text{Ø } 24 - 40 \text{ mm}$

**Bild A.13 — Ausbildung eines Hirnholzanschlusses mit Dübeln besonderer Bauart**

(5) Der Beiwert  $k_H$  in Gleichung (A.117) 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) Beträgt die charakteristische Rohdichte der miteinander verbundenen Bauteile mindestens  $350 \text{ kg/m}^3$ , jedoch nicht mehr als  $500 \text{ kg/m}^3$ , dann darf für Scheibendübel mit Zähnen des Typs C1 und Scheibendübeln mit Dornen des Typs C10 der charakteristische Wert  $F_{v,H,Rk}$  der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit in einem Hirnholzanschluss angenommen werden zu:

$$F_{v,H,Rk} = 14 \cdot d_c^{1,5} + 0,8 \cdot F_{b,90,Rk} \quad (\text{A.118})$$

Hierin bedeutet:



$F_{b,90,Rk}$  charakteristische Tragfähigkeit des verwendeten Bolzens oder der Gewindestange nach Gleichung (A.106) mit der charakteristischen Lochleibungsfestigkeit  $f_{h,1,k}$  nach Gleichung (8.31) für  $\alpha = 90^\circ$ .

(7) Hirnholzanschlüsse mit charakteristischen Rohdichten der zu verbindenden Bauteile unter  $350 \text{ kg/m}^3$  sind unzulässig. Der Beiwert  $k_3$  ist bei Hirnholzanschlüssen mit 1,0 anzunehmen.

(8) Die Bemessungswerte der Tragfähigkeiten von Hirnholzanschlüssen mit Ring- und Scheibendübeln betragen:

$$F_{v,H,Rd} = n_c \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,H,Rk}}{\gamma_M} \quad (\text{A.119})$$

Dabei ist

$F_{v,H,Rk}$  charakteristischer Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach der Gleichung (A.117)

$n_c$  Anzahl der Verbindungseinheiten in einem Anschluss, mit  $n_c \leq 5$ ,

$\gamma_M$  Teilsicherheitsbeiwert für Verbindungen nach Tabelle 2.3.

**Tabelle A.8 — Anforderungen an die Holzmaße und die Dübelabstände bei Hirnholzanschlüssen mit Dübeln besonderer Bauart**

	1	2	3	4	5
1	Dübeltyp	Dübeldurchmesser $d_c$ mm	Mindestbreite des anzuschließenden Trägers mm	Mindestrand- abstand $a_{2,c}$ mm	Mindestabstand der Dübel untereinander $a_2$ 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

**A.9 Zu DIN EN 1995-1-1, 9 „Zusammengesetzte Bauteile und Tragwerke“**

**A.9.1 Zu DIN EN 1995-1-1, 9.1.3 „Nachgiebig verbundene Biegestäbe“**

(1) Für Teilquerschnitte aus Beton darf der Elastizitätsmodul nach DIN 1045-1 angesetzt werden. Beim Nachweis für den Endzustand darf vereinfachend das Kriechen des Betonteilquerschnitts durch Division des Elastizitätsmoduls durch 3,5 berücksichtigt werden.

**A.9.2 Zu DIN EN 1995-1-1, 9.2.3 „Dachscheiben“**

(1) Aussparungen in mittragenden Beplankungen dürfen beim Nachweis der Spannungen vernachlässigt werden, wenn auf einer Fläche von 2,5 m<sup>2</sup> einer Tafel die Gesamtfläche aller Aussparungen höchstens 300 cm<sup>2</sup> beträgt. Dabei darf die größte Ausdehnung der einzelnen Öffnung 200 mm nicht überschreiten; dieser Höchstwert gilt auch für die Summe aller Aussparungsbreiten innerhalb des Querschnitts einer Tafel. Bei nicht vernachlässigbaren Aussparungen oder anderen Unterbrechungen der Beplankung rechtwinklig zur Spannrichtung der Tafel (z. B. Beplankungsstöße) dürfen höchstens die durch die Unterbrechung begrenzten Teilfeldlängen eingesetzt werden.

(2) Die Größtwerte der wirksamen Breiten unter Berücksichtigung der Einflüsse der Schubverformung und des Ausbeulens der Beplankung dürfen Tabelle A.9 entnommen werden.

**Tabelle A.9 — 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	<b>Beplankung</b>	$\frac{E_{mean}}{G_{mean}} \leq$	<b>Berücksichtigung der Schubverformung</b>				<b>Berücksichtigung des Ausbeulens</b>
			bei Gleichstreckenlast	im Eintragungsbereich von Einzellasten $b_f/l \leq 0,4$			
			$b_f/l \leq 0,4$	$l/c_F \leq 5$	$l/c_F = 10$	$l/c_F = 20$	
2	Sperrholz mit der Faserrichtung der Deckfurniere: — parallel zu den Stegen	10	$0,2 \cdot \ell$	$0,1 \cdot \ell$	$0,05 \cdot \ell$	0	$20 \cdot h_f$
3	— rechtwinklig zu den Stegen	7	$0,2 \cdot \ell$	$0,15 \cdot \ell$	$0,1 \cdot \ell$	$0,05 \cdot \ell$	$25 \cdot h_f$
4	Furnierschichtholz mit Querlagen und mit der Faserrichtung der Deckfurniere: — parallel zu den Stegen	17	$0,15 \cdot \ell$	$0,05 \cdot \ell$	$0,05 \cdot \ell$	0	$20 \cdot h_f$
5	— rechtwinklig zu den Stegen	4	$0,25 \cdot \ell$	$0,2 \cdot \ell$	$0,15 \cdot \ell$	$0,1 \cdot \ell$	$25 \cdot h_f$
6	OSB-Platten und zementgebundene Spanplatten	6	$0,25 \cdot \ell$	$0,15 \cdot \ell$	$0,1 \cdot \ell$	$0,05 \cdot \ell$	$25 \cdot h_f$
7	Kunstharzgebundene Spanplatten und Faserplatten	2,5	$0,3 \cdot \ell$	$0,25 \cdot \ell$	$0,2 \cdot \ell$	$0,15 \cdot \ell$	$30 \cdot h_f$
Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.							

### A.9.3 Zu DIN EN 1995-1-1, 9.2.4 „Wandscheiben“

#### A.9.3.1 Zu vernachlässigende Öffnungen

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

#### A.9.3.2 Verbretterte Wandscheiben

(1) Werden Wandtafeln mit diagonaler Brettschalung ausgebildet, so dürfen die durch eine horizontale Kraft  $F_v$  verursachten Beanspruchungen vereinfachend am statischen Fachwerkmodell aus den vier Randrippen und einer Druckdiagonalen geführt werden.

(2) Die Brettschalung ist im Bereich der ganzen Tafel mit den gleichen Anschlüssen und Materialien herzustellen. Die Randrippen sind in den Ecken zug- und druckfest zu verbinden.

(3) Die Brettschalung und der Anschluss der Schalung an die Rippen ist für die Kraft der Druckdiagonalen zu bemessen.

(4) Für den Nachweis der Schalung dürfen rechnerisch Bretter berücksichtigt werden, die innerhalb einer ideellen Länge  $\ell_1 = 0,20 \ell$ , höchstens jedoch  $\ell_1 = 0,20 h$ , angeordnet sind. Als Knicklänge  $\ell_{ef}$  ist die Länge der Diagonalen zwischen den stützenden Rippen einzusetzen.

(5) Beim Anschluss der Brettschalung an die Rippen darf die erforderliche Nagel- oder Schraubenzahl auf die Länge  $\ell/2 + h/2$  gleichmäßig verteilt werden, wobei entsprechend (2) die Brettschalung umlaufend in gleicher Art an die Rippen anzuschließen ist.

### A.9.4 Zu DIN EN 1995-1-1, 9.2.5 „Verbände“

(1) Für einen durch einachsige Biegung beanspruchten Biegestab dürfen die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung berechnet werden. Abschnitt 6.3.3 gibt ein Verfahren zum Nachweis kippgefährdeter Stäbe mit beidseitiger Gabellagerung und über die Stablänge konstantem Biegemoment und konstantem Rechteckquerschnitt an.

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

$$T_d = M_d \cdot \left[ \frac{1}{80} - \frac{1}{60} \cdot \frac{e}{h} \cdot (1 - k_{crit}) \right] \quad (A.120)$$

aufnehmen kann.

Dabei ist

$M_d$  Bemessungswert des größten Biegemoments im Stab,

$e$  Mittenabstand der Aussteifung von der horizontalen Festhaltung des Stabes am Auflager (siehe Bild A. 22),

$h$  Stabhöhe,

$k_{crit}$  Kippbeiwert nach Gleichung (6.34) für den nicht ausgesteiften Biegestab.

## A.9.5 Flächentragwerke aus zusammengeklebten oder nachgiebig miteinander verbundenen Schichten

### A.9.5.1 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 A.1) 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:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (\text{A.121})$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (\text{A.122})$$

$$\left( \frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{\text{drill},d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (\text{A.123})$$

Dabei ist

$\sigma_{t,0,d}$	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 Drillspannung aus dem Drillmoment $m_{xy}$ in der Schicht (entspricht $\tau_{xy}$ in Bild A.1),
$\tau_d$	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:

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d}} + \frac{\tau_{R,d}}{f_{R,d}} \leq 1 \quad (\text{A.124})$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} + \frac{\tau_{R,d}}{f_{R,d}} \leq 1 \quad (\text{A.125})$$

Dabei ist

$\sigma_{t,90,d}$	Bemessungswert der Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung in der Schicht aus Biegung und Normalkraft,
-------------------	---

ANMERKUNG Bei Schichten aus Schnittholz darf mit  $E_{90} = 0$  gerechnet werden. Damit wird rechnerisch  $\sigma_{t,90,d} = 0$ .

- $\sigma_{c,90,d}$  Bemessungswert der Druckspannung rechtwinklig zur Faserrichtung in der Schicht aus Biegung und Normalkraft,
- $\tau_{R,d}$  Bemessungswert der Rollschubspannung in der Schicht.
- $f_{R,d}$  Bemessungswert der Rollschubfestigkeit  
 $f_{R,d}$  darf für alle Festigkeitsklassen mit 1,0 N/mm<sup>2</sup> in Rechnung gestellt werden.

(4) Bei zusammengeklebten Schichten gilt für den Nachweis der Klebfuge Abschnitt A.11.

(5) Bei Schichten, die mit mechanischen Verbindungsmitteln verbunden sind, gilt für den Nachweis der Schubübertragung Abschnitt 8.

#### A.9.5.2 Flächen aus Vollholzlamellen

(1) Beim Nachweis der Tragwirkung in Faserrichtung dürfen die Bemessungswerte der Biege- und Schubfestigkeit um einen Systembeiwert  $k_{sys}$  erhöht in Rechnung gestellt werden:

$$f_{m,\ell,d} = k_{sys} \cdot f_{m,d} \quad (A.126)$$

$$f_{v,\ell,d} = k_{sys} \cdot f_{v,d} \quad (A.127)$$

Dabei ist

- $f_{m,d}$  Bemessungswert der Biegefestigkeit der Lamelle,
- $f_{v,d}$  Bemessungswert der Schubfestigkeit der Lamelle,
- $k_{sys}$  Systembeiwert nach Bild 6.12

Die Anzahl der mitwirkenden Lamellen ergibt sich wie folgt:

$$n = b_{ef} / b_{lam} \quad (A.128)$$

Dabei ist

- $b_{ef}$  mitwirkende Breite;  $b_{ef} = M_{Träger} / m_{Platte}$ ,
- $M_{Träger}$  Biegemoment aus Trägerberechnung,
- $m_{Platte}$  Biegemoment aus Plattenberechnung,
- $b_{lam}$  Breite der Lamelle nach Bild A.2.

(2) Für die Spannungen rechtwinklig zur Lamellenrichtung, die aus einer Teilflächenbelastung herrühren, müssen die Bedingungen der Gleichungen (A.124) und (A.125) 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 8 nachzuweisen.

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

$$q_{v,d} \leq \mu_d \cdot \sigma_{p,min} \cdot h \quad (\text{A.129})$$

Dabei ist

$q_{v,d}$  Bemessungswert der Querkraft, die von Lamelle zu Lamelle zu übertragen ist,

$\sigma_{p,min}$  geringste verbleibende Langzeitquerdruckspannung infolge der Vorspannung,

$h$  Dicke der Platte,

$\mu_d$  Bemessungswert für den Reibungskoeffizienten:

sägerau-sägerau 0,3,

gehobelt-gehobelt 0,2,

sägerau-gehobelt 0,2,

Holz-Beton 0,4.

### A.9.5.3 Theorie II. Ordnung, Stabilitätsnachweise

(1) Die Schnittgrößen ebener Flächen mit Druckkräften aus Scheibenbeanspruchung sind nach Theorie II. Ordnung zu berechnen. Dabei sind für die Schnittgrößenermittlung von Tragwerken aus mehreren Stäben die durch den Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  dividierten Mittelwerte der Steifigkeitskennwerte zu verwenden. Für die Schnittgrößenermittlung von Einzelstäben sind die durch den Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  dividierten 5%-Quantilwerte der Steifigkeitskennwerte zu verwenden. Dies ist nicht erforderlich, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\ell_{ef} \cdot \sqrt{\frac{N_d \cdot \gamma_M}{E_{0,mean} \cdot I}} \leq 1 \quad (\text{A.130})$$

Dabei ist

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

$E_{0,mean} \cdot I$  Biegesteifigkeit für die Breite  $b = 1$  nach A.5.2,

$N_d$  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 9.1 bzw. die Bedingungen nach den Gleichungen 9.8 und 9.9 eingehalten sind.

## A.10 Zu DIN EN 1995-1-1, 10 „Ausführung und Überwachung“

### A.10.1 Nachweis der Eignung zum Kleben von tragenden Holzbauteilen

(1) Die Ausführung von Klebarbeiten zur Herstellung tragender Holzbauteile und von Brettschichtholz erfordert eine besondere Sachkunde der damit betrauten Personen und eine besondere Ausstattung der Betriebe mit geeigneten Einrichtungen.

(2) Betriebe, die Klebarbeiten zur Herstellung tragender Holzbauteile und von Brettschichtholz 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.

## A.10.2 Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz

### A.10.2.1 Allgemeines

(1) Die nachfolgenden Regeln gelten für das Kleben von Brettschichtholzbauteilen mit einer Einzeildicke  $a_i \geq 60$  mm zu Verbundbauteilen verschiedener Querschnittsformen (siehe Bild A.14).

(2) Klebfugen zwischen den Einzelbauteilen werden auch als Blockfugen bezeichnet. Sie dürfen eine Dicke bis zu 2 mm haben.

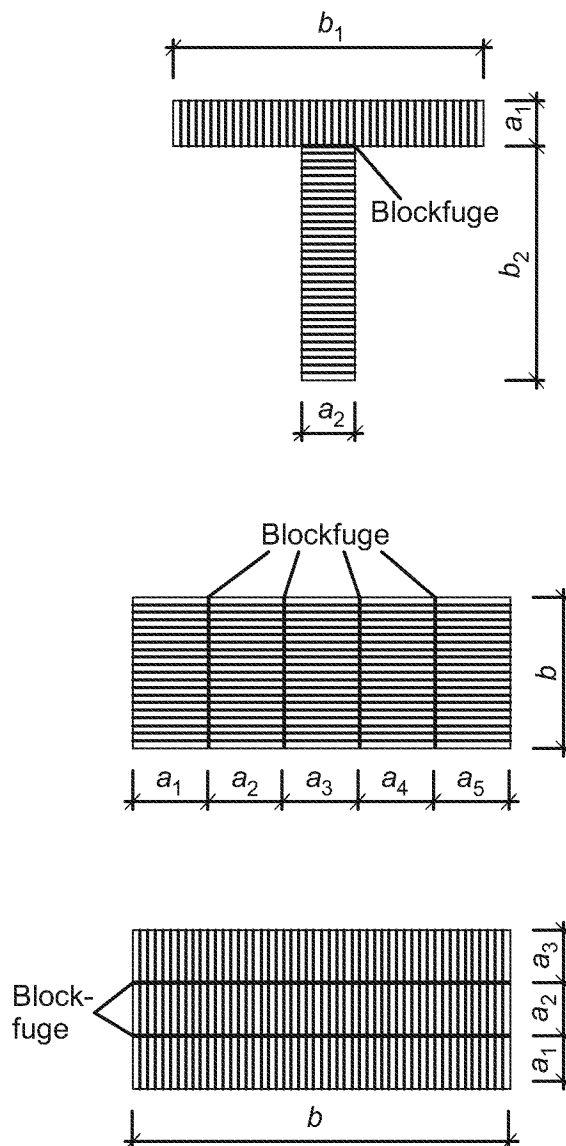


Bild A.14 — Beispiele für mögliche Querschnittsformen von Verbundbauteilen aus Brettschichtholz

### A.10.2.2 Anforderungen an die Herstellung

- (3) Der Unterschied der durchschnittlichen Holzfeuchten der Einzelbauteile darf höchstens 3% betragen.
- (4) Die Einzelbauteile dürfen entweder vollflächig über die gesamte Breite oder streifenförmig über Teilbereiche der Breite der Kontaktflächen miteinander verklebt werden (siehe Bild A.15).
- (5) Die Eignung der für die Klebung der Blockfugen verwendeten Klebstoffe muss - unter Beachtung der zulässigen Fugendicke - nachgewiesen sein.
- (6) 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

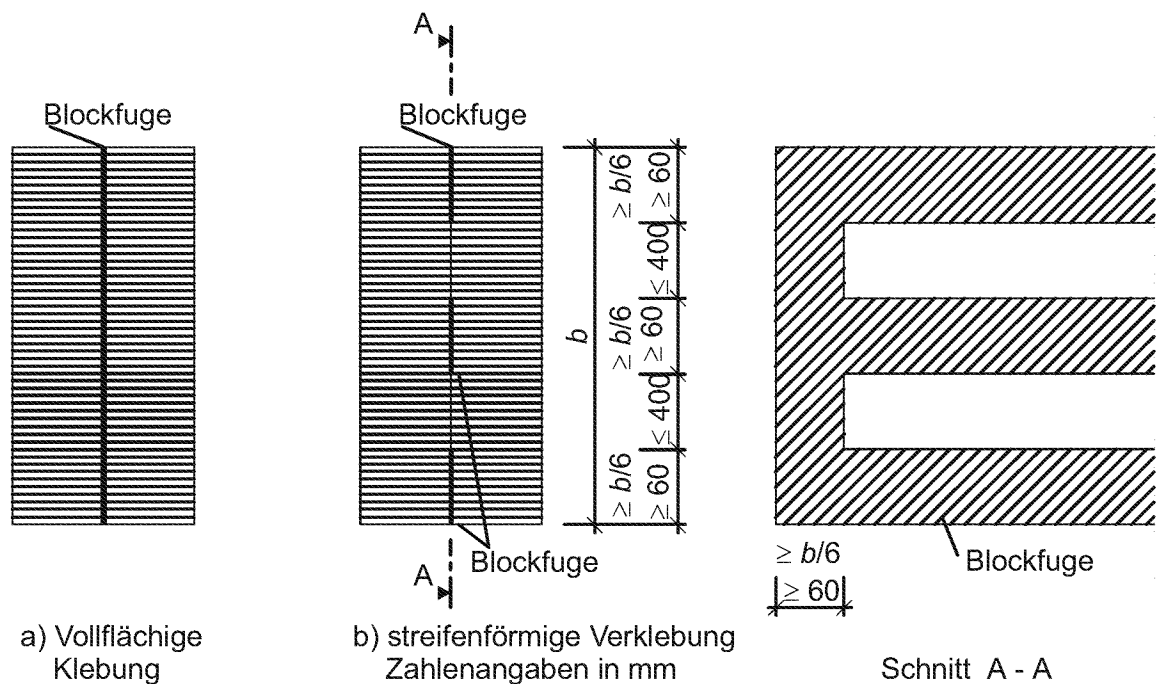


Bild A.15 — Klebung der Blockfugen

(7) 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.

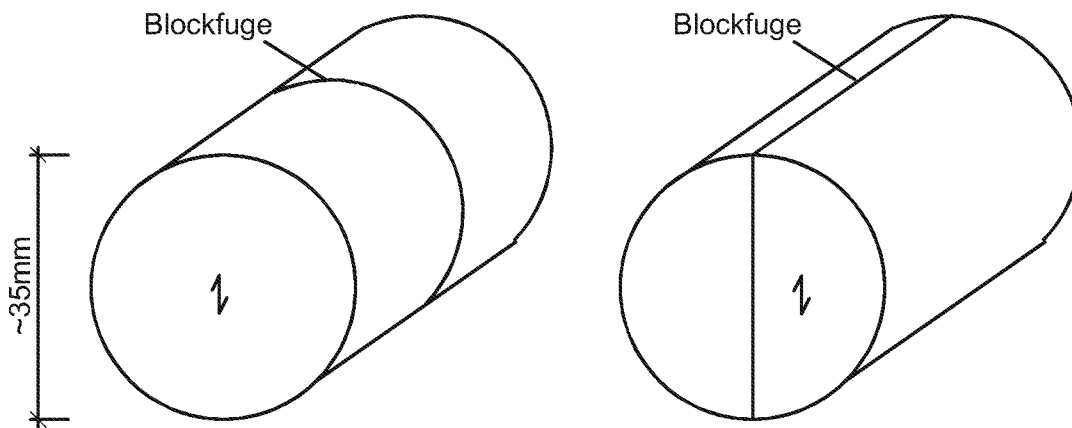
(8) Die für das Aufbringen des Pressdruckes erforderlichen Vorrichtungen sind für den Pressdruck und erforderlichenfalls zusätzlich für die Rückstellkräfte aus dem Krümmen der Einzelbauteile zu bemessen.

### A.10.2.3 Werkseigene Produktionskontrolle

- (1) Zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Klebung der Einzelbauteile hat der Hersteller mindestens zwei Bohrkern pro Bauteil zu entnehmen und zu prüfen.
- (2) Die Bohrkern müssen der in Bild A.16 dargestellten Form entsprechen. Die Bohrlöcher sind nach der Entnahme der Bohrkern z.B. durch Verguss mit Epoxydharz 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 A.16 — Geometrie der Bohrkern**

### A.10.2.4 Fremdüberwachung

- (1) Im Rahmen der Fremdüberwachung dürfen Proben für Stichprobenprüfungen nach Abschnitt A.10.2.3, Absatz (2) bis (5) entnommen werden.

## A.11 Geklebte Verbindungen

### A.11.1 Allgemeines

- (1) Die nachfolgenden Regeln gelten für geklebte Verbindungen in tragenden Bauteilen.
- (2) Für die Ausführung von Klebarbeiten zur Herstellung tragender Holzbauteile, von Brettschichtholz und geklebten Verbindungen muss der Hersteller bzw. der Ausführende im Besitz des jeweils erforderlichen Nachweises der Eignung sein (siehe A.10.1). Für geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz gilt zusätzlich A.10.2.
- (3) Der Klebstoff darf als geeignet angesehen werden, wenn er den Anforderungen nach Abschnitt 3.6 entspricht. Ist dies nicht der Fall, ist der Nachweis der Eignung des Klebstoffes für den vorgesehenen Anwendungsbereich z. B. über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung zu führen.
- (4) Es dürfen gemäß den Vorgaben nach A.11.2 bis A.11.7 folgende Baustoffe miteinander verklebt werden:
  - Vollholz,
  - Brettschichtholz,
  - Balkenschichtholz,
  - Furnierschichtholz,
  - Brettsperrholz,

- Sperrholz,
- OSB-Platten, sofern die zu verklebenden Flächen geschliffen sind,
- kunstharzgebundene Spanplatten.

(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 Bauteilen aus Holz darf der Anschnittwinkel zwischen Klebfuge und Faserrichtung des Holzes höchstens  $15^\circ$  betragen.

(7) Bei Verbindungen nach A.11.2, A.11.4, A.11.5 und A.11.6 gelten die Anforderungen an die Dicken der Klebfugen nach DIN EN 302-1:1992-08. Die Klebfugen zwischen den Einzelquerschnitten von Verbundbauteilen nach A.11.7 dürfen eine Dicke bis zu 2 mm haben.

(8) Die Raumtemperatur beim Kleben und Aushärten muss mindestens  $20^\circ\text{C}$  betragen. Die Temperatur der Baustoffe muss mindestens  $18^\circ\text{C}$  betragen.

(9) Bei flächigen Klebungen ist als Bemessungswert der Scherfestigkeit der Klebfuge der jeweils kleinere Bemessungswert der Schubfestigkeit bzw. der Rollschubfestigkeit der zu verklebenden Bauteile anzunehmen. Dies gilt nicht für den Nachweis der Klebfuge für Verstärkungen nach A.6.5.

(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. Die Vorgaben des Eignungsnachweises des Klebstoffs sind zu berücksichtigen.

### A.11.2 Schraubenpressklebung

(1) Beim Aufkleben von Brett lamellen aus Vollholz bis zu einer Dicke von 35 mm und Holzwerkstoffplatten nach A.11.1 (4) bis zu einer Dicke von 50 mm darf der Pressdruck mittels Schraubenpressklebung aufgebracht werden.

(2) Es dürfen nur selbstbohrende Schrauben mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung und einem Nenndurchmesser  $d \geq 4$  mm verwendet werden. Die Gewindelänge im Holzteil mit der Schraubenspitze muss mindestens 40 mm betragen, mindestens jedoch gleich der Plattendicke sein. In der aufzuklebenden Lamelle oder Platte darf kein Schraubengewinde vorhanden sein.

(3) Es ist mindestens eine Schraube je  $15\,000\text{ mm}^2$  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.

### A.11.3 Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben

#### A.11.3.1 Allgemeines

(1) Die Festlegungen gelten für Verbindungen in Bauteilen aus Holz mit eingeklebten Gewindebolzen mit metrischem Gewinde nach DIN 976-1 und Betonrippenstählen nach DIN 488-1 mit einem Nenndurchmesser  $d$  von mindestens 6 mm und höchstens 30 mm.

(2) Besteht eine Verbindung aus mehreren zusammenwirkenden Gewindebolzen, die in Richtung ihrer Stabachse beansprucht und mit einem anderen Bauteil verschraubt werden, müssen die Muttern so angezogen werden, dass die Zugkräfte zwischen den einzelnen Gewindebolzen gleichförmig verteilt sind.

(3) Beim Einkleben der Stahlstäbe darf die Holzfeuchte höchstens 15 % betragen.

**A.11.3.2 Beanspruchung rechtwinklig zur Stabachse**

(1) Für den Nachweis der Tragfähigkeit auf Abscheren (Beanspruchung rechtwinklig zur Stabachse) gelten die Bestimmungen des Abschnittes 8.2 In den maßgebenden Gleichungen ist bei Betonrippenstählen für den Durchmesser  $d$  der Nenndurchmesser einzusetzen.

(2) Sofern im Folgenden nichts anderes festgelegt ist, gelten im Übrigen die Bestimmungen für Verbindungen mit Bolzen und Gewindestangen (siehe 8.5) sinngemäß.

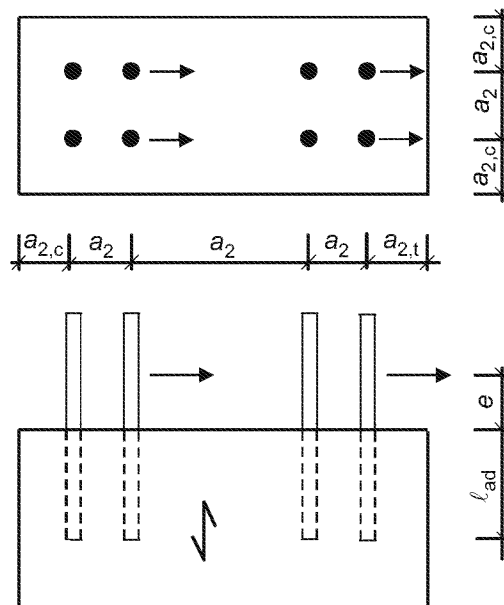
(3) Die Mindestabstände untereinander und von den Rändern sind in Tabelle A.10 (siehe Bild A.17) angegeben.

(4) Bei rechtwinklig zur Faserrichtung eingeklebten Stahlstäben dürfen die charakteristischen Werte der Lochleibungsfestigkeit nach 8.5 mit um 25 % erhöhten Werten in Rechnung gestellt werden.

**Tabelle A.10 — Mindestabstände von rechtwinklig zur Stabachse beanspruchten eingeklebten Stahlstäben**

	1	2
1	parallel zur Faserrichtung eingeklebte Stahlstäbe	$a_2 = 5 \cdot d$ $a_{2,c} = 2,5 \cdot d$ $a_{2,t} = 4 \cdot d$
2	rechtwinklig zur Faserrichtung eingeklebte Stahlstäbe	siehe Tabelle 8.5

(5) 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 A.17 — Definition der Mindestabstände von rechtwinklig zur Stabachse beanspruchten, parallel zur Faserrichtung eingeklebten Stahlstäben**

(6) 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.

(7) Greift die Last in einem Abstand  $e$  zur Holzoberfläche an (siehe Bild A.17), ist dies bei der Ermittlung der Tragfähigkeit der Verbindung zu berücksichtigen.

### A.11.3.3 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) Falls eine ungleichmäßige Beanspruchung nicht ausgeschlossen werden kann, muss für die Tragfähigkeit der Verbindung die Tragfähigkeit des Stahlstabes und nicht die Festigkeit des Holzes oder der Klebefuge maßgebend sein.

(3) Die Fugendicke darf nicht größer sein als der im Eignungsnachweis des verwendeten Klebers angegebene Wert.

(4) Die Mindestabstände untereinander und von den Rändern sind in Tabelle A.11 (siehe Bild A.18) angegeben.

(5) Der Bemessungswert des Ausziehwiderstandes von eingeklebten Stahlstäben darf berechnet werden zu:

$$R_{ax,d} = \min \{ f_{y,d} \cdot A_{ef}; \pi \cdot d \cdot \ell_{ad} \cdot f_{k1,d} \} \quad (A.131)$$

Dabei ist

- $f_{y,d}$  Bemessungswert der Streckgrenze des Stahlstabes,
- $A_{ef}$  Spannungsquerschnitt des Stahlstabes,
- $\ell_{ad}$  Einkleblänge des Stahlstabes,
- $f_{k1,d}$  Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit mit  $f_{k1,k}$  nach Tabelle A.4.

**Tabelle A.11 — Mindestabstände von in Richtung der Stabachse beanspruchten eingeklebten Stahlstäben**

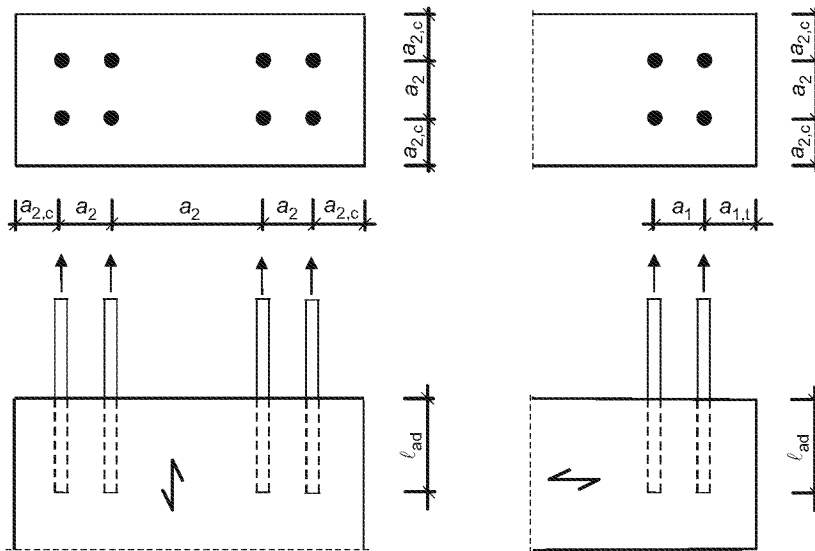
	1	2
1	parallel zur Faserrichtung eingeklebte Stahlstäbe	$a_2 = 5 \cdot d$ $a_{2,c} = 2,5 \cdot d$
2	rechtwinklig zur Faserrichtung eingeklebte Stahlstäbe	$a_1 = 4 \cdot d$ $a_2 = 4 \cdot d$ $a_{1,c} = 2,5 \cdot d$ $a_{2,c} = 2,5 \cdot d$

(6) Die Einklebelänge  $\ell_{ad,min}$  in mm muss mindestens betragen:

$$\ell_{ad,min} = \max \{0,5 \cdot d^2; 10 \cdot d\} \quad (\text{A.132})$$

Dabei ist

$d$  Nenndurchmesser des Stahlstabes in mm.



**Bild A.18 — Definition der Mindestabstände von in Stabachse beanspruchten eingeklebten Stahlstäben**

(7) Für parallel zur Faserrichtung eingeklebte zugbeanspruchte Stahlstäbe ist die Zugspannung im Holz am Ende des Stahlstabes nachzuweisen. Als wirksame Querschnittsfläche des Holzes darf dabei pro Stahlstab höchstens eine Fläche von  $36 \cdot d^2$  angesetzt werden.

(8) Werden eingeklebte Stahlstäbe für Queranschlüsse verwendet, sind die durch die Kraftkomponente rechtwinklig zur Faserrichtung verursachten Querzugspannungen im Bauteil nach 8.1.4 nachzuweisen.

#### A.11.3.4 Kombinierte Beanspruchung

(1) Bei gleichzeitiger Beanspruchung von eingeklebten Stahlstäben auf Abscheren und auf Herausziehen ist nachzuweisen:

$$\left(\frac{F_{\ell a, d}}{R_{\ell a, d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{ax, d}}{R_{ax, d}}\right)^2 \leq 1 \quad (\text{A.133})$$

#### A.11.4 Zu EN 1995-1-1 9.1.2 „Geklebte Tafелеlemente“

(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.

**A.11.5 Universal-Keilzinkenverbindungen von Brettschichtholz und Balkenschichtholz**

(1) Universal-Keilzinkenverbindungen von Brettschichtholz und Balkenschichtholz müssen die Anforderungen nach DIN EN 387:2002-04 erfüllen.

(2) Brettschichtholz und Balkenschichtholz mit Universal-Keilzinkenverbindungen darf nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

(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 A.19), muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,\alpha,d}} \cdot \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \right) \leq 1 \quad (\text{A.134})$$

Beim Nachweis nach der Theorie II. Ordnung ist  $k_c = 1$ .

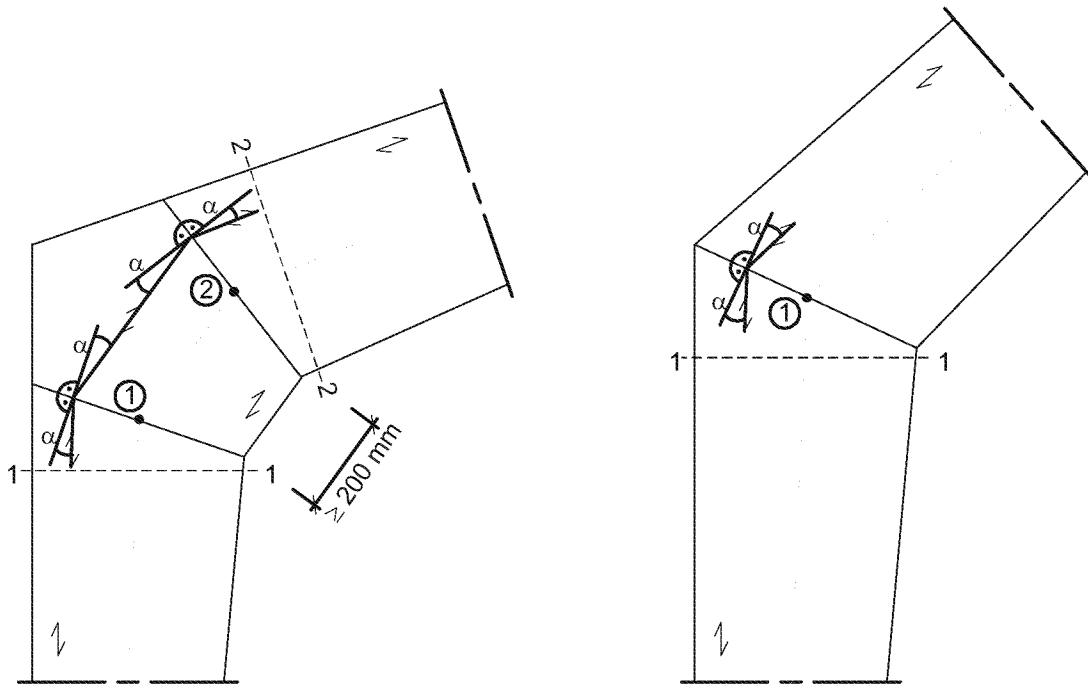
Dabei ist

$f_{c,\alpha,d}$  Druckfestigkeit unter dem Winkel  $\alpha$  nach Gleichung (A.138),

$k_c$  Knickbeiwert nach Gleichung (6.25) bzw. (6.26).

Die Spannungen  $\sigma_{c,0}$  und  $\sigma_m$  sind mit den Schnittgrößen an den Stellen 1 und 2 (siehe Bild A.19) und mit Querschnitten rechtwinklig zur Faserrichtung unmittelbar neben der Universal-Keilzinkenverbindung zu ermitteln (siehe Schnitte 1-1 und 2-2 in Bild A.19).

Maße in Millimeter

**Legende**

- |       |             |
|-------|-------------|
| 1     | Stelle 1    |
| 2     | Stelle 2    |
| 1 — 1 | Schnitt 1-1 |
| 2 — 2 | Schnitt 2-2 |

**Bild A.19 — Beispiele der Faserrichtung des Brettschichtholzes in Rahmenecken mit Universal-Keilzinkenverbindungen sowie maßgebende Schnitte für die Bemessung**

(4) Bei der Berechnung der Normalspannungen sind bei Querschnittsschwächungen durch die Universal-Keilzinkenverbindung zu berücksichtigen. Sie dürfen ohne genaueren Nachweis zu 20 % der Bruttoquerschnittswerte angenommen werden.

(5) Zur Berücksichtigung des Einflusses von Ästen im Bereich der Universal-Keilzinkenverbindung sind für die Bemessungswerte der Zug-, Druck- und Biegefestigkeiten  $f_{t,0,d}$ ,  $f_{c,0,d}$  und  $f_{m,d}$  der Brettschichtholz-Festigkeitsklassen GL28, GL32 und GL36 und der Balkenschichtholz-Festigkeitsklassen C24 bis C40 die Werte der jeweils nächst niedrigeren Festigkeitsklasse zugrunde zu legen.

### A.11.6 Schäftungsverbindungen

(1) Schäftungsverbindungen sind faserparallele Stöße in Bauteilen aus Holz mit Klebflächenneigungen von höchstens 1/10.

(2) Es gelten die Bemessungswerte der Tragfähigkeiten der ungeschwächten Stoßteile.

(3) Die Bauteile dürfen nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

### A.11.7 Verbundteile aus Brettschichtholz

(1) Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz müssen die Anforderungen nach A.10.2 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  $R \leq 1\,000 \cdot a$  ( $a$  = Dicke des Einzelbauteils) sind die Biegespannungen infolge äußerer Einwirkungen mit denjenigen infolge des Krümmens der Einzelbauteile zu überlagern.

## A.12 Zimmermannsmäßige Verbindungen

### A.12.1 Versätze

(1) Bei Versätzen sollte die Einschnitttiefe  $t_v$  die Bedingungen

$$t_v \leq \begin{cases} h/4 & \text{für } \gamma \leq 50^\circ \\ h/6 & \text{für } \gamma > 60^\circ \end{cases} \quad (\text{A.135})$$

erfüllen.

Dabei ist

$h$  Höhe des eingeschnittenen Holzes,

$\gamma$  Anschlusswinkel.

Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden. Bei zweiseitigem Versatzeinschnitt (siehe Bild A.20) darf jeder Einschnitt unabhängig vom Anschlusswinkel höchstens  $1/6$  der Höhe  $h$  des eingeschnittenen Holzes betragen.

(2) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Versatzes ergibt sich aus dem Bemessungswert der Druckfestigkeit in der Stirnfläche des Versatzes.

(3) Abweichend von 6.2.2 darf für die Druckspannungen in der Stirnfläche des Versatzes folgender Nachweis geführt werden:

$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{f_{c,\alpha,d}} \leq 1 \quad (\text{A.136})$$

Dabei ist

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{F_{c,\alpha,d}}{A} \quad (\text{A.137})$$

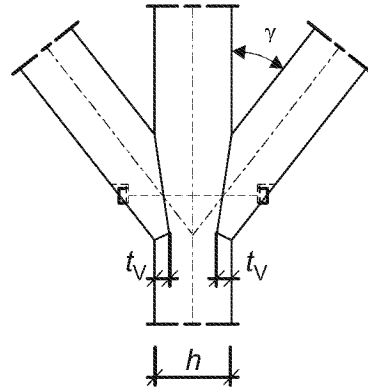
$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{v,d}} \sin \alpha \cdot \cos \alpha\right)^2 + \cos^4 \alpha}} \quad (\text{A.138})$$

Und

A Stirnfläche des Versatzes,

$\alpha$  Winkel zwischen Beanspruchungsrichtung und Faserrichtung des Holzes.





**Bild A.20 — Zweiseitiger Versatzeinschnitt**

(4) 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.

(5) Die durch Versatz verbundenen Einzelteile sind in ihrer Lage zu sichern, z. B. durch Bolzen.

### A.12.2 Zapfenverbindungen

(1) Für Träger bis 300 mm Höhe mit Zapfen nach Bild A.21 beträgt der charakteristische Wert der Zapfentragfähigkeit

$$R_k = \min \left\{ \frac{2}{3} \cdot b \cdot h_e \cdot k_z \cdot k_v \cdot f_{v,k}; 1,7 \cdot b \cdot \ell_{z,ef} \cdot f_{c,90,k} \right\} \quad (\text{A.139})$$

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

Dabei ist

$k_v$                       Beiwert nach Gleichung (6.62),

$k_z$                       Beiwert, abhängig von der Geometrie des Zapfens:  
 $k_z = \beta \cdot \{ 1 + 2 \cdot (1 - \beta)^2 \} \cdot (2 - \alpha)$  mit  $\alpha = h_e/h$  und  $\beta = h_z/h_e$ ,

$b, h_e, h_z, h, \ell_z$       Maße nach Bild A.21.

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 A.21.

Der Zapfen muss über die ganze Länge  $\ell_z$  im Zapfenloch aufliegen.

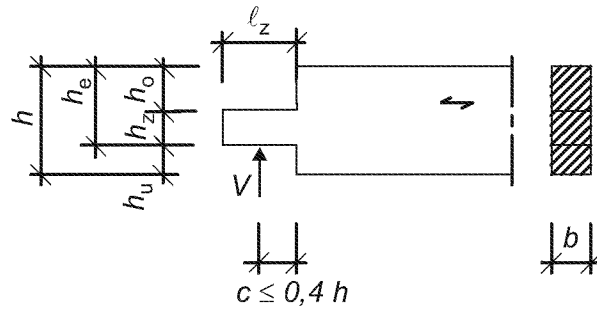


Bild A.21 — Zapfen

(2) Die Regelungen über Verbindungsmittelkräfte unter einem Winkel zur Faserrichtung (siehe 8.1.4) sind sinngemäß anzuwenden.

### A.12.3 Holznagelverbindungen

(1) Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit eines Eichenholznagels mit konstantem Querschnitt (z. B. rund oder achteckig) auf Abscheren in einer ein- oder zweiseitigen Holz-Holz-Verbindung darf je Scherfuge wie folgt in Rechnung gestellt werden:

$$R_k = 9,5 \cdot d^2 \text{ in N} \quad (\text{A.140})$$

mit  $20 \text{ mm} \leq d \leq 30 \text{ mm}$ .

(2) Die Gleichung (A.140) 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  $t_{\text{req}}$  beträgt  $2 \cdot d$ . Für geringere Holzdicken  $t$  ist der Wert  $R_k$  nach Gleichung (A.140) mit dem kleineren der Verhältniszerte  $t_1/t_{\text{req}}$  bzw.  $t_2/t_{\text{req}}$  zu multiplizieren.

(4) Als Mindestabstände untereinander und von den Holzrändern sind unabhängig von der Faserrichtung des Holzes  $2 \cdot d$  einzuhalten.

## A.13 Knicklängenbeiwerte und Kippbeiwerte für Nachweise nach dem Ersatzstabverfahren

### A.13.1 Allgemeines

(1) Zur Berechnung der Querschnitts- und Verbindungssteifigkeiten sind die folgenden Moduln einzusetzen.

$$E = \frac{E_{\text{mean}}}{\gamma_M}; \quad G = \frac{G_{\text{mean}}}{\gamma_M}; \quad K = \frac{K_{u,\text{mean}}}{\gamma_M} \quad (\text{A.141})$$

### A.13.2 Knicklängenbeiwerte (Biegeknicken)

(2) Die Ersatzstablänge  $l_{\text{ef}}$  wird mit dem Knicklängenbeiwert  $\beta$  nach Tabelle A.12 berechnet:

$$l_{\text{ef}} = \beta \cdot s \quad \text{oder} \quad l_{\text{ef}} = \beta \cdot h \quad (\text{A.142})$$

(3) Bei Berücksichtigung der Schubsteifigkeit  $S$  wird die Ersatzstablänge:

$$l_{\text{ef}} = \beta \cdot s \cdot \sqrt{1 + \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{(\beta \cdot s)^2 \cdot S}} \quad \text{oder} \quad l_{\text{ef}} = \beta \cdot h \cdot \sqrt{1 + \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{(\beta \cdot h)^2 \cdot S}} \quad (\text{A.143})$$

Für den Rechteckquerschnitt ist:

$$S = G \cdot A / 1,2 \quad (\text{A.144})$$

Für den I-Träger ist:

$$S = G_w \cdot b_w \cdot h_{w,ef} \quad (\text{A.145})$$

Hierin bedeuten:

- $G_w$  Schubmodul des Steges für Scheibenbeanspruchung
- $b_w$  Gesamtbreite des Steges
- $h_{w,ef}$  wirksame Höhe des Steges (Schwerpunktsabstand der Gurte)

Tabelle A.12 — Knicklängenbeiwerte  $\beta$  für Stäbe

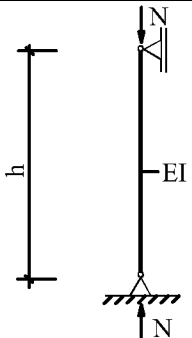
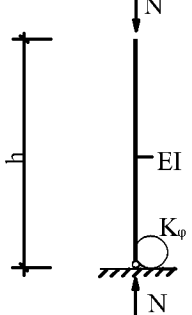
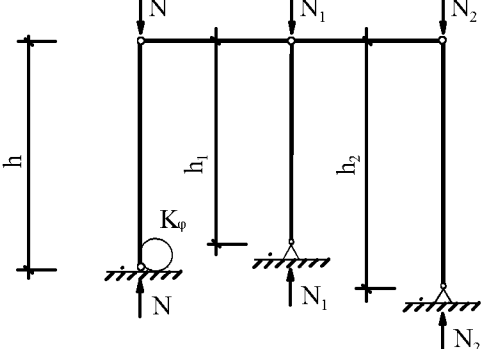
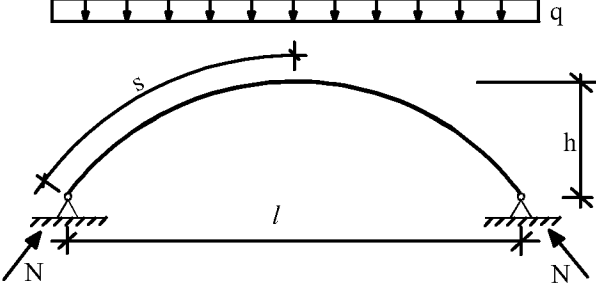
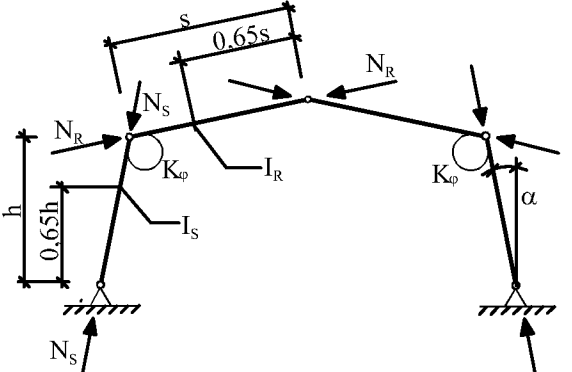
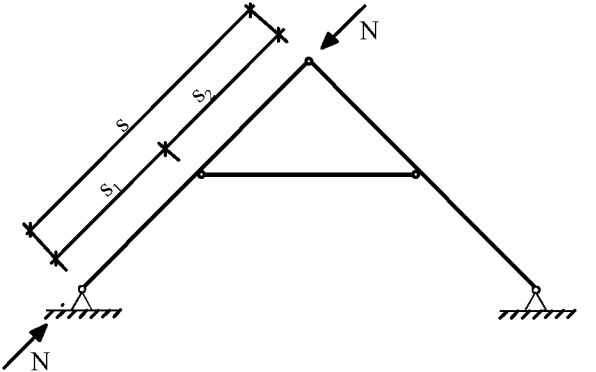
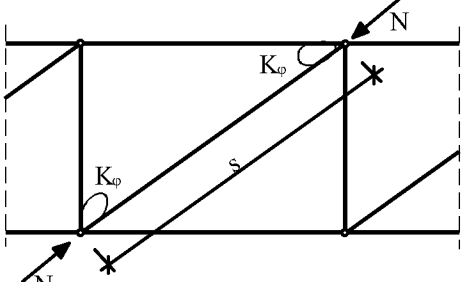
	1	2
	System	Knicklängenbeiwert
1		$\beta = 1$
2		$\beta = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{h \cdot K_\phi}}$ <p><math>K_\phi</math>: Federkonstante der elastischen Einspannung (Kraft · Länge / Winkel)</p>
3		$\beta = \sqrt{\left(4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{h \cdot K_\phi}\right) \cdot (1 + \alpha)}$ <p>für die eingespannte Stütze mit: <math>\alpha = \frac{h}{N} \cdot \sum \frac{N_i}{h_i}</math></p>

Tabelle A.12 (fortgesetzt)

4		<p>für <math>0,15 \leq \frac{h}{l} \leq 0,5</math> und <math>\ell_{ef} = \beta \cdot s</math>:</p> <p><math>\beta = 1,25</math></p> <p>(für antisymmetrisches Knicken)</p>
5		<p>Stiel: <math>\ell_{ef} = \beta_S \cdot h</math> (<math>\alpha \leq 15^\circ</math>)</p> $\beta_S = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_S}{h} \cdot \left( \frac{1}{K_\phi} + \frac{s}{3 \cdot E \cdot I_R} \right) + \frac{E \cdot I_S \cdot N_R \cdot s^2}{E \cdot I_R \cdot N_S \cdot h^2}}$ <p>Riegel: <math>\ell_{ef} = \beta_R \cdot s</math> (<math>\alpha \leq 15^\circ</math>)</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>
6		<p>für <math>s_1 &lt; 0,7 \cdot s</math>:</p> <p><math>\beta = 0,8</math></p> <p>für <math>s_1 \geq 0,7 \cdot s</math>:</p> <p><math>\beta = 1,0</math></p> <p>(für antisymmetrisches Knicken)</p>
7		<p>bei gelenkiger Lagerung (<math>K_\phi \approx 0</math>):</p> <p><math>\beta = 1,0</math></p> <p>bei nachgiebiger Einspannung (<math>K_\phi \gg 0</math>):</p> <p><math>\beta = 0,8</math></p>

(4) Falls kein genauere Nachweis geführt wird, ist als Knicklänge der Gurtstäbe für das Knicken in Fachwerkebene die Länge der Systemlinien einzusetzen. Für Füllstäbe gilt Tabelle A.12 Zeile 7, wobei für Anschlüsse mittels Versatz oder durch Dübel besonderer Bauart mit einem Bolzen oder nur durch Bolzen eine gelenkige Lagerung anzunehmen ist.

(5) Bei Gurtstäben ist für das Knicken aus der Fachwerkebene der Abstand der Queraussteifungen als Knicklänge einzusetzen, bei Füllstäben stets die Länge der Systemlinien.

(6) Dachlatten und Brettschalung dürfen ohne genauen Nachweis im Zusammenwirken mit einem Aussteifungsverband (z. B. Windrispe und Sparren) unter folgenden Bedingungen für Sparren und Gurte von Fachwerkbindern als in ihrer Ebene gegen Knicken aussteifend angenommen werden:

- Spannweite des auszusteifenden Bauteils  $\leq 15$  m,
- Abstand der Aussteifungsverbände  $\leq 10$  m,
- Breite der Sparren und Gurte  $b \geq 40$  mm,
- Höhe der Sparren und Gurte  $\leq 4 b$ ,
- Sparren- bzw. Binderabstand  $\leq 1,25$  m,
- die Stöße der Latten und Bretter sind bei einer maximalen Stoßbreite von 1 m um mindestens 2 Binderabstände versetzt.

(7) Bei Fachwerkrahmen ist für das Knicken aus der Rahmenebene für die inneren gedrückten Stäbe der Rahmenstiele als Ersatzstablänge (Knicklänge) der Abstand zwischen dem Fußpunkt und der Unterkante der Dachhaut anzunehmen, wenn der innere Rahmeneckpunkt seitlich nicht gehalten ist. Dabei ist zusätzlich eine Seitenkraft von 1/100 der größten im inneren Rahmeneckpunkt einlaufenden Stabkraft an dieser Stelle zu berücksichtigen.

(8) Bei Sparren von Kehlbalkenbindern ist für das Ausknicken aus der Systemebene als Ersatzstablänge (Knicklänge) der Abstand der Queraussteifungen maßgebend.

(9) Weitere Knicklängenbeiwerte  $\beta$  dürfen der Fachliteratur entnommen werden.

(10) Das Zusatzmoment in der elastischen Feder bei den Systemen 2, 3 und 5 darf wie folgt angenommen werden:

$$M = N \cdot \frac{h}{6} \cdot \left( \frac{1}{k_c} - 1 \right) \quad (\text{A.146})$$

Hierin bedeuten:

$h$  Querschnittshöhe des an die Feder angeschlossenen Stabes,

$k_c$  Knickbeiwert nach Abschnitt 6.3.2, Gleichung (6.25) und (6.26) des an die Feder angeschlossenen Stabes.

Bei System 5 ist das Moment für den Stiel und den Riegel zu berechnen, das größere ist maßgebend.

### A.13.3 Kippbeiwerte (Biegedrillknicken, Kippen)

(11) Die Ersatzstablänge  $\ell_{ef}$  wird mit den Beiwerten  $a_1$  und  $a_2$  nach Tabelle A.13 berechnet:

$$\ell_{ef} = \frac{\ell}{a_1 \cdot \left[ 1 - a_2 \frac{a_z}{\ell} \cdot \sqrt{\frac{B}{T}} \right]} \quad (\text{A.147})$$

Hierin bedeuten:

$\ell$  Länge des Trägers,

$B = E \cdot I_z$  Biegesteifigkeit um die z-Achse (Rechteckquerschnitt:  $B = \frac{E \cdot b^3 \cdot h}{12}$ ),

$$T = G \cdot I_t \quad \text{Torsionssteifigkeit (Rechteckquerschnitt: } T \cong \frac{G \cdot b^3 \cdot h}{3} \text{),}$$

$a_z$  Abstand des Lastangriffes vom Schubmittelpunkt (siehe Bild A. 22).

(12) Beim gabelgelagerten Einfeldträger dürfen die Einflüsse einer Nachgiebigkeit  $K_G$  der Torsionseinspannung am Auflager, einer elastischen Bettung  $K_y$  gegen Verschieben und einer elastischen Bettung  $K_\vartheta$  gegen Verdrehen durch Beiwerte  $\alpha$  und  $\beta$  berücksichtigt werden:

$$l_{ef} = \frac{l}{a_1 \cdot \left[ 1 - a_2 \frac{a_z}{l} \cdot \sqrt{\frac{B}{T}} \right]} \cdot \frac{1}{\alpha \cdot \beta} \quad (\text{A.148})$$

Hierin bedeuten:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{3,5 \cdot T}{K_G \cdot l}}}; \quad \beta = \sqrt{\left( 1 + \frac{K_y \cdot l^4}{B \cdot \pi^4} \right) \cdot \left( 1 + \frac{(K_\vartheta + e^2 \cdot K_y) \cdot l^2}{T \cdot \pi^2} \right) + \frac{e \cdot K_y \cdot l^3}{\sqrt{B \cdot T} \cdot \pi^3}}$$

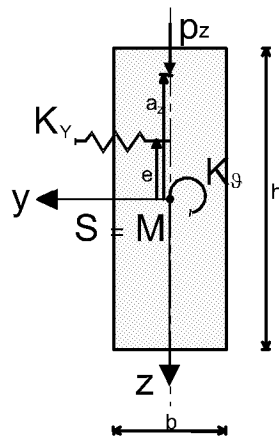


Bild A. 22 — Bezeichnungen am Rechteckquerschnitt

Es bedeuten:

- $M$  Schubmittelpunkt,
- $S$  Schwerpunkt,
- $K_\vartheta$  elastische Bettung (Verdrehung) in N,
- $K_y$  elastische Bettung (Verschiebung) in  $\text{N/mm}^2$ ,
- $K_G$  Drehfeder am Auflager in  $\text{Nmm}$ ,
- $e$  Abstand Schubmittelpunkt/Bettung in mm,
- $\vartheta$  Verdrehung um die z-Achse,

(13) Das kritische Kippmoment  $M_{y,crit}^0$  und die kritische Biegespannung  $\sigma_{m,crit}$  dürfen berechnet werden zu:

$$M_{y,crit}^0 = \frac{\pi}{l_{ef}} \cdot \sqrt{B \cdot T} \quad (\text{A.149})$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}^0}{W_y} \quad (\text{A.150})$$

Hierin bedeuten:

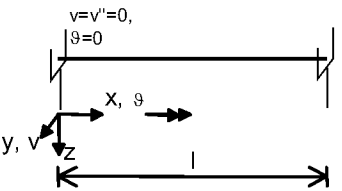
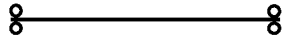
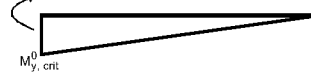
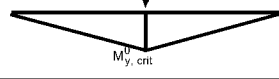
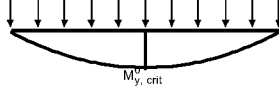
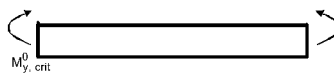
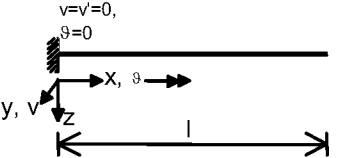
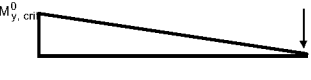
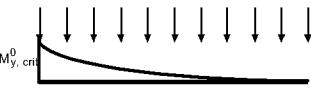
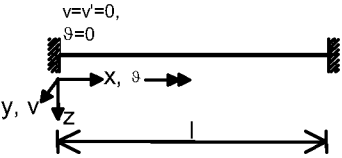

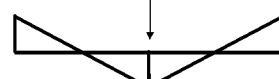
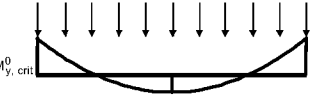
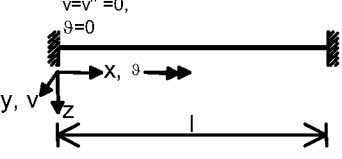
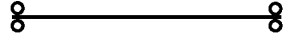
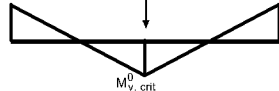
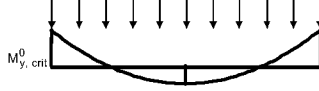
$B$  Biegesteifigkeit um die z-Achse mit  $E_{0,05}$ ,

$T$  Torsionssteifigkeit mit  $G_{05}$ ,

$W_y$  Widerstandsmoment für die Druckspannung bei Biegung um die y-Achse.

(14) Dachlatten und Brettschalung dürfen ohne genauen Nachweis im Zusammenwirken mit einem Aussteifungsverband (z. B. Windrispe und Sparren) unter den Bedingungen entsprechend A.13.2 (6) für Sparren und Gurte von Fachwerkbindern als gegen Kippen aussteifend angenommen werden.

Tabelle A.13 — Kippbeiwerte  $a_1$  und  $a_2$

	System	Momentenverlauf	$a_1$	$a_2$
1.1	 <p>gabelgelagerter Einfeldträger Draufsicht:</p> 		1,77	0
1.2			1,35	1,74
1.3			1,13	1,44
1.4			1	0
2.1	 <p>Kragarm</p>		1,27	1,03
2.2			2,05	1,50
3.1	 <p>beidseitig eingespannter Träger Draufsicht:</p> 		6,81	0,40
3.2			5,12	0,40
4.1	 <p>Mittelfeld, Durchlaufträger Draufsicht:</p> 		1,70	1,60
4.2			1,30	1,60



## Anhang B (informativ)

### Erläuterungen

#### B.1 Zu DIN EN 1995-1-1, 1.5.2.5

Die Normung des Produktes Furnierschichtholz begann 1997 in CEN TC 112 als plattenförmiger Holzwerkstoff. Die entsprechende Produktnorm ist EN 14279 und deckt die Verwendung als Platte, nicht jedoch z.B. die Verwendung als hochkant biegebeanspruchter Träger ab. Da aus der Sicht der Hersteller Furnierschichtholz auch in Anwendungsbereichen eingesetzt werden sollte, die weit über diejenigen von Holzwerkstoffplatten hinausgehen, wurde eine weitere Produktnorm EN 14374 in CEN TC 124 erarbeitet. Diese letztere Norm deckt sämtliche Anwendungen von Furnierschichtholz für tragende Zwecke ab.

Solange Furnierschichtholz lediglich als Beplankung oder Schalung für Dach-, Decken- oder Wandbauteile eingesetzt wird, ist die Produktnorm EN 14279 ausreichend. Für andere tragende Anwendungen muss Furnierschichtholz die Anforderungen der EN 14374 erfüllen. Für beide Produktnormen gilt, dass die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte durch den Hersteller zu deklarieren sind. In der Regel wird bei der Bemessung von Bauteilen aus Furnierschichtholz nach Eurocode 5 auf EN 14374 als Produktnorm zuzugreifen sein.

#### B.2 Zu DIN EN 1995-1-1, 2.3.2.2(1) und (2)

Eurocode 5 gibt wie DIN 1052 den  $k_{def}$ -Wert unabhängig von der Klasse der Lasteinwirkungsdauer in Tabelle 3.2 an. Ständige Lasten verursachen neben den elastischen Verformungen auch Kriechverformungen. Das Verhältnis der Kriechverformungen zu den elastischen Verformungen ist der Verformungsbeiwert  $k_{def}$ . Bei anderen Klassen der Lasteinwirkungsdauern als ständig wird angenommen, dass nur der quasi-ständige Anteil  $\psi_2$  der Einwirkung Kriechverformungen hervorruft.

Um Kriechverformungen zu berücksichtigen, werden für Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit vereinfacht die Steifigkeitskennwerte  $E$ ,  $G$  und  $K_{ser}$  durch  $(1 + k_{def})$  geteilt. Bei nur geringen ständigen Lastanteilen in Konstruktionen, die aus Baustoffen mit unterschiedlichem Kriechverhalten bestehen, wird die Gesamtverformung damit überschätzt.

Für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit wird für die Berücksichtigung der Kriechverformungen auf die Schnittgrößenverteilung in Konstruktionen, die aus Baustoffen mit unterschiedlichem Kriechverhalten bestehen, die vorherrschende Einwirkung herangezogen. Die vorherrschende Einwirkung ist diejenige Einwirkung, die die größten Schnittgrößen verursacht. Um Kriechverformungen zu berücksichtigen, werden für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit die Steifigkeitskennwerte  $E$ ,  $G$  und  $K_{ser}$  durch  $(1 + \psi_2 \cdot k_{def})$  geteilt. Auch dieses Vorgehen stellt eine Vereinfachung dar, wegen der großen Streuungen der ständigen Lastanteile wie auch der Kriechverformungen täuscht eine genauere Berechnung lediglich eine größere Genauigkeit vor.

#### B.3 Zu DIN EN 1995-1-1, 3.5(1)

Die Bedingungen, unter denen Bauprodukte, die nach DIN EN 13986 hergestellt worden sind, gehandelt und in Verkehr gebracht werden dürfen, sind in der Bekanntmachung der DIN EN 13986 als harmonisierte Norm im Bundesanzeiger und in der Bauregelliste B Teil 1 des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) angegeben.

Dies gilt insbesondere für die Bestimmungen zu Formaldehydabgabe und Pentachlorphenolgehalt sowie die Festlegungen zur Verwendung von mit Holzschutzmitteln oder mit Brandschutzmitteln behandelten Holzwerkstoffen.

Die Europäische Norm EN 13986 ist seit 7. April 2002 als harmonisierte Europäische Norm verfügbar und als DIN EN 13986 in das Deutsche Normenwerk übernommen worden. Damit waren die entgegenstehenden nationalen Produktnormen über Holzwerkstoffplatten zurückzuziehen.

Die in Übereinstimmung mit DIN EN 13986 hergestellten Holzwerkstoffe dürfen ab 1. April 2003 eine CE Kennzeichnung erhalten und dann im Geltungsbereich der Bauproduktenrichtlinie – dies sind die EU und EFTA Länder - frei gehandelt werden. Die Regelung zur Verwendung dieser Produkte bleibt jedoch in der Zuständigkeit der Mitgliedsländer. Hierzu wurde in Deutschland die Anwendungsnorm DIN V 20000-1 erstellt, die Anforderungen an werkmäßig hergestellte Holzwerkstoffe nach DIN EN 13986 im Hinblick auf die Verwendung in Bauwerken festlegt.

Während Festlegungen zu mechanischen Eigenschaften in DIN V 20000-1 ausschließlich für tragende Zwecke gelten, gelten die übrigen Festlegungen für die Verwendung der Holzwerkstoffe in tragenden und nicht tragenden Anwendungen.

Werden Holzwerkstoffe, die nach DIN EN 13986 hergestellt und gehandelt werden, für tragende Zwecke eingesetzt, benötigt der Tragwerksplaner charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte. Diese Werte sind für Holzwerkstoffe, die einer Technischen Klasse nach DIN EN 13986:2005-03, Anhang A, entsprechen, in DIN EN 12369-1 bzw. DIN EN 12369-2 tabellarisch aufgeführt.

DIN EN 12369-1 enthält charakteristische Werte der mechanischen Eigenschaften und der Rohdichte folgender Plattentypen:

- OSB/2, OSB/3 und OSB/4 nach EN 300;
- Spanplatten P4, P5, P6, P7 nach EN 312 Teile 4 bis 7;
- Hartfaserplatten HB.HLA2 nach EN 622-2;
- Mittelharte Faserplatten MBH.LA2 nach EN 622-3;
- MDF.LA und MDF.HLS nach EN 622-5.

DIN EN 12369-2 enthält lediglich charakteristische Werte der Biege- und Schubfestigkeit sowie des Biegeelastizitätsmoduls und des Schubmoduls für Sperrholz. Daher sind für einige Sperrhölzer mit einer charakteristischen Rohdichte von mindestens 350 kg/m<sup>3</sup> charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte direkt in DIN V 20000-1 angegeben.

Für zementgebundene Spanplatten verweist DIN V 20000-1 auf DIN 1052:2004-08, Tabelle F.19.

Für andere Holzwerkstoffe wie z. B. Furnierschichtholz muss der Hersteller charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte selbst bestimmen und deklarieren. Diese Möglichkeit hat der Hersteller auch für die oben genannten Holzwerkstoffe, wenn er andere als die dort genannten charakteristischen Werte verwenden möchte. Allerdings sind diese vom Hersteller selbst bestimmten und deklarierten charakteristischen Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte bei der Bestimmung der Beanspruchbarkeit von Bauteilen mit einem Korrekturbeiwert von 0,8 zu reduzieren.

### **B.4 Zu DIN EN 1995-1-1, 4.1**

Werden Hölzer mit Holzschutzmitteln behandelt, gelten in Deutschland grundsätzlich nationale Auflagen bezüglich Umwelt, Gesundheit und Hygiene. Dies bedeutet, dass ausschließlich Holzschutzmittel aus der nationalen Holzschutzmittelliste eingesetzt werden dürfen. Diese Holzschutzmittel müssen eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik in Berlin besitzen.

### **B.5 Zu DIN EN 1995-1-1, 5.2.3**

Außer den Querschnittsschwächungen durch Nägel und Holzschrauben mit Durchmessern von höchstens 6 mm, die ohne Vorbohrung eingetrieben werden sowie den Querschnittsschwächungen in der Druckzone von Bauteilen, wenn diese Querschnittsschwächungen mit einem Baustoff größerer Steifigkeit als die des Holzes ausgefüllt werden, dürfen Querschnittsschwächungen auch in folgenden Fällen vernachlässigt werden:

Baumkanten, die nicht breiter sind als in DIN 4074-1 für Nadelhölzer oder DIN 4074-5 für Laubhölzer;

Keilzinkenverbindungen nach DIN EN 385:2002-03 in Querschnitten mit Breiten bzw. Höhen bis 300 mm.

Die Baumkanten oder Keilzinkenverbindungen wurden bereits bei der Bestimmung der charakteristischen Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte von (keilgezinktem) Vollholz oder Brettschichtholz berücksichtigt und müssen daher bei der Bestimmung wirksamer Querschnittswerte nicht rechnerisch berücksichtigt werden.

### B.6 Zu DIN EN 1995-1-1, 6.3.3(6)

Wird ein Bauteil außer durch ein Biegemoment  $M_y$  um die starke Achse  $y$  und eine Druckkraft  $N_c$  noch durch ein Biegemoment  $M_z$  um die schwache Achse beansprucht, sollte Gleichung (6.35) wie folgt erweitert werden:

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

Bei kippgefährdeten Bauteilen mit Zug und Doppelbiegung kann der Nachweis nach der folgenden Gleichung geführt werden:

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

### B.7 Zu DIN EN 1995-1-1, 8.6

In DIN EN 1995-1-1 werden im Abschnitt 8.6 Regeln für Verbindungen mit Stabdübeln oder Passbolzen angegeben. Diese gelten grundsätzlich immer für Passbolzen, auch wenn nur Stabdübel genannt sind.

### B.8 Zu DIN EN 1995-1-1, 8.7

Für Teilgewindeschrauben, bei denen der Gewindeaußendurchmesser gleich dem Schaftdurchmesser ist - z.B. Schrauben nach DIN 571 -, darf bei der Bemessung auf Abscheren beanspruchter Schrauben der Durchmesser des glatten Schafts in Rechnung gestellt werden, wenn der glatte Schaft mindestens  $4d$  in das Holz mit der Schraubenspitze einbindet. Dies bedeutet, dass sowohl das Fließmoment als auch die Tragfähigkeit nach den Gleichungen (8.6) bis (8.13) mit dem Nenndurchmesser  $d$  berechnet wird. Für Schrauben mit einem Gewindeaußendurchmesser, der größer als der Schaftdurchmesser ist, oder bei Schrauben, deren glatter Schaft weniger als  $4d$  in das Holz mit der Schraubenspitze einbindet, ist als wirksamer Durchmesser der 1,1-fache Kerndurchmesser zu verwenden.