

DIN 1052**DIN**

ICS 91.080.20

Ersatzvermerk
siehe unten**Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken –
Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den
Hochbau**

Design of timber structures –
General rules and rules for buildings

Calcul des structures en bois –
Règles générales et règles pour les bâtiments

Ersatzvermerk

Ersatz für DIN 1052-1:1988-04, DIN 1052-1/A1:1996-10, DIN 1052-2:1988-04, DIN 1052-2/A1:1996-10,
DIN 1052-3:1988-04 und DIN 1052-3/A1:1996-10

Gesamtumfang 235 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Vorwort

Diese Norm wurde im Fachbereich 04 „Holzbau“ des NABau (NABau-FB 04) vom Arbeitsausschuss 04.09.00 „Neufassung der DIN 1052“ ausgearbeitet.

Diese Norm lehnt sich an DIN V ENV 1995-1-1:1994-06, Eurocode 4: „Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau“ an und berücksichtigt damit den Stand der technischen Entwicklung hinsichtlich Sicherheitskonzept, Schnittgrößenermittlung und Bemessung im Ingenieurholzbau. Zusätzlich sind die neueren Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung im Ingenieurholzbau eingearbeitet.

Änderungen

Gegenüber DIN 1052-1:1988-04, DIN 1052-1/A1:1996-10, DIN 1052-2:1988-04, DIN 1052-2/A1:1996-10, DIN 1052-3:1988-04 und DIN 1052-3/A1:1996-10 wurde folgende Änderungen vorgenommen:

- Inhalt vollständig überarbeitet und vom Bemessungsverfahren mit zulässigen Spannungen auf das semiprobabilistische Konzept der Bemessung nach Grenzzuständen umgestellt.

Frühere Ausgaben

DIN 1052: 1933-07, 1938-05, 1940-10x, 1947-10, 1965-08

DIN 1052-1: 1969-10, 1988-04

DIN 1052-1/A1: 1996-10

DIN 1052-2: 1969-10, 1988-04

DIN 1052-2/A1: 1996-10

DIN 1052-3: 1988-04

DIN 1052-3/A1: 1996-10

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	13
2 Normative Verweisungen.....	13
3 Begriffe, Formelzeichen und SI-Einheiten	17
3.1 Begriffe	17
3.2 Formelzeichen	18
3.2.1 Große lateinische Buchstaben.....	18
3.2.2 Kleine lateinische Buchstaben	19
3.2.3 Griechische Buchstaben	20
3.2.4 Fußzeiger.....	20
3.3 Beispiele für zusammengesetzte Formelzeichen	22
3.3.1 Große lateinische Buchstaben mit Fußzeiger	22
3.3.2 Kleine lateinische Buchstaben mit Fußzeiger	22
3.3.3 Griechische Buchstaben mit Fußzeiger.....	23
3.4 SI-Einheiten	23
4 Bautechnische Unterlagen	23
5 Grundlagen für Entwurf und Bemessung	24
5.1 Allgemeines	24
5.2 Einwirkungen	24
5.3 Tragwiderstand	24
5.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit	25
6 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit.....	25
6.1 Allgemeines	25
6.2 Holz und Holzwerkstoffe.....	26
6.3 Metallische Bauteile und Verbindungsmitte.....	26
7 Baustoffe	27
7.1 Allgemeines	27
7.1.1 Nutzungsklassen	27
7.1.2 Klassen der Lasteinwirkungsdauer	28
7.1.3 Modifizierung der Baustoffeigenschaften	30
7.1.4 Ausgleichsfeuchten	30
7.1.5 Schwind- und Quellmaße.....	30
7.2 Vollholz	30
7.2.1 Anforderungen.....	30
7.2.2 Charakteristische Werte	30
7.2.3 Vollholzmaße	31
7.2.4 Wirksame Querschnittswerte und Querschnittsschwächungen	31
7.3 Brettschichtholz	31
7.3.1 Anforderungen.....	31
7.3.2 Charakteristische Werte	32
7.3.3 Brettschichtholzmaße	32
7.3.4 Wirksame Querschnittswerte und Querschnittsschwächungen	32
7.4 Balkenschichtholz	32
7.5 Furnierschichtholz	32
7.6 Brettsperrholz (Mehrschichtige Massivholzplatten)	32
7.7 Sperrholz	33
7.7.1 Anforderungen.....	33
7.7.2 Charakteristische Werte	33
7.7.3 Mindestdicken.....	33
7.8 OSB-Platten (Oriented Strand Board)	33
7.8.1 Anforderungen.....	33
7.8.2 Charakteristische Werte	34
7.8.3 Mindestdicken.....	34

7.9	Kunstharzgebundene Spanplatten	34
7.9.1	Anforderungen	34
7.9.2	Charakteristische Werte	34
7.9.3	Mindestdicken	34
7.10	Zementgebundene Spanplatten	34
7.10.1	Anforderungen	34
7.10.2	Charakteristische Werte	35
7.10.3	Mindestdicken	35
7.11	Faserplatten	35
7.11.1	Anforderungen	35
7.11.2	Charakteristische Werte	35
7.11.3	Mindestdicken	35
7.12	Gipskartonplatten	35
7.12.1	Anforderungen	35
7.12.2	Charakteristische Werte	36
7.12.3	Mindestdicken	36
8	Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen	36
8.1	Allgemeines	36
8.2	Steifigkeitskennwerte	36
8.3	Zeitabhängige Verformungen	37
8.4	Linear-elastische Berechnung von Einzelstäben	38
8.4.1	Allgemeine	38
8.4.2	Vereinfachte Berechnung von Druckstäben (Ersatzstabverfahren)	38
8.4.3	Vereinfachte Berechnung von Biegestäben (Ersatzstabverfahren)	40
8.4.4	Biegung mit Normalkraft (Ersatzstabverfahren)	41
8.5	Nichtlineare elastische Berechnung (Theorie II. Ordnung)	42
8.5.1	Allgemeines	42
8.5.2	Vorkrümmung	42
8.5.3	Vorverdrehung	43
8.6	Biege- und Druckbeanspruchung von Verbundträgern und Tafeln	44
8.6.1	Allgemeines	44
8.6.2	Verbundbauteile aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen	46
8.7	Vereinfachte Berechnung von scheibenartig beanspruchten Tafeln	50
8.7.1	Allgemeines	50
8.7.2	Rechteckige Tafeln	50
8.7.3	Dach- und Deckentafeln	52
8.7.4	Wandtafeln	53
8.7.5	Wandtafeln unter horizontaler Scheibenbeanspruchung	54
8.7.6	Wandtafeln unter vertikaler Scheibenbeanspruchung	55
8.7.7	Wandtafeln unter vertikaler und horizontaler Scheibenbeanspruchung	56
8.7.8	Wandtafeln mit diagonaler Brettschalung	56
8.7.9	Geklebte Tafeln	57
8.8	Stabtragwerke	57
8.8.1	Allgemeines	57
8.8.2	Vereinfachte Berechnung von Fachwerken	59
8.8.3	Beanspruchungen und Verformungen im Bereich von Verbindungen	61
8.8.4	Knicklängen der Stäbe von Fachwerken	61
8.9	Flächentragwerke	62
8.9.1	Allgemeines	62
8.9.2	Flächen aus zusammengeklebten Schichten	62
8.9.3	Flächen aus nachgiebig miteinander verbundenen Schichten	62
8.9.4	Flächen aus Nadelholzlamellen	63
9	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	64
9.1	Allgemeines	64
9.2	Grenzwerte der Verformungen	64
9.3	Schwingungsnachweis	65

10	Allgemeine Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	65
10.1	Allgemeines	65
10.2	Nachweise der Querschnittstragfähigkeit	65
10.2.1	Zug in Faserrichtung des Holzes	65
10.2.2	Zug unter einem Winkel α	65
10.2.3	Druck in Faserrichtung des Holzes	66
10.2.4	Druck rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes	66
10.2.5	Druck unter einem Winkel α	67
10.2.6	Biegung	68
10.2.7	Biegung und Zug	68
10.2.8	Biegung und Druck	69
10.2.9	Schub aus Querkraft	69
10.2.10	Torsion.....	70
10.2.11	Schub aus Querkraft und Torsion	70
10.3	Nachweise für Stäbe nach dem Ersatzstabverfahren.....	70
10.3.1	Druckstäbe mit planmäßig mittigem Druck	70
10.3.2	Biegestäbe ohne Druckkraft.....	71
10.3.3	Stäbe mit Biegung und Druck	72
10.3.4	Stäbe mit Biegung und Zug.....	72
10.4	Nachweise für Pultdach-, Satteldach- und gekrümmte Träger.....	73
10.4.1	Pultdachträger	73
10.4.2	Satteldachträger mit geradem unteren Rand	74
10.4.3	Gekrümmte Träger	75
10.4.4	Satteldachträger mit gekrümmtem unteren Rand	76
10.5	Nachweise für zusammengesetzte Bauteile (Verbundbauteile)	78
10.5.1	Geklebte Verbundbauteile	78
10.5.2	Zusammengesetzte Biegestäbe mit nachgiebigem Verbund	80
10.5.3	Aus Holz oder Holzwerkstoffen zusammengesetzte Druckstäbe mit nachgiebigem Verbund und doppeltsymmetrischem Querschnitt	81
10.5.4	Leichte Holzbauträger.....	85
10.6	Nachweise der Scheibenbeanspruchung von Tafeln	86
10.7	Nachweise für Flächentragwerke	87
10.7.1	Flächen aus Schichten.....	87
10.7.2	Flächen aus Vollholzlamellen	89
10.7.3	Theorie II. Ordnung, Stabilitätsnachweise	90
11	Verbindungen, Ausklinkungen, Durchbrüche und Verstärkungen.....	91
11.1	Verbindungen	91
11.1.1	Allgemeines	91
11.1.2	Zugverbindungen	91
11.1.3	Druckverbindungen.....	92
11.1.4	Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel.....	93
11.1.5	Queranschlüsse.....	93
11.2	Ausklinkungen.....	95
11.3	Durchbrüche	97
11.4	Verstärkungen	98
11.4.1	Allgemeines	98
11.4.2	Queranschlüsse.....	99
11.4.3	Rechtwinklige Ausklinkungen an den Enden von Biegestäben mit Rechteckquerschnitt	101
11.4.4	Durchbrüche bei Biegestäben mit Rechteckquerschnitt	104
11.4.5	Gekrümmte Träger und Satteldachträger aus Brettschichtholz.....	107
12	Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln	109
12.1	Allgemeines	109
12.2	Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren)	109
12.2.1	Allgemeines	109
12.2.2	Verbindungen von Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen	110

12.2.3	Stahlblech-Holz-Verbindungen	111
12.3	Verbindungen mit Stabdübeln und Passbolzen	112
12.4	Verbindungen mit Bolzen und Gewindestangen	115
12.5	Verbindungen mit Nägeln	116
12.5.1	Allgemeines	116
12.5.2	Holz-Holz-Nagelverbindungen	117
12.5.3	Holzwerkstoff- oder Gipswerkstoff-Holz-Nagelverbindungen	120
12.5.4	Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen	123
12.6	Verbindungen mit Holzschrauben	124
12.7	Verbindungen mit Klemmern	125
12.8	Tragfähigkeit bei Beanspruchung in Richtung der Stiftachse (Herausziehen)	126
12.8.1	Nägel	126
12.8.2	Holzscreuben	129
12.8.3	Klemmern	130
12.9	Tragfähigkeit kombiniert beanspruchter Nägel, Holzscreuben und Klemmern	130
13	Verbindungen mit sonstigen mechanischen Verbindungsmitteln	131
13.1	Allgemeines	131
13.2	Verbindungen mit Nagelplatten	131
13.2.1	Allgemeines	131
13.2.2	Bemessung der Nagelplatten	133
13.2.3	Transport- und Montagezustände	136
13.3	Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart	137
13.3.1	Allgemeines	137
13.3.2	Verbindungen mit Ring- und Scheibendübeln	139
13.3.3	Verbindungen mit Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen	143
13.3.4	Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart in Hirnholzflächen	146
14	Klebungen	148
14.1	Allgemeines	148
14.2	Schraubenpressklebung	149
14.3	Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben	150
14.3.1	Allgemeines	150
14.3.2	Beanspruchung rechtwinklig zur Stabachse	150
14.3.3	Beanspruchung in Richtung der Stabachse	151
14.3.4	Kombinierte Beanspruchung	153
14.4	Geklebte Tafelemente	154
14.5	Universal-Keilzinkenverbindungen von Brettschichtholz und Balkenschichtholz	154
14.6	Schäftungsverbindungen	155
14.7	Verbundbauteile aus Brettschichtholz	155
15	Zimmermannsmäßige Verbindungen für Bauteile aus Holz	156
15.1	Versätze	156
15.2	Zapfenverbindungen	157
15.3	Holznagelverbindungen	158
16	Kennzeichnungen	158
Anhang A (normativ) Nachweis der Eignung zum Kleben von tragenden Holzbauteilen		159
Anhang B (normativ) Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz		161
B.1	Allgemeines	161
B.2	Anforderungen an die Herstellung	162
B.3	Werkseigene Produktionskontrolle	163
B.4	Fremdüberwachung	163
Anhang C (normativ) Eignungsprüfung und Einstufung von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Tragfähigkeitsklassen		164
C.1	Nägel	164
C.1.1	Anwendungsbereich	164
C.1.2	Unterlagen	164

	Seite
C.1.3 Eignungsprüfung.....	166
C.1.4 Bewertung der Prüfergebnisse und Einstufung	168
C.2 Klemmern	169
C.2.1 Anwendungsbereich	169
C.2.2 Unterlagen.....	169
C.2.3 Eignungsprüfung.....	170
C.2.4 Bewertung der Prüfergebnisse	171
Anhang D (informativ) Flächen aus Schichten — Steifigkeitswerte und Spannungsberechnung	172
D.1 Allgemeines	172
D.2 Flächen aus zusammengeklebten Schichten	172
D.2.1 Allgemeines	172
D.2.2 Plattenbeanspruchung.....	173
D.2.3 Scheibenbeanspruchung.....	174
D.3 Flächen aus nachgiebig miteinander verbundenen Schichten	175
D.3.1 Berechnungsmodell	175
D.3.2 Steifigkeiten und Beanspruchungen der Fläche A	176
D.3.3 Steifigkeiten und Beanspruchungen der Fläche B	177
D.3.4 Steifigkeiten der Fläche C, Scheibenbeanspruchung	179
Anhang E (normativ) Knicklängenbeiwerte und Kipplängenbeiwerte für Nachweise nach dem Ersatzstabverfahren.....	181
E.1 Allgemeines	181
E.2 Knicklängenbeiwerte (Biegeknicken).....	181
E.3 Kipplängenbeiwerte (Biegedrillknicken, Kippen).....	185
Anhang F (normativ) Materialeigenschaften.....	188
Anhang G (normativ) Angaben für Verbindungsmittel und Verbindungen	209
G.1 Verschiebungsmoduln für stiftförmige metallische Verbindungsmittel und Dübel besonderer Bauart.....	209
G.2 Genauere Nachweisverfahren zur Ermittlung der Rechenwerte der charakteristischen Tragfähigkeit auf Abscheren von Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln.....	210
G.2.1 Allgemeines	210
G.2.2 Einschnittige Verbindungen von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen	210
G.2.3 Zweischnittige Verbindungen von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen.....	211
G.2.4 Einschnittige Stahlblech-Holz-Verbindungen	212
G.2.5 Zweischnittige Stahlblech-Holz-Verbindungen	213
G.3 Kenngrößen für stiftförmige metallische Verbindungsmittel	214
G.3.1 Stabdübel	214
G.3.2 Bolzen und Passbolzen	215
G.3.3 Gewindestangen.....	215
G.3.4 Scheiben.....	216
G.4 Anforderungen an Dübel besonderer Bauart	216
G.4.1 Allgemeines	216
G.4.2 Ringdübel des Typs A 1	217
G.4.3 Scheibendübel des Typs B 1	218
G.4.4 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1	220
G.4.5 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2	222
G.4.6 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3	224
G.4.7 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4	225
G.4.8 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5	226
G.4.9 Scheibendübel mit Dornen des Typs C 10.....	228
G.4.10 Scheibendübel mit Dornen des Typs C 11.....	229

Anhang H (normativ) Brettschichtholz — Anforderungen.....	232
H.1 Allgemeines.....	232
H.2 Anforderungen an die Herstellung.....	232
H.3 Werkseigene Produktionskontrolle	232
H.4 Fremdüberwachung.....	233
Anhang I (normativ) Keilzinkenverbindungen im Bauholz — Anforderungen	234
I.1 Allgemeines.....	234
I.2 Anforderungen an die Herstellung.....	234
I.3 Werkseigene Produktionskontrolle	234
I.4 Fremdüberwachung.....	235

Bilder

Bild 1 — Beispiel eines Druckstabes mit Einzelabstützungen	39
Bild 2 — Aussteifung der Druckgurte von Biege- oder Fachwerkträgern	40
Bild 3 — Beispiele angenommener spannungsloser Vorverformungen für Stäbe, Rahmen und Bögen.....	43
Bild 4 — Wirksame Beplankungsbreiten eines Tafelelementes	45
Bild 5 — Querschnitte aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen.....	49
Bild 6 — Anordnung der Platten	50
Bild 7 — Plattenränder	51
Bild 8 — Übertragung des Schubflusses bei Tafeln aus mehreren Elementen	51
Bild 9 — Lagerung und Lasteinleitung bei Tafeln	52
Bild 10 — Wandtafel unter horizontaler Scheibenbeanspruchung	54
Bild 11 — Beispiel einer Wand mit Öffnungen, bestehend aus einer Gruppe von Wandtafeln.....	55
Bild 12 — Wandtafel unter vertikaler Scheibenbeanspruchung	56
Bild 13 — Direkte und indirekte Verbindung von Stäben	57
Bild 14 — Indirekte Verbindung von Stäben über ein Verbindungselement	58
Bild 15 — Knotenpunkt von Fachwerksystemen mit statischem Modell für die vereinfachte Berechnung und Darstellung der Schnittgrößen in den Anschlusspunkten.....	60
Bild 16 — Bezeichnungen.....	63
Bild 17 — Flächen aus Nadelholzlamellen	63
Bild 18 — Anteile der Durchbiegungen	64
Bild 19 — Druck rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes	67
Bild 20 — Druck unter einem Winkel α, Berechnung der effektiven Auflagerlänge ℓ_{ef}	68
Bild 21 — Auflagernahe Einzellast.....	69
Bild 22 — Pultdachträger	73
Bild 23 — Satteldachträger mit geradem unteren Rand	74
Bild 24 — Gekrümmter Träger	76
Bild 25 — Träger mit zu den Auflagern hin abnehmender Höhe der geraden Trägerbereiche	78
Bild 26 — Stegträger.....	80
Bild 27 — Rahmenstäbe	83
Bild 28 — Gitterstäbe	85
Bild 29 — Querkraftverteilung und Belastung der Querverbindungen bei Rahmenstäben.....	85
Bild 30 — Systembeiwert k_f für Lamellen in Abhängigkeit von der Anzahl n der mitwirkenden Lamellen	89
Bild 31 — Maßnahmen zur Vermeidung der Verkrümmung einseitig beanspruchter Bauteile in Zuganschlüssen	92
Bild 32 — Beispiel eines Queranschlusses mit Bezeichnungen	95
Bild 33 — Ausklinkung auf der belasteten Seite	96
Bild 34 — Ausklinkung auf der unbelasteten Seite	96
Bild 35 — Unverstärkte Durchbrüche	97
Bild 36 — Beispiele für Verstärkungen von Queranschlüssen.....	100
Bild 37 — Rechtwinklige Ausklinkung auf der belasteten Trägerseite	102

	Seite
Bild 38 — Angaben für Verstärkungen rechtwinkliger Ausklinkungen	103
Bild 39 — Rechteckiger (oben) und kreisförmiger (unten) Durchbruch eines Biegestabes	106
Bild 40 — Beispiele für Verstärkungen von Durchbrüchen	107
Bild 41 — Definitionen der Verbindungsmitteleabstände	115
Bild 42 — Nagel spitzen (schematische Darstellung)	117
Bild 43 — Definitionen von t_1 bzw. t_2	117
Bild 44 — Übergreifende Nägel	119
Bild 45 — Klammer für tragende Verbindungen	125
Bild 46 — Definitionen der Abstände bei Klammerverbindungen	126
Bild 47 — Nagelung	127
Bild 48 — Geometrie einer Nagelplattenverbindung, beansprucht durch eine Kraft F und ein Moment M	134
Bild 49 — Anordnung der Bolzen bei Dübelverbindungen	138
Bild 50 — Ausbildung eines Hirnholzanschlusses mit Dübeln besonderer Bauart	147
Bild 51 — Definition der Mindestabstände von rechtwinklig zur Stabachse beanspruchten, parallel zur Faserrichtung eingeklebten Stahlstäben	151
Bild 52 — Definition der Mindestabstände von in Stabachse beanspruchten eingeklebten Stahlstäben	153
Bild 53 — Beispiele der Faserrichtung des Brettschichtholzes in Rahmenecken mit Universal-Keilzinkenverbindungen sowie maßgebende Schnitte für die Bemessung	155
Bild 54 — Zweiseitiger Versatzeinschnitt	157
Bild 55 — Zapfen	158
Bild B.1 — Beispiele für mögliche Querschnittsformen von Verbundbauteilen aus Brettschichtholz	161
Bild B.2 — Klebung der Blockfugen	162
Bild B.3 — Geometrie der Bohrkerne	163
Bild C.1 — Form und Maße von Sondernägeln (schematisch)	165
Bild C.2 — Form und Maße von Klamern (schematisch)	169
Bild D.1 — Aufteilung des Flächentragwerks in die Flächen A, B und C	176
Bild D.2 — Ersatzsteifigkeit S (S_{xz} oder S_{yz}) für nachgiebigen Verbund (Näherung)	178
Bild D.3 — Ersatzschubfestigkeit D_{xy} (Näherung)	180
Bild E.1 — Knicken von Rahmenstielen aus der Rahmenebene	184
Bild E.2 — Bezeichnungen am Rechteckquerschnitt	186
Bild G.1 — Ringdübel des Typs A 1	217
Bild G.2 — Scheibendübel des Typs B 1	219
Bild G.3 — Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1	221
Bild G.4 — Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2	223
Bild G.5 — Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3	224
Bild G.6 — Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4	226
Bild G.7 — Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5	227
Bild G.8 — Scheibendübel mit Dornen des Typs C 10	228
Bild G.9 — Scheibendübel mit Dornen des Typs C 11	230
Tabellen	
Tabelle 1 — Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Festigkeitseigenschaften in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen	25
Tabelle 2 — Mindestanforderungen an den Korrosionsschutz für metallische Bauteile und Verbindungsmittel	27
Tabelle 3 — Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED)	28
Tabelle 4 — Einteilung der Einwirkungen nach DIN 1055-1 und DIN 1055-3, DIN 1055-4, DIN 1055-5, E DIN 1055-9, E DIN 1055-10 und DIN 1055-100 in Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED)	29
Tabelle 5 — Größtwerte der wirksamen Breite $b_{c,ef}$ (oder $b_{t,ef}$) der Beplankung unter Berücksichtigung der Schubverformung und des Ausbeulens	46
Tabelle 6 — Beiwerte η für Rahmenstäbe	82
Tabelle 7 — Beiwerte μ für Gitterstäbe	84

Tabelle 8 — Mindestabstände von Stabdübeln und Passbolzen	114
	Seite
Tabelle 9 — Mindestabstände von Bolzen und Gewindestangen	116
Tabelle 10 — Mindestabstände von Nägeln	120
Tabelle 11 — Werte des Faktors A in Gleichung (226) und der erforderlichen Holzwerkstoffdicken ...	122
Tabelle 12 — Werte des Faktors A in Gleichung (228) und der erforderlichen Holzdicken in Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen.....	123
Tabelle 13 — Mindestabstände von Klammern (siehe Bild 46).....	126
Tabelle 14 — Charakteristische Werte für die Ausziehparameter $f_{1,k}$ und die Kopfdurchziehparameter $f_{2,k}$ in N/mm ² für Nägel.....	128
Tabelle 15 — Charakteristische Werte für die Ausziehparameter $f_{1,k}$ und die Kopfdurchziehparameter $f_{2,k}$ in N/mm ² für Holzschrauben.....	130
Tabelle 16 — Dübelfehlflächen	139
Tabelle 17 — Anforderungen an die Bolzendurchmesser d_b in Verbindungen mit Ringdübeln (Typ A) und Scheibendübeln (Typ B)	141
Tabelle 18 — Mindestabstände für Ring- und Scheibendübel	142
Tabelle 19 — Anforderungen an die Bolzendurchmesser d_b in Verbindungen mit Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen	144
Tabelle 20 — Mindestabstände von Scheibendübeln mit Zähnen der Typen C1 bis C5.....	145
Tabelle 21 — Mindestabstände von Scheibendübeln mit Dornen der Typen C10 und C11.....	146
Tabelle 22 — Anforderungen an die Holzmaße und die Dübelabstände bei Hirnholzanschlüssen mit Dübeln besonderer Bauart	148
Tabelle 23 — Mindestabstände von rechtwinklig zur Stabachse beanspruchten eingeklebten Stahlstäben	150
Tabelle 24 — Mindestabstände von in Richtung der Stabachse beanspruchten eingeklebten Stahlstäben	152
Tabelle A.1 — Bescheinigungen für den Nachweis der Eignung zum Kleben von tragenden Holzbauteilen	159
Tabelle C.1 — Beiwerte k_n	167
Tabelle E.1 — Knicklängenbeiwerte β für Stäbe.....	182
Tabelle E.2 — Kipplängenbeiwerte a_1 und a_2	187
Tabelle F.1 — Rechenwerte für die Modifikationsbeiwerte k_{mod}	188
Tabelle F.2 — Rechenwerte für die Verformungsbeiwerte k_{def} für Holzbaustoffe und ihre Verbindungen bei ständiger und quasiständiger Lasteinwirkung	189
Tabelle F.3 — Ausgleichsfeuchten von Holzbaustoffen.....	189
Tabelle F.4 — Rechenwerte für das Schwind- und Quellmaß rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes bzw. in Plattenebene bei unbehindertem Quellen und Schwinden.....	190
Tabelle F.5 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Nadelholz der Festigkeitsklassen C14 bis C50	191
Tabelle F.6 — Zuordnung von Nadelholzarten und Sortierklassen nach DIN 4074-1 und Güteklassen nach DIN 4074-2 zu den Festigkeitsklassen der Tabelle F.5	192
Tabelle F.7 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Laubholz der Festigkeitsklassen D30 bis D70	193
Tabelle F.8 — Zuordnung von Laubholzarten und Sortierklassen nach DIN 4074-5 zu den Festigkeitsklassen der Tabelle F.7	194
Tabelle F.9 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für homogenes und kombiniertes Brettschichtholz der Festigkeitsklassen GL24 bis GL36.....	195
Tabelle F.10 — Zuordnung der Festigkeitsklassen von Lamellen zu Festigkeitsklassen von Brettschichtholz nach Tabelle F.9	196
Tabelle F11 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Sperrholz der Biegefestigkeitsklassen F 25/10 nach DIN EN 636:2003-11 mit einer charakteristischen Rohdichte von mindestens 400 kg/m ³	197

Tabelle F.12 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Sperrholz der Biegefestigkeits- (F) und Biege-Elastizitätsmodul-Klassen (E) F40/40 E60/40, F50/25 E70/25 und F60/10 E90/10 mit einer charakteristischen Rohdichte von mindestens 600 kg/m³	198
Tabelle F.13 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für OSB-Platten der technischen Klassen OSB/2 und OSB/3 nach DIN EN 13986:2002-09.....	199
Tabelle F.14 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für OSB-Platten der technischen Klasse OSB/4 nach DIN EN 13986:2002-09.....	200
Tabelle F.15 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kunstharzgebundene Spanplatten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich der technischen Klasse P4 nach DIN EN 13986:2002-09	201
Tabelle F.16 — Rechenwerte für die charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kunstharzgebundene Spanplatten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich bei technischen Klassen P5 nach DIN EN 13986:2002-09	202
Tabelle F.17 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kunstharzgebundene Spanplatten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich der technischen Klasse P6 nach DIN EN 13986:2002-09	203
Tabelle F.18 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kunstharzgebundene Spanplatten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich der technischen Klasse P7 nach DIN EN 13986:2002-09.....	204
Tabelle F.19 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für zementgebundene Spanplatten der technischen Klassen 1 und 2 nach DIN EN 13986:2002-09.....	205
Tabelle F.20 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte für Faserplatten der technischen Klassen HB.HLA2 und MBH.LA2 nach DIN EN 13986:2002-09	206
Tabelle F.21 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits- und Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Gipskartonplatten nach DIN EN 18180	207
Tabelle F.22 — Verhältnisse der mittleren Steifigkeitswerte von Flächen aus Nadelholzlamellen	208
Tabelle F.23 — Rechenwerte für charakteristische Festigkeitskennwerte in N/mm² für Klebefugenbei Verstärkungen	208
Tabelle G.1 — Rechenwerte (Mittelwerte) für die Verschiebungsmodulen K_{Ser} in N/mm je Scherfuge stiftförmiger Verbindungsmittel und je Verbindungseinheit mit Dübeln besonderer Bauart	209
Tabelle G.2 — Charakteristische Werte R_k pro Scherfuge von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen (der kleinste Wert ist maßgebend)	210
Tabelle G.3 — Charakteristische Werte R_k pro Scherfuge von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen (der kleinste Wert ist maßgebend)	211
Tabelle G.4 — Charakteristische Werte R_k für Blechdicke $t \leq 0,5 \cdot d$ (der kleinere Wert ist maßgebend)	212
Tabelle G.5 — Charakteristische Werte R_k für Blechdicke $t \geq d$ (der kleinere Wert ist maßgebend)	212
Tabelle G.6 — Charakteristische Werte R_k pro Scherfuge für Mittelteil aus Stahlblech (der kleinste Wert ist maßgebend)	213
Tabelle G.7 — Charakteristischer Wert R_k pro Scherfuge für Seitenteile aus dünnem Stahlblech ($t \leq 0,5 \cdot d$) (der kleinere Wert ist maßgebend).....	213
Tabelle G.8 — Charakteristische Werte R_k pro Scherfuge für Seitenteile aus dickem Stahlblech ($t \geq d$) (der kleinere Wert ist maßgebend)	214
Tabelle G.9 — Charakteristische Festigkeitskennwerte für Stabdübel	214
Tabelle G.10 — Vorzugsmaße für Stabdübel.....	215
Tabelle G.11 — Charakteristische Festigkeitskennwerte für Bolzen und Passbolzen	215
Tabelle G.12 — Charakteristische Festigkeitskennwerte für Gewindestangen	216
Tabelle G.13 — Vorzugsmaße für Scheiben für Bolzen und Passbolzen.....	216

Tabelle G.14 — Maße der Ringdübel des Typs A 1	218
Tabelle G.15 — Maße der Scheibendübel des Typs B 1	220
Tabelle G.16 — Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1	222
Tabelle G.17 — Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2	223
Tabelle G.18 — Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3	225
Tabelle G.19 — Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4	226
Tabelle G.20 — Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5	227
Tabelle G.21 — Maße der Scheibendübel mit Dornen des Typs C 10	229
Tabelle G.22 — Maße der Scheibendübel mit Dornen des Typs C 11	231
Tabelle H.1 — Mindestwerte der charakteristischen Biegefestigkeit $f_{m,k}$ für Keilzinkenverbindungen in N/mm²	233
Tabelle I.1 — Mindestwerte der charakteristischen Biegefestigkeit $f_{m,k}$ für Keilzinkenverbindungen in N/mm²	234

1 Anwendungsbereich

- (1) Diese Norm gilt für die Berechnung und Ausführung von Bauwerken und von tragenden und aussteifenden Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen. Diese Norm gilt auch für Holzkonstruktionen in Bauwerken aus überwiegend anderen Baustoffen, z. B. Massivbauten, Stahlbauten oder Bauten aus Mauerwerk.
- (2) Behandelt werden ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit von Tragwerken. Andere Anforderungen, z. B. an den Wärme- und Schallschutz, werden nicht behandelt.
- (3) Die Bauausführung ist nur so weit behandelt, wie dies zur Festlegung der Qualitätsanforderungen an die zu verwendenden Baustoffe oder Bauprodukte oder an die Bauausführung auf der Baustelle notwendig ist, damit die Annahmen für die Bemessung und Konstruktion erfüllt werden.
- (4) Die einzuhaltenden Konstruktionsregeln sind in den jeweiligen Abschnitten angegeben und als Mindestanforderung anzusehen. Sie sind für spezielle Arten von Bauwerken oder Bauverfahren gegebenenfalls zu erweitern.
- (5) Diese Norm gilt auch für Fliegende Bauten (siehe DIN 4112), Bau- und Lehrgerüste, Absteifungen und Schalungsunterstützungen (siehe DIN 4420-1 und DIN 4420-2 sowie DIN 4421) und sinngemäß für Bauten im Bestand, soweit in den speziellen Normen nichts anderes bestimmt ist.
- (6) Für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Holzbrücken und Hochbauten unter nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen sind gegebenenfalls zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen.
- (7) Für die Bemessung für den Brandfall und bei Erdbebeneinwirkungen sind zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen.
- (8) Diese Norm behandelt nicht den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Bauwerken, die über längere Zeit — etwa der Lasteinwirkungsdauer „lang“ entsprechend — Temperaturen von über 60 °C ausgesetzt sind, abgesehen von veränderlichen Klimaeinwirkungen.

2 Normative Verweisungen

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

DIN 488-1, *Betonstahl — Sorten, Eigenschaften, Kennzeichen*.

DIN 976-1, *Gewindegelenke — Metrisches Gewinde*.

DIN 1045-1, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*.

DIN 1055-1, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1: Wichten und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen*.

DIN 1055-3, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten*.

DIN 1055-4, *Lastannahmen für Bauten — Verkehrslasten, Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken*.

DIN 1055-4/A1, *Lastannahmen für Bauten — Verkehrslasten, Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken; Änderung 1: Berichtigungen.*

DIN 1055-5, *Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Schneelast und Eislast.*

DIN 1055-5/A1, *Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Schneelast und Eislast. Änderung 1: Berichtigungen. (Achtung: Vorgesehener Ersatz durch DIN 1055-5 (2001-04).)*

DIN 1055-9, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 9: Außergewöhnliche Einwirkungen.*

E DIN 1055-10, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 10: Einwirkungen infolge Krane und Maschinen.*

DIN 1055-100, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung; Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln.*

DIN 4074-1, *Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit — Teil 1: Nadelschnittholz.*

DIN 4074-2, *Bauholz für Holzbauteile — Gütebedingungen für Baurundholz (Nadelholz).*

DIN 4074-3, *Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit — Teil 3: Sortiermaschinen für Schnittholz — Anforderungen und Prüfung.*

DIN 4074-4, *Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit — Teil 4: Nachweis der Eignung zur maschinellen Schnittholzsortierung.*

DIN 4074-5, *Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit — Teil 5: Laubschnittholz.*

DIN 4076-1, *Benennung und Kurzzeichen auf dem Holzgebiet — Holzarten.*

DIN 4112, *Fliegende Bauten — Richtlinien für Bemessung und Ausführung.*

DIN 4420-1, *Arbeits- und Schutzgerüste — Allgemeine Regelungen; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfungen.*

DIN 4420-2, *Arbeits- und Schutzgerüste — Leitergerüste; Sicherheitstechnische Anforderungen.*

DIN 4421, *Traggerüste — Berechnung, Konstruktion und Ausführung.*

DIN 7998, *Gewinde und Schraubenenden für Holzschrauben.*

DIN 18180, *Gipskartonplatten — Arten, Anforderungen, Prüfung.*

DIN 18182-2, *Zubehör für die Verarbeitung von Gipskartonplatten — Schnellbauschrauben.*

DIN 18182-3, *Zubehör für die Verarbeitung von Gipskartonplatten — Klammern.*

DIN 18182-4, *Zubehör für die Verarbeitung von Gipskartonplatten — Nägel.*

DIN 18800-1, *Stahlbauten — Bemessung und Konstruktion.*

DIN 50014, *Klima und ihre technische Anwendung — Normalklima.*

DIN 55928-8, *Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge — Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen.*

DIN 68141, *Holzklebstoffe — Prüfung der Gebrauchseigenschaften von Klebstoffen für tragende Holzbauteile.*

DIN 68800-2, Holzschutz — Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau.

DIN 68800-3, Holzschutz — Vorbeugender chemischer Holzschutz.

DIN V 20000-1, Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Teil 1: Holzwerkstoffe.

DIN EN 300:1997-06, Platten aus langen, schlanken, ausgerichteten Spänen (OSB) — Definitionen — Klassifizierung und Anforderungen; Deutsche Fassung EN 300:1997.

DIN EN 301:1992-08, Klebstoffe für tragende Holzbauteile, Phenoplaste und Aminoplaste — Klassifizierung und Leistungsanforderungen; Deutsche Fassung EN 301:1992.

DIN EN 302-1:1992-08, Klebstoffe für tragende Holzbauteile — Prüfverfahren — Teil 1: Bestimmung der Klebefestigkeit durch Längszugscherprüfung; Deutsche Fassung EN 302-1:1992.

DIN EN 312:2003-11, Spanplatten — Anforderungen; Deutsche Fassung EN 312:2003.

DIN EN 336:2003-09, Bauholz für tragende Zwecke — Maße, zulässige Abweichungen; Deutsche Fassung EN 336:2003.

DIN EN 338:2003-09, Bauholz für tragende Zwecke — Festigkeitsklassen; Deutsche Fassung EN 338:2003.

DIN EN 383:1993-10, Holzbauwerke — Prüfverfahren: Bestimmung der Lochleibungsfestigkeit und Bettungswerte für stiftförmige Verbindungsmittel; Deutsche Fassung EN 383:1993.

DIN EN 385:2002-03, Keilzinkenverbindungen im Bauholz — Leistungsanforderungen und Mindestanforderungen an die Herstellung; Deutsche Fassung EN 385:2001.

DIN EN 386:2002-04, Brettschichtholz — Leistungsanforderungen und Mindestanforderungen an die Herstellung; Deutsche Fassung EN 386:2001.

DIN EN 387:2002-04, Brettschichtholz — Universal-Keilzinkenverbindungen — Leistungsanforderungen und Mindestanforderungen an die Herstellung; Deutsche Fassung EN 387:2001.

DIN EN 390:1995-03, Brettschichtholz — Maße — Grenzabmaße; Deutsche Fassung EN 390:1994.

DIN EN 392:1996-04, Brettschichtholz — Scherprüfung der Leimfugen; Deutsche Fassung EN 392:1995.

DIN EN 409:1993-10, Holzbauwerke — Prüfverfahren — Bestimmung des Fließmoments von stiftförmigen Verbindungsmitteln — Nägel; Deutsche Fassung EN 409:1993.

E DIN EN 622-2:2003-10, Faserplatten — Anforderungen — Teil 2: Anforderungen an harte Platten; Deutsche Fassung prEN 622-2:2003.

E DIN EN 622-3:2003-10, Faserplatten — Anforderungen — Teil 3: Anforderungen an mittelharte Platten; Deutsche Fassung prEN 622-3:2003.

DIN EN 634-1:1995-04, Zementgebundene Spanplatten — Anforderungen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 634-1:1995.

DIN EN 634-2:1996-10, Zementgebundene Spanplatten — Anforderungen — Teil 2: Anforderungen an Portlandzement(PZ)-gebundene Spanplatten zur Verwendung im Trocken-, Feucht- und Außenbereich; Deutsche Fassung EN 634-2:1996.

DIN EN 636:2003-11, Sperrholz — Anforderungen; Deutsche Fassung EN 636:2003.

DIN EN 912:2001-02, Holzverbindungsmittel — Spezifikationen für Dübel besonderer Bauart für Holz (enthält Berichtigung AC:2000); Deutsche Fassung EN 912:1999 + AC:2000.

DIN EN 1059:2000-01, Holzbauwerke — Produktanforderungen an vorgefertigte Fachwerkträger mit Nagelplatten; Deutsche Fassung EN 1059:1999.

DIN EN 1194:1999-05, Holzbauwerke — Brettschichtholz — Festigkeitsklassen und Bestimmung charakteristischer Werte; Deutsche Fassung EN 1194:1999.

DIN EN 1382:2000-03, Holzbauwerke — Prüfverfahren — Ausziehtragfähigkeit von Holzverbindungsmittern; Deutsche Fassung EN 1382:1999.

DIN EN 1383:2000-03, Holzbauwerke — Prüfverfahren — Prüfung von Holzverbindungsmittern auf Kopfdurchziehen; Deutsche Fassung EN 1383:1999.

DIN EN 1562:1997-08, Gießereiwesen — Temperguss; Deutsche Fassung EN 1562:1997.

DIN EN 1706:1998-06, Aluminium und Aluminiumlegierungen — Gussstücke — Chemische Zusammensetzung und mechanische Eigenschaften; Deutsche Fassung EN 1706:1997.

DIN EN 1912:1998-08, Bauholz für tragende Zwecke — Festigkeitsklassen — Zuordnung von visuellen Sortierklassen und Holzarten; Deutsche Fassung EN 1912:1998.

DIN EN 10025:1994-03, Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen — Technische Lieferbedingungen (enthält Änderung A1:1993); Deutsche Fassung 10025:1990.

DIN EN 10131:1992-01, Kaltgewalzte Flacherzeugnisse ohne Überzug aus weichen Stählen sowie aus Stählen mit höherer Streckgrenze zum Kaltumformen — Grenzabmaße und Formtoleranzen; Deutsche Fassung EN 10131:1991.

DIN EN 10139:1997-12, Kaltband ohne Überzug aus weichen Stählen zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10139:1997.

DIN EN 10230-1:2000-01, Nägel aus Stahldraht — Teil 1: Lose Nägel für allgemeine Verwendungszwecke; Deutsche Fassung EN 10230-1:1999.

DIN EN 10268:1999-02, Kaltgewalzte Flacherzeugnisse mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen aus mikrolegierten Stählen — Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10268:1998.

DIN EN 13986:2002-09, Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen — Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung; Deutsche Fassung EN 13986:2003.

DIN EN 28970:1991-07, Holzbauwerke — Prüfung von Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmittern — Anforderungen an die Rohdichte des Holzes (ISO 8970:1989); Deutsche Fassung EN 28970:1991.

DIN EN ISO 898-1:1999-11, Mechanische Eigenschaften von Verbindungsmittern aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: Schrauben (ISO 898-1:1999); Deutsche Fassung EN ISO 898-1:1999.

DIN EN ISO 12944-2:1998-07, Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen (ISO 12944-2:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-2:1998.

DIN EN ISO 12944-5:1998-07, Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 5: Beschichtungssysteme (ISO 12944-5:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-5:1998.

ISO 1000:1992-11, SI-Einheiten und Festlegung für die Anwendung ihrer Vielfachen und einiger anderer Einheiten.

ISO 1000 AMD1:1998-11, SI-Einheiten und Festlegung für die Anwendung ihrer Vielfachen und einiger anderer Einheiten; Änderung 1.

ETAG 011¹⁾, „Leitlinie für die Europäische technische Zulassung für leichte Holzträger und -stützen“.

ETAG 015¹⁾, „Leitlinie für die Europäische technische Zulassung für Blechformteile“.

3 Begriffe, Formelzeichen und SI-Einheiten

3.1 Begriffe

(1) Für die Anwendung dieser Norm gelten die allgemeinen Begriffe für Einwirkungen und Widerstände sowie die Begriffe zum Sicherheitskonzept nach DIN 1055-100 und die folgenden holzbauspezifischen Begriffe:

3.1.1

Anschluss

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

3.1.2

Ausgleichsfeuchte

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

3.1.3

Balkenschichtholz

besteht aus zwei oder drei faserparallel miteinander verklebten Einzelhölzern gleicher Querschnittsmaße

3.1.4

Bauteile aus Holz

bestehen aus Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz oder Furnierschichtholz ohne Querlagen

3.1.5

Brettschichtholz (BSH)

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

3.1.6

Gipskartonplatten

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

3.1.7

Hauptrichtung einer Nagelplatte

Richtung der größten Plattentragfähigkeit bei Zugbeanspruchung

3.1.8

Holzfeuchte

die Masse des im Holz enthaltenen Wassers, ausgedrückt als Anteil der Trockenmasse des Holzes. Im Sinne dieser Norm bezeichnet die Holzfeuchte auch die Feuchte von Holzwerkstoffen

1) Zu beziehen über das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt), Kolonnenstraße 30 L, 10829 Berlin.

3.1.9

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 Verbindungsmitte oder Klebung miteinander verbunden

3.1.10

Holzwerkstoffe

im Sinne dieser Norm sind Furnierschichtholz mit Querlagen, Brettsperrholz, Sperrholz, OSB-Platten, kunstharzgebundene Spanplatten, zementgebundene Spanplatten, Faserplatten und Gipskartonplatten

3.1.11

Normalrohdichte

diejenige Rohdichte, die das Holz im Zustand der Ausgleichsfeuchte im Normalklima 20/65 nach DIN 50014 besitzt

3.1.12

Rollschub

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

3.1.13

Stoß

Verbindung zweier Stäbe identischen Querschnitts mit gerade durchlaufender Stabachse

3.1.14

Verbindung

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

3.1.15

Vollholz (VH)

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

3.1.16

Verbundträger

sind Stäbe, deren Tragfähigkeit und Steifigkeit sich aus dem Zusammenwirken mehrerer Einzelstäbe ergibt, die sich über die Länge des Verbundträgers erstrecken. Der Verbund erfolgt durch mechanische Verbindungsmitte oder durch Klebung

3.2 Formelzeichen

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

3.2.1 Große lateinische Buchstaben

- A Querschnittsfläche; Anschlussfläche; Faktor
- E Elastizitätsmodul
- F Kraft; Einzellast
- G Schubmodul

<i>I</i>	Flächenmoment 2. Grades (Flächenträgheitsmoment)
<i>K</i>	Verschiebungsmodul; Federsteifigkeit; Steifigkeit einer Einzelabstützung
<i>M</i>	Moment; Biegemoment
<i>N</i>	Normalkraft
<i>Q</i>	veränderliche Einwirkung; Ersatzlast
<i>R</i>	Widerstand; Tragwiderstand; Tragfähigkeit
<i>T</i>	Torsionsmoment; Schubkraft
<i>V</i>	Querkraft
<i>X</i>	Baustoffeigenschaft allgemein

3.2.2 Kleine lateinische Buchstaben

<i>a</i>	geometrische Größe allgemein; Abstand; Feldlänge
<i>b</i>	Querschnittsbreite; Querschnittsdicke; Breite eines Bauteiles; Trägerbreite; lichter Abstand
<i>c</i>	Abstand bei Ausklinkungen
<i>d</i>	Platten- oder Scheibendicke; Durchmesser stiftförmiger Verbindungsmitte; Durchmesser von Stahlstäben; Lochdurchmesser
<i>e</i>	Ausmitte; Mittenabstand
<i>f</i>	Festigkeit
<i>h</i>	Querschnittshöhe; Querschnittsdicke; Tragwerkshöhe; Rahmenstielhöhe; Einlass-/Einpresstiefe von Dübeln besonderer Bauart
<i>i</i>	Trägheitsradius
<i>k</i>	Beiwert; Systembeiwert; Hilfsgröße allgemein
<i>ℓ</i>	Länge allgemein; Spannweite; Feldlänge; Eindringtiefe bei Verbindungsmitte; Abstand
<i>m</i>	Anzahl (Hilfsgröße); bezogenes Moment
<i>n</i>	Anzahl; bezogene Normalkraft
<i>q</i>	Gleichstreckenlast
<i>r</i>	Radius allgemein; Ausrundungsradius; Krümmungsradius
<i>s</i>	Schneelast; Abstand von Verbindungsmitte bei kontinuierlicher Verbindung
<i>t</i>	Dicke allgemein; Lamellendicke in Brettschichtholz; Einschnitttiefe; Schubfluss
<i>u, v, w</i>	Verformung; Durchbiegung; Überhöhung in Richtung der Koordinaten
<i>x, y, z</i>	Koordinaten, insbesondere bei Flächentragwerken

3.2.3 Griechische Buchstaben

- α Winkel; Verhältniswert
- β Winkel; Knicklängenbeiwert; Hilfsgröße; Verhältniswert
- γ Teilsicherheitsbeiwert; Abminderungsbeiwert; Winkel; Gleitung
- δ Dachneigungswinkel; Strebeneigungswinkel
- η Hilfsgröße; Beiwert
- λ Schlankheitsgrad
- μ Reibungskoeffizient; Beiwert
- ρ Rohdichte
- σ Normalspannung
- τ Schubspannung; Torsionsspannung; Rollschubspannung
- φ Winkel der Schrägstellung
- ψ Beiwert

3.2.4 Fußzeiger

- G ständige Einwirkung
- H Hirnholz
- M Material, Baustoff; Biegemoment
- Q veränderliche Einwirkung
- R Tragwiderstand; Rollschub
- V Querkraft
- Z Zapfen
- b Bolzen; Passbolzen
- c Druck; Knicken; Dübel besonderer Bauart
- d Bemessungswert; Durchbruch in Biegstäben
- e Einlasstiefe/Einpresstiefe bei Dübeln besonderer Bauart
- f Gurt
- g Gruppe (von Verbindungsmitteln)
- h Lochleibung

- i i-ter Querschnittsteil
- j Verbindung
- k charakteristischer Wert; Klebfuge; Kraglänge
- l Lastverteilung
- m Biegung; Kippen
- n netto
- o oben
- p Querspannung; Nagelspitze
- r Rippe (bei Tafeln); Reihe (bei Anschlussbildern); Rand
- s Spalte (bei Anschlussbildern)
- t Zug; Torsion
- u Bruchzustand; unten
- v Schub; Verbindungsmitte; Vorholz; Versatz
- w Steg
- y Fließgrenze
- ad Haftung; Verankerung
- ap First
- ax in Richtung der Stiftachse
- ef wirksam
- in innerer
- la rechtwinklig zur Stiftachse
- def Verformung
- fin Endwert
- inf unterer Wert
- lam Lamelle
- max größter Wert
- min kleinster Wert
- mod Modifikation
- nom Nennwert
- red abgeminderter Wert; Abminderung
- rel bezogen

req	erforderlicher Wert
ser	Gebrauchszustand
tor	Torsion
tot	gesamt
crit	kritisch
inst	Anfangswert
mean	mittlerer Wert
0	in Faserrichtung; Bezugswert; lastfreier Zustand
90	rechtswinklig zur Faserrichtung
α	Winkel zur Faserrichtung
05	5%-Quantil

3.3 Beispiele für zusammengesetzte Formelzeichen

3.3.1 Große lateinische Buchstaben mit Fußzeiger

$E_{0,mean}$	mittlerer Elastizitätsmodul in Faserrichtung
F_k	charakteristischer Wert einer Einwirkung
$F_{t,90,d}$	Bemessungswert einer Zugkraft rechtswinklig zur Faserrichtung
K_{ser}	Verschiebungsmodul für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis
$K_{u,mean}$	Mittelwert des Verschiebungsmoduls im Versagensbereich
$M_{y,k}$	charakteristisches Fließmoment eines Verbindungsmittels
$R_{j,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit einer Verbindung

3.3.2 Kleine lateinische Buchstaben mit Fußzeiger

b_{ef}	wirksame Beplankungsbreite
$f_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit rechtswinklig zur Faserrichtung
$f_{h,k}$	charakteristische Lochleibungsfestigkeit
h_d	Durchbruchshöhe
h_e	Einlasstiefe oder Einpresstiefe eines DüBELS besonderer Bauart
h_{ap}	Querschnittshöhe am First
ℓ_{ad}	Verankerungslänge
$t_{i,max,d}$	Bemessungswert des größten Schubflusses im i-ten Querschnittsteil
t_{req}	erforderliche Mindestdicke

3.3.3 Griechische Buchstaben mit Fußzeiger

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

3.4 SI-Einheiten

- (1) SI-Einheiten sind in Übereinstimmung mit ISO 1000:1992-11 und ISO 1000 AMD1:1998-11 anzuwenden.
- (2) Für Berechnungen sollten die folgenden Einheiten angewendet werden:

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

4 Bautechnische Unterlagen

- (1) Zu den bautechnischen Unterlagen gehören insbesondere
 - die statische Berechnung,
 - die wesentlichen Zeichnungen, die für die Ausführung des Bauwerks nötig sind,
 - eine gegebenenfalls erforderliche Baubeschreibung,
 - gegebenenfalls allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen und Prüfzeugnisse,
 - falls erforderlich Bauaufnahme bei Bauten im Bestand.
- (2) In der statischen Berechnung müssen alle erforderlichen Baustoffangaben und Lastannahmen sowie alle rechnerischen Nachweise übersichtlich und prüfbar enthalten sein. Alle für die Erstellung der Ausführungszeichnungen notwendigen Angaben müssen eindeutig entnehmbar sein.
- (3) Für Bauteile und Verbindungen, die offensichtlich ausreichend bemessen sind, darf auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden. Für Dachlatten bis zu 1 m Stützweite sind in den berufsgenossenschaftlichen Regeln für das Dachdecker- und Zimmerhandwerk bewährte Querschnittsmaße angegeben. Diese, sowie die zugehörigen Verbindungen, wurden auch in den technischen Regelwerken des Dachdecker- und Zimmerhandwerks berücksichtigt.
- (4) In den Zeichnungen sind alle für die Bauausführung und -abnahme wichtigen Bauteile eindeutig, vollständig und übersichtlich darzustellen. Insbesondere die Maße und Baustoffe der Bauteile, die Ausbildung der Anschlüsse, Stöße und Verbände, die Anzahl und Anordnung der Verbindungsmittel sowie erforderliche Überhöhungen sind anzugeben.

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

5 Grundlagen für Entwurf und Bemessung

5.1 Allgemeines

(1) Für die Anwendung dieser Norm gilt das in DIN 1055-100 festgelegte Sicherheitskonzept. In 5.2 bis 5.4 werden zusätzliche bauartspezifische Festlegungen getroffen. Angaben zu den Einwirkungen enthalten die Normen der Reihe DIN 1055.

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

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

5.2 Einwirkungen

(1) Für Hochbauten dürfen beim Nachweis ständiger und vorübergehender Bemessungssituationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit die folgenden vereinfachten Kombinationsregeln verwendet werden:

- wenn nur die ungünstigste veränderliche Einwirkung berücksichtigt wird:

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus 1,5 \cdot Q_{k,1} \right\} \quad (1)$$

- wenn sämtliche ungünstigen veränderlichen Einwirkungen berücksichtigt werden:

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus 1,35 \cdot \sum_{i \geq 1} Q_{k,i} \right\} \quad (2)$$

Der jeweils ungünstigere Wert ist maßgebend.

5.3 Tragwiderstand

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

(2) Charakteristische Werte der Festigkeitskenngrößen/Baustoffeigenschaften entsprechen

- 5%-Quantilwerten bei Festigkeiten und der Rohdichte,
- 5%-Quantilwerten oder Mittelwerten bei Steifigkeiten.

(3) Als Steifigkeitskennwerte sind für die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit die Mittelwerte und für die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit die durch γ_M geteilten Mittelwerte anzusetzen.

(4) In einzelnen Fällen (siehe 10.3.1 und 10.3.2) ist für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit der 5%-Quantilwert der Steifigkeitskenngrößen als charakteristischer Wert zu wählen.

- (5) Der Bemessungswert X_d einer Festigkeitseigenschaft ergibt sich im Allgemeinen aus:

$$X_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot X_k}{\gamma_M} \quad (3)$$

Dabei ist

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für die Festigkeitseigenschaft, siehe 5.4, Tabelle 1,

k_{mod} Modifikationsbeiwert, der den Einfluss der Nutzungsklasse und der Lasteinwirkungsdauer auf die Festigkeitseigenschaften berücksichtigt, siehe 7.1.3 (1).

5.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit

(1) Der Einfluss des Modifikationsbeiwertes k_{mod} auf den Bemessungswert der Festigkeitseigenschaft X_d kann bewirken, dass eine Einwirkungskombination maßgebend ist, die nicht den maximalen Bemessungswert der zugehörigen Beanspruchung liefert.

(2) Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Festigkeitseigenschaften in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1 — Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Festigkeitseigenschaften in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen

	1 Baustoff	2 γ_M
1		
2	Holz und Holzwerkstoffe	1,3
3	Stahl in Verbindungen — auf Biegung beanspruchte stiftförmige Verbindungs- mittel — auf Zug oder Scheren beanspruchte Teile beim Nach- weis gegen die Streckgrenze im Nettoquerschnitt — Plattennachweis auf Tragfähigkeit für Nagelplatten	1,1 1,25 1,25

- (3) Für den Nachweis von Stahlteilen sind die Teilsicherheitsbeiwerte der DIN 18800-1 zu entnehmen.
- (4) Für außergewöhnliche Bemessungssituationen sind die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M zu 1,0 anzusetzen.
- (5) Wird ein Systembeiwert $k_f = 1,1$ nach 8.1 (9) zugrunde gelegt, darf beim Nachweis für das Lastverteilungssystem bei Ausfall eines der ähnlichen Bauteile nach 8.1 (8) eine außergewöhnliche Bemessungssituation angenommen werden.

6 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit

6.1 Allgemeines

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

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

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

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

6.2 Holz und Holzwerkstoffe

(1) Zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit — insbesondere in der Nutzungsklasse 3 — sollten vorrangig die Möglichkeiten des vorbeugenden baulich-konstruktiven Holzschutzes beachtet werden. Ergänzend dazu sollten Hölzer mit einer ausreichenden natürlichen Dauerhaftigkeit oder einem entsprechenden vorbeugenden chemischen Schutz verwendet werden.

(2) Für den vorbeugenden baulichen und chemischen Holzschutz sind die Normen DIN 68800-2 und DIN 68800-3 anzuwenden.

(3) Zur Verminderung von Schwindrissen und Maßänderungen sind in den Nutzungsklassen 1 und 2 die Hölzer mit Einbaufeuchten von höchstens 20 % einzubauen, für die Nutzungsklasse 3 sollte die Einbaufeuchte höchstens 25 % betragen.

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

6.3 Metallische Bauteile und Verbindungsmittel

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

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

(3) Beispiele für Korrosionsschutzmaßnahmen sind — in Abhängigkeit von der Nutzungsklasse und der Korrosionsbelastung — in Tabelle 2 angegeben. Andere, gleichwertige Maßnahmen sind zulässig.

(4) Korrosionsgefahr kann auch auftreten bei Kontakt mit gerbstofffreien Hölzern (z. B. Eiche) und mit imprägnierten Hölzern. Bei imprägnierten Hölzern sollten die Mindestanforderungen nach Tabelle 2, Spalte 3, zugrunde gelegt werden, bei gerbstofffreien Hölzern wird die Verwendung geeigneter nichtrostender Stähle empfohlen.

(5) Für Stahlbauteile mit Dicken über 5 mm gelten die Regeln des Stahlhochbaus.

Tabelle 2 — Mindestanforderungen an den Korrosionsschutz für metallische Bauteile und Verbindungsmittel

		Mittlere Zinkschichtdicke in μm und/oder andere Schutzmaßnahmen		
		1	2	3
1	Nutzungsklassen 1 und 2 bei unbedeutender oder geringer Korrosionsbelastung ^a		Nutzungsklassen 1 und 2 bei mäßiger Korrosionsbelastung ^b	Nutzungsklasse 1, 2 und 3 bei starker Korrosionsbelastung ^c
2	Nägel, Stabdübel, Schrauben, Bolzen, Scheiben, Muttern, Dübel	keine ^{d,e}	keine ^{d,e}	55 ^f
3	eingeklebte Stahlstäbe	keine ^g	keine ^g	55 ^f
4	Klammern	7	geeigneter nichtrostender Stahl ^h	geeigneter nichtrostender Stahl ^h
5	Nagelplatten ⁱ	20	25 plus Gelbchromatierung	geeigneter nichtrostender Stahl ^h
6	Stahlbleche mit einer Dicke bis zu 3 mm ^{j,j}	20	20 plus Beschichtung nach DIN 55928-8 oder 25 plus Gelbchromatierung	geeigneter nichtrostender Stahl ^h oder Korrosionsschutz nach DIN 55928-8
7	Stahlbleche mit einer Dicke zwischen 3 und 5 mm	7 ^k	30 ^k	geeigneter nichtrostender Stahl ^h oder Korrosionsschutz nach DIN EN ISO 12944-5: 1998-07

a Umgebungsbedingungen C1 und C2 nach DIN EN ISO 12944-2:1998-07

b Umgebungsbedingung C3 nach DIN EN ISO 12944-2:1998-07

c Umgebungsbedingungen C4 und C5-I nach DIN EN ISO 12944-2:1998-07

d Bei einseitigen Dübeln aus Stahlblech muss eine mittlere Zinkschichtdicke von mindestens 55 μm aufgebracht werden.

e Bei Stahlblech-Holzverbindungen mit außen liegenden Blechen müssen Nägel und Schrauben eine mittlere Zinkschichtdicke von mindestens 7 μm aufweisen.

f Bei sehr starker Korrosionsbelastung (z. B. Umgebungsbedingung C5-M nach DIN EN ISO 12944-2:1998-07) sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

g Stahlstäbe mit außen liegenden Abschnitten müssen eine mittlere Zinkschichtdicke von mindestens 40 μm aufweisen.

h Z. B. nichtrostende Stähle für die entsprechenden Widerstandsklassen nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung.

i Statt feuerverzinktem Blech darf auch Blech mit Zink-Aluminium-Überzügen gleicher Schichtdicke verwendet werden.

j Stahlbleche mit einer Dicke bis zu 3 mm dürfen auch mit geschnittenen, unverzinkten Kanten eingesetzt werden.

k Die übliche Mindestschichtdicke beim Stückverzinken beträgt 50 μm .

7 Baustoffe

7.1 Allgemeines

7.1.1 Nutzungsklassen

(1) Holzbauwerke müssen wegen der physikalischen Eigenschaften der Holzbaustoffe bestimmten Nutzungsklassen (NKL) zugewiesen werden, die die klimatischen Verhältnisse der Umgebung des Bauwerkes

während seiner Nutzungsdauer kennzeichnen. Das System der Nutzungsklassen ist hauptsächlich zur Zuordnung von Festigkeitswerten und zur Berechnung von Verformungen unter festgelegten Umweltbedingungen notwendig. Vereinfachend werden die drei folgenden Nutzungsklassen festgelegt:

(2) Nutzungsklasse 1. Sie ist gekennzeichnet durch eine Holzfeuchte, die einer Temperatur von 20 °C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen pro Jahr einen Wert von 65 % übersteigt, z. B. in allseitig geschlossenen und beheizten Bauwerken.

(3) Nutzungsklasse 2. Sie ist gekennzeichnet durch eine Holzfeuchte, die einer Temperatur von 20 °C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen pro Jahr einen Wert von 85 % übersteigt, z. B. bei überdachten offenen Bauwerken.

(4) Nutzungsklasse 3. Sie erfasst Klimabedingungen, die zu höheren Holzfeuchten führen als in Nutzungsklasse 2 angegeben, z. B. für Konstruktionen, die der Witterung ausgesetzt sind.

ANMERKUNG In Ausnahmefällen können auch überdachte Bauteile in die Nutzungsklasse 3 einzustufen sein.

7.1.2 Klassen der Lasteinwirkungsdauer

(1) Für Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit werden je nach Einwirkungsdauer Klassen der Lasteinwirkungsdauer unterschieden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3 — Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED)

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

(2) Tabelle 4 enthält für die wesentlichen Einwirkungen nach den Normen der Reihe DIN 1055 die Zuordnungen zu einer der Klassen der Lasteinwirkungsdauer.

Tabelle 4 — Einteilung der Einwirkungen nach DIN 1055-1 und DIN 1055-3, DIN 1055-4, DIN 1055-5, DIN 1055-9, E DIN 1055-10 und DIN 1055-100 in Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED)

	1	2
1	Einwirkung	KLED
2	Wichten- und Flächenlasten nach DIN 1055-1	ständig
3	Lotrechte Nutzlasten für Decken, Treppen und Balkone nach DIN 1055-3 A Spitzböden, Wohn- und Aufenthaltsräume B Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure C Räume, Versammlungsräume und Flächen, die der Ansammlung von Personen dienen können (mit Ausnahme von unter A, B, D und E festgelegten Kategorien) D Verkaufsräume E Fabriken und Werkstätten, Ställe, Lagerräume und Zugänge, Flächen mit erheblichen Menschenansammlungen F Verkehrs- und Parkflächen für leichte Fahrzeuge (Gesamtlast $\leq 25 \text{ kN}$), Zufahrtsrampen G Flächen für den Betrieb mit Gegengewichtsstaplern H nicht begehbarer Dächer, außer für übliche Erhaltungsmaßnahmen, Reparaturen J Verkehrs- und Parkflächen für leichte Fahrzeuge (Gesamtlast: $\leq 30 \text{ kN}$) K Hubschrauber Regellasten T Treppen und Treppenpodeste Z Zugänge, Balkone und Ähnliches	mittel mittel kurz mittel lang kurz mittel kurz mittel kurz kurz kurz kurz
4	Horizontale Nutzlasten nach DIN 1055-3 Horizontale Nutzlasten infolge von Personen auf Brüstungen, Geländern und anderen Konstruktionen, die als Absperrung dienen Horizontallasten zur Erzielung einer ausreichenden Längs- und Quersteifigkeit Horizontallasten für Hubschrauberlandeplätze auf Dachdecken, für horizontale Nutzlasten, für den Überrollschutz	kurz a kurz sehr kurz
5	Windlasten nach DIN 1055-4	kurz
6	Schneelast und Eislast nach DIN 1055-5	
7	Anpralllasten nach DIN 1055-9	sehr kurz
8	Horizontallasten aus Kran- und Maschinenbetrieb nach E DIN 1055-10	kurz

^a Entsprechend den zugehörigen Lasten.

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

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

(5) Bei Holzbauteilen darf der Einfluss von Temperaturänderungen vernachlässigt werden.

7.1.3 Modifizierung der Baustoffeigenschaften

(1) Der Einfluss der Nutzungsklasse und der Klasse der Lasteinwirkungsdauer auf die Festigkeitseigenschaften werden in Gleichung (3) durch den Modifikationsbeiwert k_{mod} berücksichtigt. Bei Lastkombinationen aus Einwirkungen, die zu verschiedenen Klassen der Lasteinwirkungsdauer gehören, gilt die Einwirkung mit der kürzesten Dauer als maßgebend; z. B. sind für eine ständige und eine Kurzzeitbelastung die Regeln für die Kurzzeitbelastung maßgebend. Rechenwerte für die Modifikationsbeiwerte k_{mod} sind der Tabelle F.1 zu entnehmen.

ANMERKUNG Dabei sind sämtliche Lastfallkombinationen zu überprüfen (siehe 5.4 (1)).

(2) Auswirkungen infolge Kriechens der Holzbaustoffe werden für die ständigen Lasten und die quasi-ständigen Lastanteile in Abhängigkeit von der Nutzungsklasse rechnerisch durch die Verformungsbeiwerte k_{def} berücksichtigt. Rechenwerte für die Verformungsbeiwerte k_{def} sind Tabelle F.2 zu entnehmen.

7.1.4 Ausgleichsfeuchten

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

(2) Als Ausgleichsfeuchten der Holzbaustoffe gelten die in Tabelle F.3 angegebenen Werte der Holzfeuchten.

7.1.5 Schwind- und Quellmaße

(1) Für die jeweiligen Holzbaustoffe sind die Rechenwerte für die Schwind- und Quellmaße je Prozent Feuchteänderung in Tabelle F.4 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.

7.2 Vollholz

7.2.1 Anforderungen

(1) Vollholz muss nach einem visuellen oder maschinellen Sortierverfahren festigkeitssortiert sein. Die maschinellen Sortierverfahren müssen die Anforderungen nach DIN 4074-3 und DIN 4074-4 erfüllen.

(2) Keilzinkenverbindungen von Vollholz müssen die Anforderungen nach DIN EN 385:2002-03 und Anhang I erfüllen.

(3) Keilgezinktes Vollholz darf nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

7.2.2 Charakteristische Werte

(1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte sind für Nadelhölzer in Tabelle F.5 und für Laubhölzer in Tabelle F.7 angegeben.

(2) Für Nadelhölzer, die nach DIN 4074-1 bzw. DIN 4074-2 sortiert sind, ist die Zuordnung der Sortierklassen nach DIN 4074-1 und der Güteklassen nach DIN 4074-2 zu den Festigkeitsklassen der Tabelle F.5 in Tabelle F.6 angegeben.

(3) Für Laubhölzer, die nach DIN 4074-5 sortiert sind, ist die Zuordnung der Sortierklassen nach DIN 4074-5 zu den Festigkeitsklassen der Tabelle F.7 in Tabelle F.8 angegeben.

(4) Die Zuordnung von nicht nach DIN 4074-1 visuell sortiertem Vollholz zu einer Festigkeitsklasse nach Tabelle F.5 bzw. F.7 ist in Abhängigkeit von der Herkunft und der Sortierklasse der DIN EN 1912:1998-08 zu entnehmen.

7.2.3 Vollholzmaße

(1) Tragende einteilige Einzelquerschnitte von Vollholzbauteilen müssen mindestens eine Nenndicke von 24 mm und mindestens $1\,400 \text{ mm}^2$ (Dachlatten 1100 mm^2) Querschnittsfläche haben.

(2) Die Abweichungen der Querschnittsmaße von den Nennmaßen müssen innerhalb der Grenzen der Maßtoleranzklasse 2 nach DIN EN 336:2003-09 liegen.

(3) Die Nennmaße sind auf eine Holzfeuchte von 20 % bezogen.

7.2.4 Wirksame Querschnittswerte und Querschnittsschwächungen

(1) Der wirksame Querschnitt und die geometrischen Eigenschaften eines tragenden Bauteiles sind mit den Nennmaßen zu berechnen.

(2) Querschnittsschwächungen sind rechnerisch zu berücksichtigen. Bei stiftförmigen Verbindungsmittern ist bei vorgebohrten Hölzern der Bohrlochdurchmesser und bei nicht vorgebohrten Hölzern der Nenndurchmesser zu verwenden. Ausgenommen sind Querschnittsschwächungen, verursacht durch

- Baumkanten, die nicht breiter sind als in DIN 4074-1 bzw. DIN 4074-5 zugelassen,
- Nägel mit Durchmessern bis zu 6 mm, wenn die Nägel ohne Vorbohren eingetrieben sind,
- Holzschrauben mit Durchmessern bis zu 8 mm, wenn die Holzschrauben ohne Vorbohren eingedreht sind,
- Löcher und Aussparungen, wenn sie in der Druckzone von Holzbauteilen liegen und wenn sie mit einem Baustoff ausgefüllt sind, dessen Steifigkeit mindestens der des Holzes oder Holzwerkstoffes entspricht,
- Keilzinkenverbindungen nach DIN EN 385:2002-03 in Querschnitten mit Breiten bzw. Höhen bis 300 mm.

(3) Bei Verbindungen mit mehreren Verbindungsmitteleihen sind zur Bestimmung des wirksamen Querschnittes alle Löcher zu berücksichtigen, die weniger als der halbe Mindestabstand der Verbindungsmitte in Faserrichtung von dem betrachteten Querschnitt entfernt liegen. Alle versetzt angeordneten Querschnittsschwächungen innerhalb eines Bereiches von 150 mm sind als in einem Querschnitt wirkend zusammenzufassen. Dabei dürfen stiftförmige Verbindungsmitte, die jeweils um bis zu $0,5 \cdot d$ gegenüber der Risslinie versetzt sind, als hintereinander liegend angesehen werden.

(4) Bei örtlichen Schwächungen mit höchstens 10 % der Bruttoquerschnittsfläche darf die Berechnung des Netto-Flächenmomentes 2. Grades (Netto-Trägheitsmoment) hinreichend genau auf die Schwerlinie des ungeschwächten Querschnittes bezogen werden.

7.3 Brettschichtholz

7.3.1 Anforderungen

(1) Brettschichtholz muss die Anforderungen nach Anhang H erfüllen.

(2) Je nach Lamellenaufbau wird zwischen homogenem und kombiniertem Brettschichtholz unterschieden. Bei homogenem Brettschichtholz gehören alle Brettlamellen der gleichen Festigkeitsklasse an, bei kombiniertem Brettschichtholz gehören die inneren und die äußeren Brettlamellen unterschiedlichen Festigkeitsklassen an. Die äußeren Brettlamellen umfassen die Bereiche von 1/6 der Trägerhöhe auf beiden Seiten, mindestens jedoch zwei Brettlamellen. Bei überwiegend auf Biegung beanspruchtem Brettschichtholz dürfen bis zu 10 % der Lamellen im Bereich der Querschnittsachse einer niedrigeren Festigkeitsklasse entsprechen (siehe Tabelle F.10).

(3) Andere Lamellenaufbauten dürfen unter Zugrundelegung der Angaben in DIN EN 1194:1999-05 verwendet werden.

7.3.2 Charakteristische Werte

(1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte sind für homogenes und kombiniertes Brettschichtholz in Tabelle F.9 angegeben. Diese Werte gelten auch für Brettschichtholz aus drei Lamellen.

(2) Für Nadelholzlamellen, die nach DIN 4074-1 sortiert sind, ist die Zuordnung der Sortierklassen nach DIN 4074-1 zu den Festigkeitsklassen der äußeren/inneren Lamellen und den daraus resultierenden Festigkeitsklassen des homogenen/kombinierten Brettschichtholzes in Tabelle F.10 angegeben.

(3) Charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte für Brettschichtholz mit anderem Lamellenaufbau sind unter Zugrundelegen der Angaben in DIN EN 1194:1999-05 nach der Verbundtheorie zu ermitteln. Der charakteristische Rohdichtekennwert darf wie für homogenes Brettschichtholz als der der Festigkeitsklasse der inneren Lamellen angenommen werden.

7.3.3 Brettschichtholzmaße

(1) Es gilt DIN EN 390:1995-03.

7.3.4 Wirksame Querschnittswerte und Querschnittsschwächungen

(1) Es gilt Abschnitt 7.2.4 sinngemäß.

7.4 Balkenschichtholz

(1) Balkenschichthölzer bedürfen eines Nachweises der Verwendbarkeit durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen, in denen der Aufbau, die Balkendicken sowie die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte, die Maße und die wirksamen Querschnittswerte und Querschnittsschwächungen festgelegt sind.

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

7.5 Furnierschichtholz

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

(2) Für die Verwendung ist DIN V 20000-1 zu beachten.

7.6 Brettsperrholz (Mehrschichtige Massivholzplatten)

(1) Brettsperrholz bedarf eines Nachweises der Verwendbarkeit durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen, in denen der Plattenaufbau, die Schichtdicken sowie die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte festgelegt sind.

7.7 Sperrholz

7.7.1 Anforderungen

- (1) Sperrholz muss die Anforderungen nach DIN EN 636:2003-11, DIN EN 13986:2002-09 und DIN V 20000-1 erfüllen.
- (2) Sperrholz der technischen Klasse „Trocken“ nach DIN EN 13986:2002-09 darf nur in der Nutzungsklasse 1 verwendet werden.
- (3) Sperrholz der technischen Klasse „Feucht“ nach DIN EN 13986:2002-09 darf nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.
- (4) Sperrholz der technischen Klasse „Außen“ nach DIN EN 13986:2002-09 darf in den Nutzungsklassen 1, 2 und 3 verwendet werden.
- (5) Sperrholz muss, sofern es nur Aussteifungszwecken dient, aus mindestens drei Lagen, für alle sonstigen tragenden Bauteile aus mindestens fünf Lagen bestehen.
- (6) Mittragende Beplankungen von Holztäfeln für Holzhäuser in Tafelbauart dürfen auch aus drei Lagen bestehen, jedoch nicht bei Decken- und Dachscheiben, wenn deren Scheibenwirkung bei der Bemessung zu berücksichtigen ist.

7.7.2 Charakteristische Werte

- (1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Sperrholz nach der Biegefestigkeitsklasse F25/10 nach DIN EN 636:2003-11 sind in Tabelle F.11 angegeben.
- (2) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Sperrholz der Biegefestigkeitsklassen F40/40 E60/40, F50/25 E70/25 und F60/10 E90/10 nach DIN EN 636:2003-11 sind in Tabelle F.12 angegeben.
- (3) Bei Verwendung von deklarierten charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerten darf der durch die Klassen in den entsprechenden Tabellen abgedeckte Wertebereich nicht unter- bzw. überschritten werden.

7.7.3 Mindestdicken

- (1) Die Mindestdicke tragender Platten aus Sperrholz, auch die der Beplankungen von Holztäfeln, beträgt 6 mm.

7.8 OSB-Platten (Oriented Strand Board)

7.8.1 Anforderungen

- (1) OSB-Platten müssen die Anforderungen nach DIN EN 300:1997-06, DIN EN 13986:2002-09 und DIN V 20000-1 erfüllen.
- (2) OSB-Platten der technischen Klasse OSB/2 nach DIN EN 13986:2002-09 dürfen nur in der Nutzungsklasse 1 verwendet werden.
- (3) OSB-Platten der technischen Klassen OSB/3 und OSB/4 nach DIN EN 13986:2002-09 dürfen nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

7.8.2 Charakteristische Werte

- (1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für OSB-Platten der technischen Klassen OSB/2 und OSB/3 nach DIN EN 13986:2002-09 sind in Tabelle F.13 angegeben.
- (2) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für OSB-Platten der technischen Klasse OSB/4 nach DIN EN 13986:2002-09 sind in Tabelle F.14 angegeben.
- (3) Bei Verwendung von deklarierten charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerten darf der durch die Klassen in den entsprechenden Tabellen abgedeckte Wertebereich nicht unter- bzw. überschritten werden.

7.8.3 Mindestdicken

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

7.9 Kunstharzgebundene Spanplatten

7.9.1 Anforderungen

- (1) Kunstharzgebundene Spanplatten müssen die Anforderungen nach DIN EN 312:2003-11, DIN EN 13986:2002-09 und DIN V 20000-1 erfüllen.
- (2) Kunstharzgebundene Spanplatten der technischen Klassen P4 und P6 nach DIN EN 13986:2002-09 dürfen nur in der Nutzungsklasse 1 verwendet werden.
- (3) Kunstharzgebundene Spanplatten der technischen Klassen P5 und P7 nach DIN EN 13986:2002-09 dürfen nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

7.9.2 Charakteristische Werte

- (1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kunstharzgebundene Spanplatten der technischen Klassen P4 bis P7 nach DIN EN 13986:2002-09 sind in Tabelle F.15 bis Tabelle F.18 angegeben.
- (2) Bei Verwendung von deklarierten charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerten darf der durch die Klassen in den entsprechenden Tabellen abgedeckte Wertebereich nicht unter- bzw. überschritten werden.

7.9.3 Mindestdicken

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

7.10 Zementgebundene Spanplatten

7.10.1 Anforderungen

- (1) Zementgebundene Spanplatten für tragende und aussteifende Zwecke müssen die Anforderungen nach DIN EN 634-1:1995-04 und DIN EN 634-2:1996-10, DIN EN 13986:2002-09 und DIN V 20000-1 erfüllen.
- (2) Sie dürfen in allen Nutzungsklassen verwendet werden.

7.10.2 Charakteristische Werte

- (1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für zementgebundene Spanplatten nach DIN EN 13986:2002-09 sind in Tabelle F.19 angegeben.
- (2) Bei Verwendung von deklarierten charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerten darf der durch die Klassen in den entsprechenden Tabellen abgedeckte Wertebereich nicht unter- bzw. überschritten werden.

7.10.3 Mindestdicken

- (1) Die Mindestdicke zementgebundener Spanplatten für tragende Zwecke beträgt 8 mm.
- (2) Bei Verwendung ungeschliffener Platten sind die Abmaße nach DIN EN 634-1:1995-04 zu beachten.

7.11 Faserplatten

7.11.1 Anforderungen

- (1) Faserplatten müssen die Anforderungen nach E DIN EN 622-2:2003-10 und E DIN EN 622-3:2003-10, DIN EN 13986:2002-09 und DIN V 20000-1 erfüllen.
- (2) Faserplatten der technischen Klasse MBH.LA2 nach DIN EN 13986:2002-09 dürfen für tragende und aussteifende Zwecke nur in der Nutzungsklasse 1 verwendet werden.
- (3) Faserplatten der technischen Klasse HB.HLA2 nach DIN EN 13986:2002-09 dürfen für tragende und aussteifende Zwecke nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

7.11.2 Charakteristische Werte

- (1) Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Faserplatten der technischen Klassen HB.HLA2 und MBH.LA2 nach DIN EN 13986:2002-09 sind in Tabelle F.20 angegeben.
- (2) Bei Verwendung von deklarierten charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerten darf der durch die Klassen in den entsprechenden Tabellen abgedeckte Wertebereich nicht unter- bzw. überschritten werden.

7.11.3 Mindestdicken

- (1) Die Mindestdicke von Faserplatten der technischen Klasse HB.HLA2 nach DIN EN 13986:2002-09 für tragende und aussteifende Zwecke beträgt 4 mm.
- (2) Die Mindestdicke von Faserplatten der technischen Klasse MBH.LA2 nach DIN EN 13986:2002-09 für tragende und aussteifende Zwecke beträgt 6 mm.

7.12 Gipskartonplatten

7.12.1 Anforderungen

- (1) Gipskartonplatten müssen die Anforderungen nach DIN 18180 erfüllen.
- (2) Gipskartonplatten der Plattentypen GKB und GKF nach DIN 18180 dürfen nur in der Nutzungsklasse 1, Gipskartonplatten der Plattentypen GKBI und GKFI dürfen nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden.

7.12.2 Charakteristische Werte

(1) Charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte für Gipskartonplatten nach DIN 18180 sind in Tabelle F.21 angegeben.

7.12.3 Mindestdicken

(1) Die Mindestdicke der Gipskartonplatten für Beplankungen für Dach-, Wand- und Deckentafeln beträgt mindestens 12,5 mm.

8 Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen

8.1 Allgemeines

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

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

(3) Ist die Bedingung nach Absatz (2) nicht eingehalten, sind die Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung zu ermitteln (siehe 8.5), oder es ist das Ersatzstabverfahren anzuwenden (siehe 8.4).

(4) 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 %).

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

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

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

(8) Werden ähnliche Bauteile bei gleichem gegenseitigen Abstand durch ein kontinuierliches Lastverteilungssystem seitlich miteinander verbunden, dann dürfen die Festigkeitskennwerte der Bauteile um einen Systembeiwert k_t erhöht in Rechnung gestellt werden.

(9) Wenn das kontinuierliche Lastverteilungssystem so bemessen ist, dass es die Lasten von einem Bauteil auf das benachbarte Bauteil übertragen kann, dann darf der Systembeiwert zu $k_t = 1,1$ angenommen werden.

(10) Der Nachweis für das Lastverteilungssystem im Grenzzustand der Tragfähigkeit darf unter der Annahme einer kurzen Lasteinwirkungsdauer (siehe Tabelle 3, Zeile 5) mit einem Teilsicherheitsbeiwert für die Festigkeitseigenschaften von $\gamma_M = 1,0$ geführt werden.

8.2 Steifigkeitskennwerte

(1) Für Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind zur Berechnung der Steifigkeit die Nennwerte der Querschnittsmaße und die Mittelwerte der Elastizitätsmoduln E_{mean} , der Schubmoduln G_{mean} und der Verschiebungsmoduln K_{ser} zu verwenden. Rechenwerte für K_{ser} sind in Anhang G angegeben.

(2) Für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind die Steifigkeitskennwerte durch den Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,3$ zu dividieren:

$$E = \frac{E_{\text{mean}}}{\gamma_M}; \quad G = \frac{G_{\text{mean}}}{\gamma_M}; \quad K = \frac{K_{u,\text{mean}}}{\gamma_M} \quad (4)$$

Dabei ist der Mittelwert $K_{u,\text{mean}}$ anzunehmen zu:

$$K_{u,\text{mean}} = \frac{2}{3} \cdot K_{\text{ser}} \quad (5)$$

8.3 Zeitabhängige Verformungen

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

(2) Das Kriechen des Holzes wird durch den Verformungsbeiwert k_{def} berücksichtigt. Rechenwerte für den Verformungsbeiwert sind der Tabelle F.2 zu entnehmen.

(3) 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 $1/(1 + k_{\text{def}})$ erfolgen.

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

(5) Für Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln ist der Verformungsbeiwert k_{def} der zu verbindenden Bauteile zu verwenden.

(6) Bei Verbindungen von Bauteilen aus unterschiedlichen Baustoffen darf das arithmetische Mittel der Verformungsbeiwerte der Baustoffe verwendet werden, für Stahlblech-Holz-Verbindungen ist der Verformungsbeiwert k_{def} des Holzes zu verwenden.

(7) Die Endverformung $w_{G,\text{fin}}$ infolge der ständigen Einwirkungen darf wie folgt berechnet werden:

$$w_{G,\text{fin}} = w_{G,\text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) \quad (6)$$

(8) Die Endverformung $w_{Q,\text{fin}}$ infolge der veränderlichen Einwirkungen darf wie folgt berechnet werden:

für charakteristische (seltene) Bemessungssituationen

vorherrschende veränderliche Einwirkung

$$w_{Q,1,\text{fin}} = w_{Q,1,\text{inst}} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{\text{def}}) \quad (7)$$

weitere veränderliche Einwirkungen

$$w_{Q,i,\text{fin}} = w_{Q,i,\text{inst}} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{\text{def}}) \quad (8)$$

für die quasiständige Bemessungssituation

alle veränderlichen Einwirkungen

$$w_{Q,i,\text{fin}} = \psi_{2,i} \cdot w_{Q,i,\text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) \quad (9)$$

8.4 Linear-elastische Berechnung von Einzelstäben

8.4.1 Allgemeines

- (1) Die Linear-elastische Berechnung bezieht sich auf Einzelstäbe oder Stäbe von Tragwerken, deren Tragfähigkeit wesentlich durch ihre Verformungen beeinflusst wird.
- (2) Bei Ermittlung der Ersatzstablängen sind die Steifigkeitskennwerte und die Verschiebungsmoduln nach den Gleichung (4) und (5) zu ermitteln.
- (3) Der Nachweis von Tragwerken, bei denen Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung zu berücksichtigen sind, muss sicherstellen, dass für die ungünstigste Einwirkungskombination im Grenzzustand der Tragfähigkeit der Verlust des statischen Gleichgewichts (örtlich oder für das Gesamttragwerk) nicht auftritt und der Grenzzustand der Tragfähigkeit einzelner Querschnitte oder Verbindungen, die durch Biegung und Normalkräfte beansprucht werden, nicht überschritten wird.
- (4) Für Tragwerke, deren räumliches Tragverhalten bekannt ist, dürfen die Schnittgrößen am unverformten System nach Theorie I. Ordnung berechnet werden. Die Wirkung der Theorie II. Ordnung ist durch die Knickbeiwerte k_c und den Kippbeiwert k_m zu berücksichtigen. Aussteifende Bauteile sind für Ersatzlasten zu bemessen, die die Auswirkungen der Imperfektionen nach 8.5.2 und 8.5.3 einschließlich ihrer Verformungen berücksichtigen. Die Ersatzlasten sind wie die Einwirkungen zu behandeln, die sie verursachen.
- (5) Die Beiwerte sind gegebenenfalls für beide Hauptquerschnittssachsen zu berechnen. Der jeweils ungünstigere Wert ist bei der Ermittlung der Beanspruchungen anzusetzen.
- (6) Die Beiwerte für die Beanspruchung aus Normalkraft und für Biegebeanspruchung dürfen unabhängig voneinander ermittelt werden.

8.4.2 Vereinfachte Berechnung von Druckstäben (Ersatzstabverfahren)

- (1) Für einen planmäßig mittig durch Druckkräfte beanspruchten Stab dürfen die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung berechnet werden. 10.3.1 gibt ein Verfahren zum Nachweis knickgefährdet Stäbe mit beidseitig gelenkiger Lagerung mit über die Länge konstanter Normalkraft und konstantem Rechteckquerschnitt an.
- (2) Das Verfahren nach 10.3.1 darf auch für Stäbe mit von Absatz (1) abweichenden Randbedingungen, Querschnittsformen, mit veränderlicher Normalkraft und über die Länge veränderlichem Querschnitt angewendet werden, wenn anstelle der Stablänge eine Ersatzstablänge (Knicklänge) nach Anhang E benutzt wird.
- (3) Bei Stäben mit linear veränderlicher Querschnittshöhe dürfen die Querschnittswerte im Abstand der 0,65fachen Stablänge vom Stabende mit dem kleineren Stabquerschnitt und der Größtwert der Normalkraft im Stab dem Nachweis zugrunde gelegt werden.
- (4) Die seitlichen Verformungen von Druckstäben dürfen durch Zwischenabstützungen so begrenzt werden, dass als Ersatzstablänge der Druckstäbe der Abstand a der seitlichen Abstützungen angesetzt werden darf (siehe Bild 1). Die spannungslose Vorkrümmung zwischen den Einzelabstützungen darf $a/500$ bei Stäben aus Brettschicht- und Furnierschichtholz und $a/300$ bei Stäben aus Vollholz und Balkenschichtholz nicht überschreiten.
- (5) Jede Einzelabstützung muss eine Steifigkeit von mindestens

$$K_{u,\text{mean}} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I}{a^3} \quad (10)$$

aufweisen.

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

$$F_d = N_d \cdot (1 - k_c)/50 \quad \text{für Vollholz und Balkenschichtholz} \quad (11)$$

$$F_d = N_d \cdot (1 - k_c)/80 \quad \text{für Brett- und Furnierschichtholz} \quad (12)$$

Hierin ist N_d der Bemessungswert der mittleren Normalkraft im Druckstab. Der Knickbeiwert k_c ist für den nicht ausgesteiften Druckstab wie für Druckstäbe mit planmäßig mittigem Druck nach 10.3.1 zu berechnen.

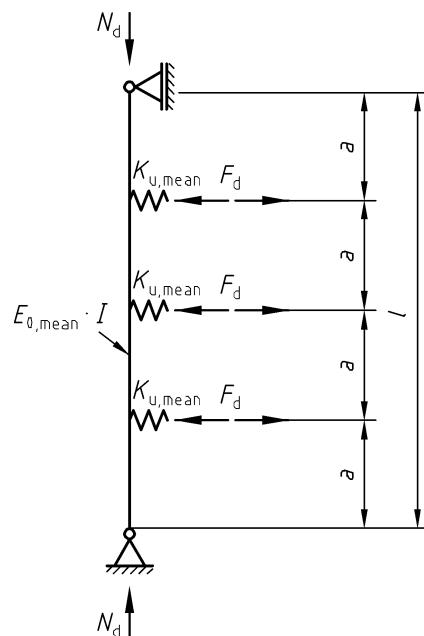
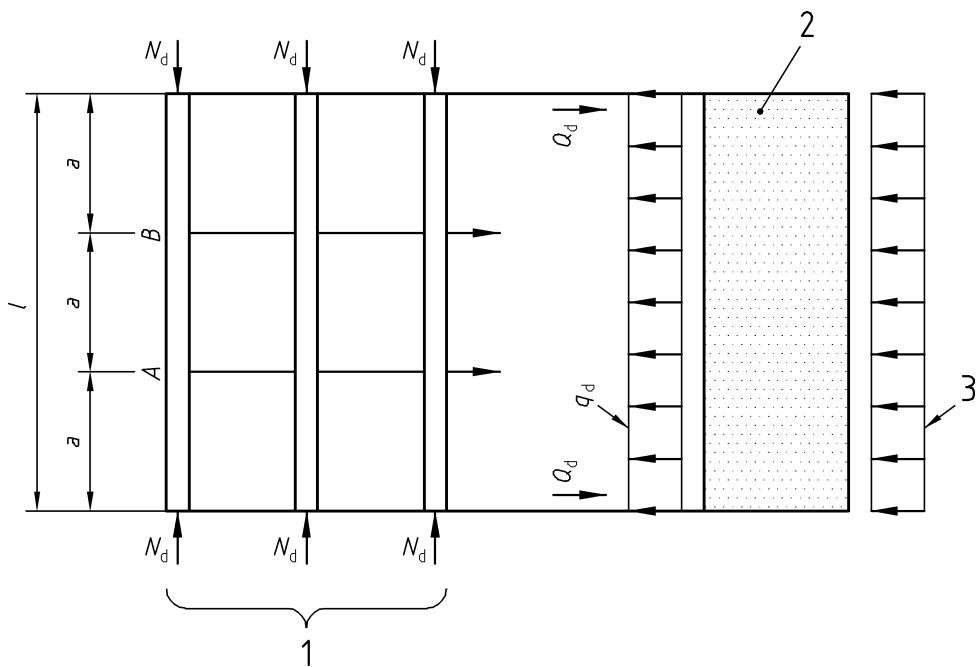


Bild 1 — Beispiel eines Druckstabes mit Einzelabstützungen

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

$$q_d = \frac{N_d \cdot (1 - k_c)}{30 \cdot l} \quad (13)$$

(8) Falls kein genauerer Nachweis erfolgt, darf die rechnerische Ausbiegung der Aussteifungskonstruktion aus q_d und anderen äußeren Einwirkungen $l/500$ nicht überschreiten. Die Steifigkeitskennwerte und die Verschiebungsmoduln sind dabei nach den Gleichungen (4) und (5) zu ermitteln.

**Legende**

- 1 n Träger
- 2 Aussteifungskonstruktion
- 3 äußere Einwirkung

Bild 2 — Aussteifung der Druckgurte von Biege- oder Fachwerkträgern**8.4.3 Vereinfachte Berechnung von Biegestäben (Ersatzstabverfahren)**

(1) Für einen durch einachsige Biegung beanspruchten Biegestab dürfen die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung berechnet werden. 10.3.2 gibt ein Verfahren zum Nachweis kipgefährdeter 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

$$T_d = M_d \cdot \left[\frac{1}{80} - \frac{1}{60} \cdot \frac{e}{h} \cdot (1 - k_m) \right] \quad (14)$$

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 E.2),

h Stabhöhe,

k_m Kippbeiwert nach Gleichung (68) für den nicht ausgesteiften Biegestab.

(3) Das Verfahren nach 10.3.2 darf auch für Stäbe mit von Absatz (1) abweichenden Randbedingungen und Querschnittsformen, mit veränderlichem Moment und über die Länge veränderlicher Querschnittshöhe angewendet werden, wenn die kritischen Kippmomente nach Anhang E in Ansatz gebracht werden.

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

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

(6) Für die infolge der Imperfektionen durch den Druckgurt des Biegestabes verursachten Einwirkungen auf die Zwischenabstützungen, die zur Begrenzung seiner Verformungen dienen, darf die Ersatzlast nach Gleichung (11) bzw. (12) angesetzt werden, wenn die Zwischenabstützung eine Federsteifigkeit mindestens der Größe nach Gleichung (10) aufweist. Dabei darf für N_d die mittlere Normalkraft im Druckgurt des Biegestabes eingesetzt werden mit

$$N_d = (1 - k_m) \cdot \frac{M_d}{h} \quad (15)$$

Dabei ist

k_m Kippbeiwert nach Gleichung (68) für den nicht ausgesteiften Biegestab,

M_d Bemessungswert des größten Biegemoments im Stab,

h Stabhöhe.

(7) Für eine Reihe von n geraden Biegestäben- oder Fachwerkträgern mit konstantem Querschnitt, deren Druckgurte durch einen Aussteifungsverband in den Punkten A, B usw. seitlich abgestützt werden (siehe Bild 2), darf, falls kein genauerer Nachweis geführt wird, die Aussteifungskonstruktion zusätzlich zu etwaigen horizontalen Einwirkungen für die Ersatzlasten q_d und Q_d bemessen werden:

$$q_d = k_\ell \cdot \frac{n \cdot N_d}{30 \cdot \ell} \quad (16)$$

und

$$Q_d = q_d \cdot \frac{\ell}{2} \quad (17)$$

mit

$$k_\ell = \min \left\{ 1; \sqrt{\frac{15}{\ell}} \right\} \quad (18)$$

(8) Bei Fachwerkträgern ist N_d der Bemessungswert für die mittlere Normalkraft im Druckgurt mit der Verbandslänge ℓ zwischen den Stützungen in m. Die mittlere Normalkraft im Druckgurt eines Biegestabes darf nach Gleichung (15) berechnet werden.

(9) Falls kein genauerer Nachweis erfolgt, darf die rechnerische Ausbiegung der Aussteifungskonstruktion aus q_d und anderen äußeren Einwirkungen $\ell/500$ nicht überschreiten. Die Steifigkeitskennwerte und die Verschiebungsmoduln sind dabei nach den Gleichungen (4) und (5) zu ermitteln.

8.4.4 Biegung mit Normalkraft (Ersatzstabverfahren)

(1) Für einen durch Normalkräfte und Biegemomente beanspruchten Stab dürfen die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung ermittelt werden. Ein Rechenverfahren für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist in 10.3.3 angegeben.

(2) Bei Stäben mit linear veränderlicher Querschnittshöhe dürfen zur Bestimmung der Knick- und Kippbeiwerte die Querschnittswerte im Abstand der 0,65fachen Stablänge vom Stabende mit dem kleineren Stabquerschnitt verwendet werden.

8.5 Nichtlineare elastische Berechnung (Theorie II. Ordnung)

8.5.1 Allgemeines

(1) 8.5 bezieht sich auf Einzelstäbe oder Stäbe von Tragwerken, deren Tragfähigkeiten wesentlich durch ihre Verformungen beeinflusst werden.

(2) Für die Schnittgrößenberechnung von Tragwerken aus mehreren Stäben sind die Steifigkeitskennwerte nach 8.2 (2) zu verwenden, für die Schnittgrößenberechnung von Einzelstäben jedoch die durch den Teilsicherheitsbeiwert γ_M geteilten 5%-Quantilwerte der Steifigkeitskennwerte.

ANMERKUNG Der 5%-Quantilwert der Verschiebungsmoduln wird aus der Multiplikation der Mittelwerte der Tabelle G.1 und Gleichung (5) mit dem Verhältnis $E_{0,05}$ zu $E_{0,\text{mean}}$ ermittelt.

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

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

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

(6) Zur Berücksichtigung beider Imperfektionen dürfen geometrische Ersatzimperfektionen angenommen werden. Man unterscheidet zwischen Vorkrümmungen (siehe 8.5.2) und Vorverdrehungen (siehe 8.5.3).

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

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

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

8.5.2 Vorkrümmung

(1) Eine wahrscheinliche Vorkrümmung des unbelasteten Tragwerks ist durch eine sinus- oder paraboliformige Vorkrümmung der Stabachsen von Druckstäben oder der Druckgurte von Biegeträgern mit einer ungewollten Ausmitte e — im Allgemeinen in Stabmitte oder gegebenenfalls zwischen Knotenpunkten — zu berücksichtigen (siehe Bild 3). Anstelle der Vorkrümmung des Druckgurtes darf bei Biegeträgern auch eine Vorkrümmung der Stabachse angesetzt werden.

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

$$e = 0,0025 \cdot \ell \quad (19)$$

Dabei ist

ℓ Stablänge oder gegebenenfalls Abstand der Knotenpunkte.

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

8.5.3 Vorverdrehung

(1) Eine ungewollte Schrägstellung der Stiele des unbelasteten Tragwerks ist für solche Stäbe und Stabzüge anzunehmen, die am verformten Stabwerk Stabdrehwinkel aufweisen können und die durch Normalkräfte beansprucht werden. Eine ungewollte Schrägstellung ist durch eine Vorverdrehung der Stiele unter einem Winkel φ zu berücksichtigen (siehe Bild 3).

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

$$\varphi = 0,005 \quad \text{für } h \leq 5 \text{ m} \quad (20)$$

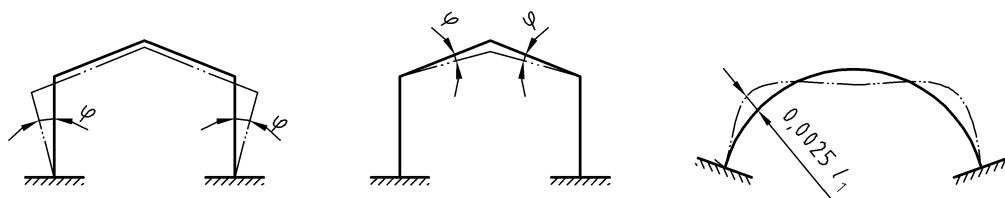
$$\varphi = 0,005 \cdot \sqrt{5/h} \quad \text{für } h > 5 \text{ m} \quad (21)$$

Dabei ist

h Tragwerkshöhe in m



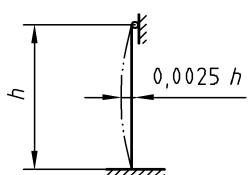
a) Systeme



b) symmetrische Vorverformungen



c) antimetrische Vorverformungen



d) Vorkrümmung

Bild 3 — Beispiele angenommener spannungsloser Vorverformungen für Stäbe, Rahmen und Bögen

8.6 Biege- und Druckbeanspruchung von Verbundträgern und Tafeln

8.6.1 Allgemeines

- (1) Auf Biegung und Druck beanspruchte Verbundträger und Tafeln im Sinne dieses Abschnitts bestehen aus ungestoßenen Teilen, die untereinander über die ganze Länge durch mechanische Verbindungsmittel verbunden oder verklebt sind.
- (2) Für Berechnungen darf eine geradlinige Beziehung zwischen Kräften und Verformungen angenommen werden.
- (3) Für geklebte Verbundbauteile darf eine geradlinige Dehnungsverteilung über die Querschnittsfläche angenommen werden.
- (4) Wenn der Querschnitt eines tragenden Bauteils aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzt ist, die durch mechanische Verbindungsmittel, Zwischen- oder Bindeholzer oder Vergitterungen verbunden sind, ist der Einfluss der Nachgiebigkeit in den Verbindungen zu berücksichtigen. Ein Verfahren ist in 8.6.2 angegeben.
- (5) Bestehen die Teilquerschnitte eines Verbundbauteils aus unterschiedlichen Baustoffen, ist bei der Ermittlung der Schnittgrößen der Teilquerschnitte das unterschiedliche Verformungsverhalten dieser Baustoffe während der Nutzungsdauer zu berücksichtigen. Die Schnittgrößen sind erforderlichenfalls für den Anfangs- und den Endzustand zu berechnen.
- (6) Beim Nachweis für den Anfangszustand sind die Elastizitäts-, Schub- und Verschiebungsmoduln nach Gleichung (4) zu verwenden.
- (7) Beim Nachweis für den Endzustand dürfen die Elastizitäts-, Schub- und Verschiebungsmoduln nach Gleichung (4) vereinfachend durch die Werte $(1 + k_{\text{def}})$ dividiert werden, wobei die jeweiligen Beiwerte k_{def} für die Klasse der Lasteinwirkungsdauer „ständig“ (siehe Tabelle 3 und Tabelle F.2) zugrunde gelegt werden dürfen.
- (8) 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.
- (9) Der Einfluss ungleichmäßiger Spannungsverteilung über die Beplankungsbreite von Verbundbauteilen infolge Schubverformungen und Ausbeulen ist zu berücksichtigen.
- (10) Tafelemente dürfen vereinfachend als eine Anzahl von I-Trägern bzw. C-Trägern mit einer wirksamen Beplankungsbreite b_{ef} betrachtet werden (siehe Bild 4). Dabei ist:

$$b_{\text{ef}} = b_{c,\text{ef}} + b_w \quad (\text{oder } b_{t,\text{ef}} + b_w) \quad (22)$$

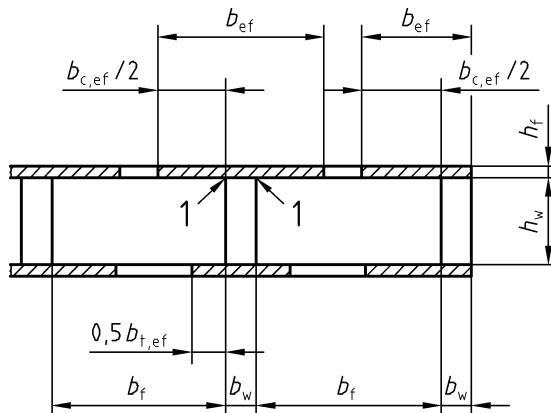
oder

$$b_{\text{ef}} = 0,5 \cdot b_{c,\text{ef}} + b_w \quad (\text{oder } 0,5 \cdot b_{t,\text{ef}} + b_w) \quad (23)$$

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

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

(12) Die Größtwerte der wirksamen Breite $b_{c,ef}$ (oder $b_{t,ef}$) der Beplankung von Tafelementen unter Berücksichtigung der Schubverformung und des Ausbeulens sind in Tabelle 5 angegeben, wobei ℓ die Feldlänge oder Teilstielänge ist.



Legende

1 Schnitt

Bild 4 — Wirksame Beplankungsbreiten eines Tafelementes

(13) Als Feldlänge ℓ ist bei Deckentafeln der Abstand der Biegemomentennullpunkte ohne Berücksichtigung der feldweisen Veränderung von Lasten (bei Tafeln auf zwei Stützen ohne Auskragung die Stützweite) und bei knickbeanspruchten Tafeln die maßgebende Knicklänge einzusetzen.

(14) Aussparungen in mittragenden Beplankungen dürfen beim Nachweis der Spannungen vernachlässigt werden, wenn auf einer Fläche von $2,5 \text{ m}^2$ einer Tafel die Gesamtfläche aller Aussparungen höchstens 300 cm^2 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 Teilstielängen eingesetzt werden.

Tabelle 5 — Größtwerte der wirksamen Breite $b_{c,ef}$ (oder $b_{t,ef}$) der Beplankung unter Berücksichtigung der Schubverformung und des Ausbeulens

1	2	3	4	5	6	7	
1	Beplankung	$\frac{E_{\text{mean}}}{G_{\text{mean}}} \leq$	Berücksichtigung der Schubverformung			Berück-sichtigung des Ausbeulens	
			bei Gleich-streckenlast	im Eintragungsbereich von Einzellasten $b_f/\ell \leq 0,4$			
			$b_f/\ell \leq 0,4$	$\ell/c_F \leq 5$	$\ell/c_F = 10$	$\ell/c_F = 20$	
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 Quer-lagen 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 zementge-bundene Spanplatten	6	$0,25 \cdot \ell$	$0,15 \cdot \ell$	$0,1 \cdot \ell$	$0,05 \cdot \ell$	$25 \cdot h_f$
7	Kunstharzgebundene Span-platten und Faserplatten	2,5	$0,3 \cdot \ell$	$0,25 \cdot \ell$	$0,2 \cdot \ell$	$0,15 \cdot \ell$	$25 \cdot h_f$

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

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

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

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

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

8.6.2 Verbundbauteile aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen

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

$$s_{\text{ef}} = 0,75 \cdot s_{\min} + 0,25 \cdot s_{\max} \quad (24)$$

(2) Die Schnittgrößen der Teilquerschnitte von durch Streckenlasten auf Biegung beanspruchten Verbundbauteilen nach Bild 5 aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen dürfen nach dem folgenden Näherungsverfahren berechnet werden. Die Biegesteifigkeit von Teilquerschnitten aus Beton darf unter Annahme einer ungerissenen Zugzone ermittelt werden.

(3) Die wirksame Biegesteifigkeit ergibt sich zu:

$$(E \cdot I)_{\text{ef}} = \sum_{i=1}^3 (E_i \cdot I_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2) \quad (25)$$

$$A_i = b_i \cdot h_i \quad (26)$$

$$I_i = b_i \cdot h_i^3 / 12 \quad (27)$$

Bei Tafelementen ist für b_i ($i = 1, 3$) der jeweilige Wert b_{ef} anzusetzen (siehe 8.6.1).

$$\gamma_2 = 1 \quad (28)$$

$$\gamma_i = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_i \cdot A_i \cdot s_i}{K_i \cdot \ell^2}} \quad \text{für } i = 1 \text{ und } i = 3 \quad (29)$$

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

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

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

ℓ ist bei Einfeldträgern gleich der Stützweite ℓ .

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

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

(4) Die Lage der Spannungsnullebene ergibt sich zu

$$a_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot (h_1 + h_2) - \gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot (h_2 + h_3)}{\sum_{i=1}^3 \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i} \quad (30)$$

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

Gleichung (30) ist auch für Querschnittstyp C gültig, wenn $A_3 = 0$ gesetzt wird.

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

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

$$N_{i,d} = \frac{M_d}{(E \cdot I)_{ef}} \cdot \gamma_i \cdot a_i \cdot E_i \cdot A_i \quad (31)$$

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

$$M_{i,d} = \frac{M_d}{(E \cdot I)_{ef}} \cdot E_i \cdot I_i \quad (32)$$

(7) Der Bemessungswert der Schubspannung in der neutralen Ebene des Querschnittsteils 2 ergibt sich zu:

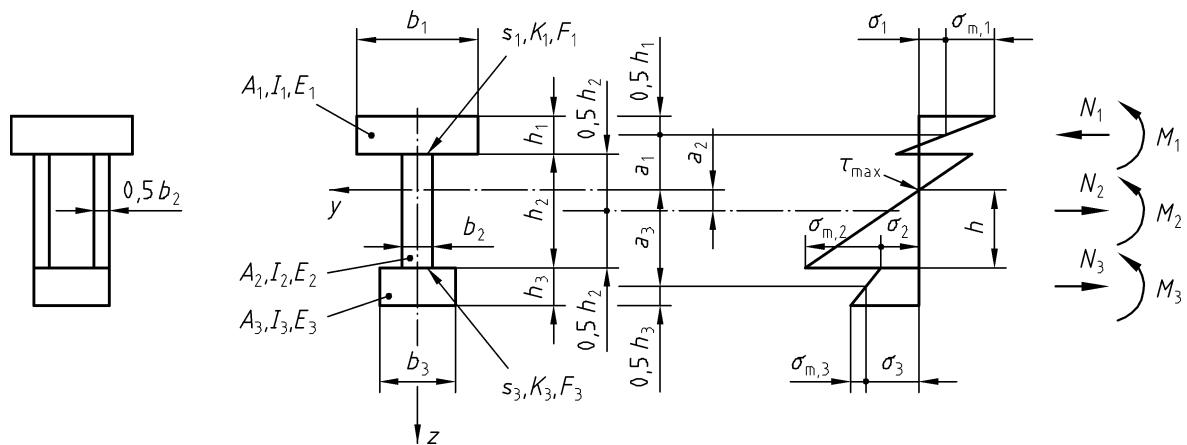
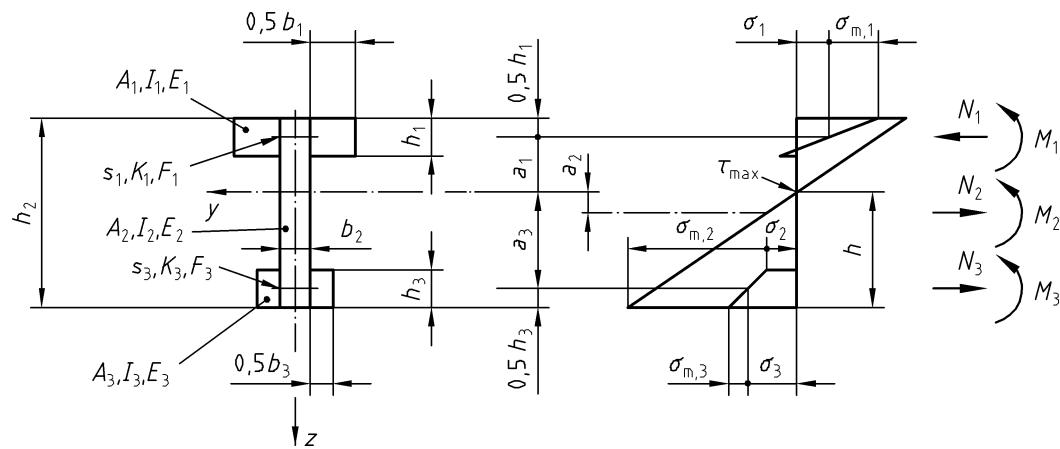
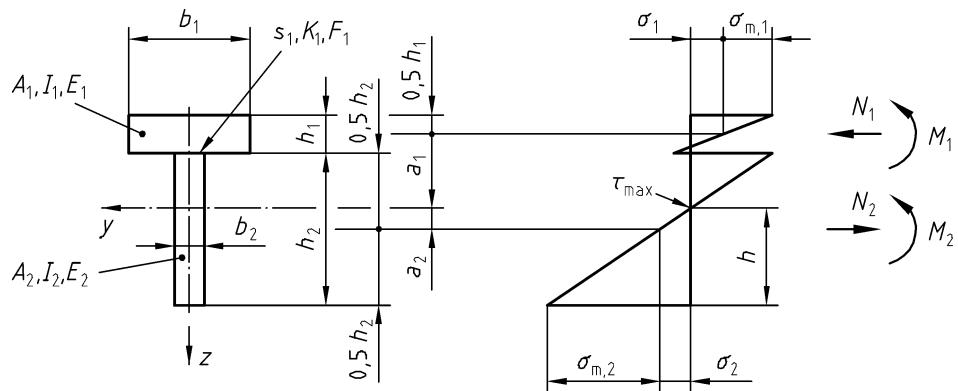
$$\tau_{2,max,d} = \frac{V_{max,d} \cdot (\gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot a_3 + 0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot h^2)}{(E \cdot I)_{ef} \cdot b_2} \quad (33)$$

mit h siehe Bild 5.

(8) Der Bemessungswert der in der Fuge 1 (3) auf ein Verbindungsmittel entfallenden Kraft ergibt sich zu:

$$F_{1(3),d} = \frac{V_{max,d} \cdot \gamma_{1(3)} \cdot E_{1(3)} \cdot A_{1(3)} \cdot a_{1(3)} \cdot s_{1(3)}}{(E \cdot I)_{ef}} \quad (34)$$

(9) Verbundbauteile aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen dürfen auch nach den in Anhang D angegebenen Verfahren berechnet werden.

Typ A**Typ B****Typ C****Bild 5 — Querschnitte aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen**

8.7 Vereinfachte Berechnung von scheibenartig beanspruchten Tafeln

8.7.1 Allgemeines

(1) Tafeln, die scheibenartig beansprucht werden, müssen an allen Rändern durch Rippen (Randrippen) begrenzt sein. Die Lasten und Lagerkräfte werden über die Rippen (Randrippen und/oder Innenrippen) in Richtung der Rippenachsen in die tragende Beplankung kontinuierlich eingeleitet.

(2) Die aus dem Abstand von Rippenachsen und Beplankungsmittelflächen und aus diskontinuierlichen und rechtwinklig zu den Rippenachsen gerichteten Kräften resultierenden zusätzlichen Beanspruchungen sind zu berücksichtigen.

(3) Die Beanspruchungen der Bauteile rechteckiger Tafeln dürfen vereinfachend nach 8.7.2 bis 8.7.7 ermittelt werden.

(4) Druck- oder biegebeanspruchte Rippen gelten als in Tafelebene ausreichend gegen Kippen und gegen Knicken gesichert, wenn sie mit einer beidseitigen aussteifenden Beplankung kontinuierlich verbunden sind und der Rippenabstand nicht größer als das 50fache der Beplankungsdicke ist. Dies gilt auch für Rippen mit einer einseitigen aussteifenden Beplankung, sofern sie mit Rechteckquerschnitt und einem Seitenverhältnis von $h/b \leq 4$ ausgeführt werden.

(5) Die Tragfähigkeit von Wandtafeln mit diagonaler Brettschalung darf vereinfachend nach 8.7.8 berechnet werden. Die Bestimmungen dürfen auf Dach- und Deckentafeln sinngemäß übertragen werden.

8.7.2 Rechteckige Tafeln

(1) Rechteckige Tafeln besitzen umlaufende Randrippen und eine Schar randparalleler, durchlaufender Innenrippen im Abstand a_r . Die Platten der Beplankung sind in Reihen parallel oder rechtwinklig zu den durchlaufenden Rippen angeordnet, wobei die Plattenstöße der einen Richtung immer auf den Rippen erfolgen (Bild 6). Die Plattenränder in der anderen Richtung sind frei (Bilder 6a, 6b; Bild 7a) oder durch Stoßhölzer schubsteif verbunden (Bild 6c; Bild 7b, 7c).

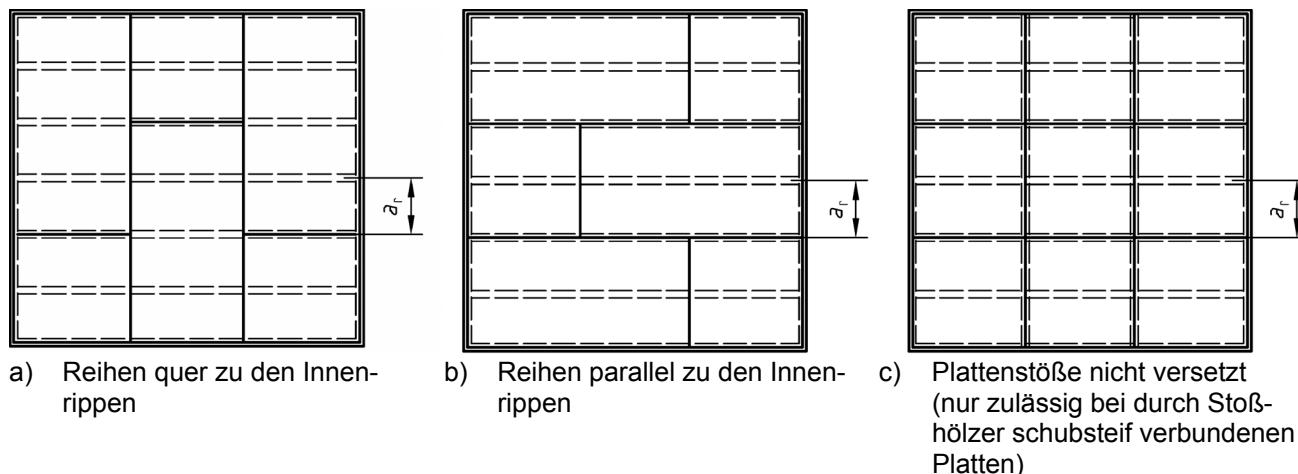
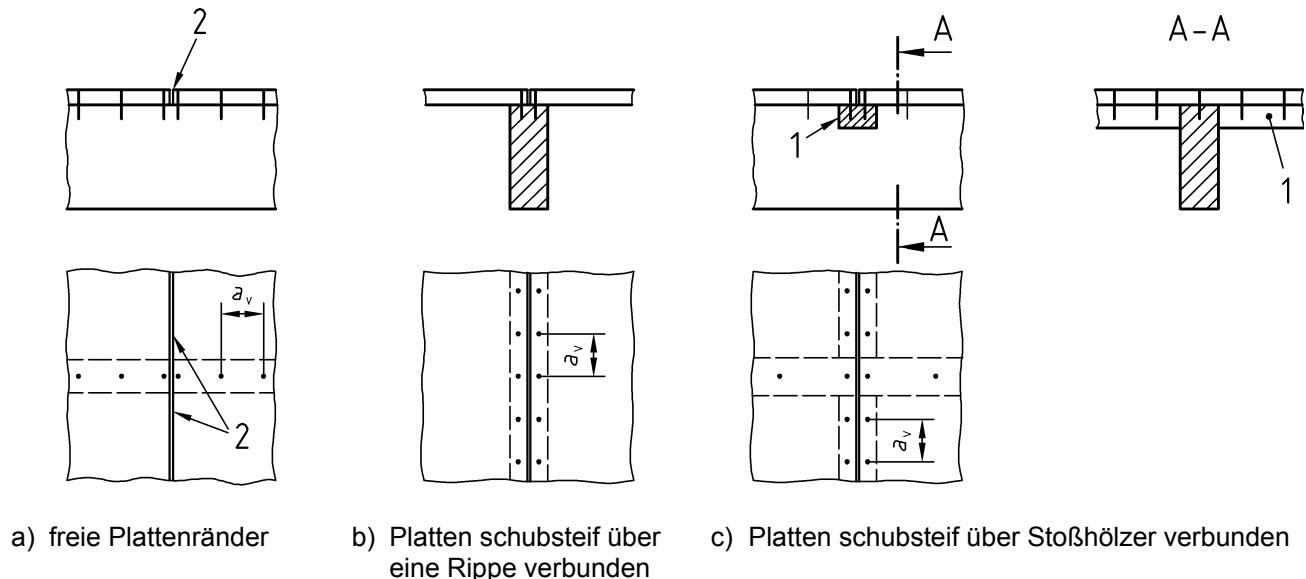


Bild 6 — Anordnung der Platten

- (2) Freie Plattenränder sind nur bei Dach- und Deckentafeln zulässig.
- (3) Der Verbund von Beplankung und Rippe wird durch den bereichsweise für jede Rippe konstant angenommenen Schubfluss $s_{v,0}$ in N/mm in Richtung der Stabachse der Rippe und gegebenenfalls durch die rechtwinklig zur Stabachse gerichtete kontinuierliche Beanspruchung $s_{v,90}$ in N/mm beansprucht.

(4) Werden Tafeln aus einzelnen Tafelementen zusammengesetzt, dann sind die Elemente so zu verbinden, dass der Schubfluss $s_{v,0}$ der angrenzenden Beplankungsränder von Element zu Element übertragen werden kann (Bild 8).

(5) Der Abstand a_v der Verbindungsmittel ist an allen Plattenrändern auf den Rippen und auf den Stoßhölzern konstant.



Legende

- 1 Stoßholz
- 2 freie Plattenränder

Bild 7 — Plattenränder



Bild 8 — Übertragung des Schubflusses bei Tafeln aus mehreren Elementen

(6) Werden bei Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern die Plattenstöße um mindestens einen Rippenabstand versetzt angeordnet, darf der Bemessungswert des Schubflusses $s_{v,0}$ entlang den nicht durchlaufenden Rändern um 1/3 geringer angenommen werden und der Verbindungsmittelabstand entsprechend vergrößert werden.

(7) Eine kontinuierliche Verbindung von Beplankung und Rippen nach 8.7.1 (4) darf angenommen werden, wenn der Abstand der Verbindungsmittel entlang den Plattenrändern bei Nägeln und Klammern höchstens 150 mm, bei Schrauben höchstens 200 mm beträgt. In anderen Bereichen darf der Abstand höchstens 300 mm betragen.

(8) Der Verbindungsmittelabstand a_v muss mindestens $20 \cdot d$ betragen, sofern kein genauerer Nachweis der Tragfähigkeit der Platten geführt wird.

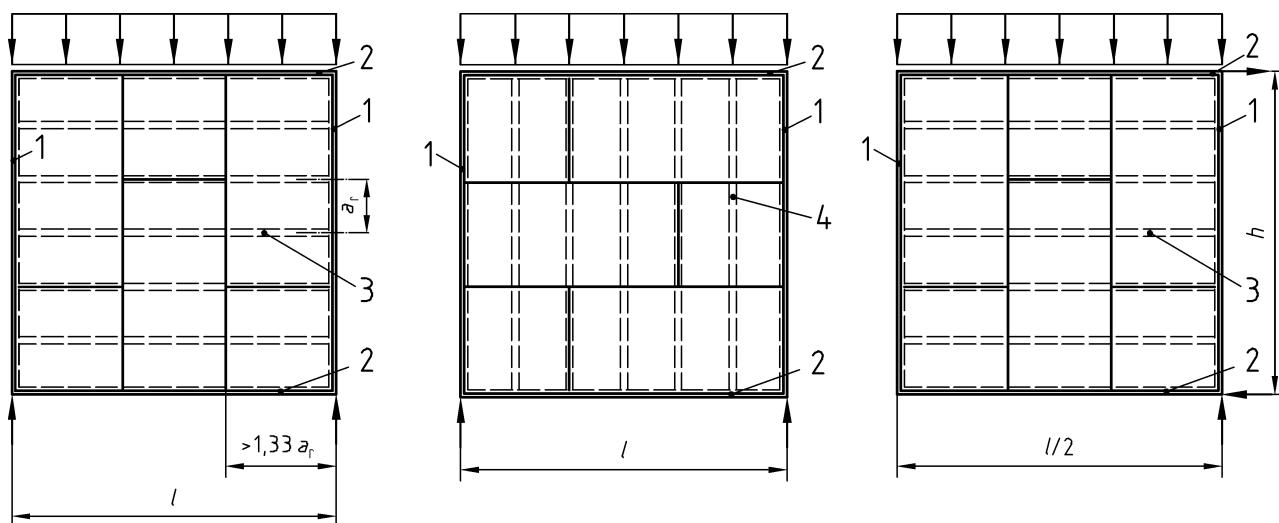
(9) Als Randabstände der Verbindungsmitte für Platten und Rippen darf bei Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern das Maß $a_{2,c}$ gewählt werden. In Randbereichen, in denen die Rippen rechtwinklig zu ihrer Stabachse beansprucht werden, können andere Randabstände erforderlich sein. Bei allen Tafeln mit freien Plattenrändern muss als Randabstand der Verbindungsmitte das Maß $a_{2,t}$ für $\alpha = 90^\circ$ gewählt werden.

(10) Einzelne Öffnungen in der Beplankung dürfen bei der Berechnung der Beanspruchungen vernachlässigt werden, wenn sie kleiner als $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 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.

(11) Die Randrippen von Tafeln dürfen nicht gestoßen sein oder die Stoße sind verformungsarm auszuführen. Stoße sind verformungsarm in diesem Sinne, wenn der Bemessungswert der Tragfähigkeit des Stoßes größer als der 1,5fache Bemessungswert der Beanspruchung ist.

(12) Sofern kein genauerer Nachweis der Tragfähigkeit der Tafel erfolgt, sind bei Tafeln mit einem Rippenabstand, der größer ist als die 50fache Beplankungsdicke, die Lasten über Verteiler in die Tafeln einzuleiten. Freie Plattenränder sind bei diesen Tafeln nicht zulässig.

8.7.3 Dach- und Deckentafeln



a) seitliche Randrippen gelagert,
Lasteinleitung über einen Gurt

b) seitliche Randrippen gelagert,
Lasteinleitung über Verteiler

c) eine seitliche Randrippe und
Gurte gelagert, Lasteinleitung
über einen Gurt

Legende

- 1 seitliche Randrippen (Verteiler)
- 2 Gurte
- 3 Innenrippen
- 4 Innenrippe als Verteiler

Bild 9 — Lagerung und Lasteinleitung bei Tafeln

(1) Dach- und Deckentafeln sind rechteckige Tafeln mit einer Länge l und einer Höhe h , die in ihrer Ebene an ihrem oberen und unteren Rand durch eine Gleichstreckenlast in Richtung der Tafelhöhe beansprucht werden. Die beiden seitlichen Randrippen (Verteiler) sind in Lastrichtung gelagert (Bilder 9a und 9b) oder eine seitliche Randrippe ist in Lastrichtung und die obere und untere Randrippe (Gurte) sind rechtwinklig zur Lastrichtung gelagert (Bild 9c).

(2) Freie Plattenränder sind nur quer zu den Innenrippen zulässig. Hierbei sind folgende Bedingungen einzuhalten:

- die Platten sind um mindestens einen Rippenabstand a_r versetzt angeordnet;
- der Rippenabstand a_r beträgt höchstens das 0,75fache der Seitenlänge der Platten in Rippenrichtung;
- die Platten sind auch an die Rippen, auf denen die Platten nicht gestoßen sind, mit Verbindungsmittern im Abstand a_v angeschlossen;
- die Stützweite ℓ der Tafel beträgt weniger als 12,5 m oder es sind höchstens drei Plattenreihen vorhanden;
- die Tafelhöhe h in Lastrichtung beträgt mindestens $\ell/4$;
- der Bemessungswert der Einwirkungen ist nicht größer als 5,0 kN/m.

(3) Die Beanspruchungen der Tafeln dürfen vereinfachend nach der technischen Biegelehre berechnet werden. Die obere und untere Randrippe sind als allein wirksamer Gurt für die Kraft aus dem maximalen Biegemoment zu bemessen. Die Beplankung ist für den Schubfluss aus der maximalen Querkraft zu bemessen, wobei der Schubfluss als über die Tafelhöhe konstant angenommen werden darf. Die Beanspruchung $s_{v,90}$ aus der Lasteinleitung darf unter Berücksichtigung von (4) vernachlässigt werden.

(4) Die Tafelhöhe h darf bei Tafeln, bei denen die Last über Rippen (Verteiler) in die Tafel eingeleitet wird, die über die volle Tafelhöhe durchgehen, rechnerisch nicht größer als die Stützweite ℓ angesetzt werden. Wenn das Tragverhalten nicht genauer berechnet und die Lasteinleitung nicht nachgewiesen wird, ist bei anderen Systemen die rechnerische Scheibenhöhe bei auf beide Ränder verteilter Last nicht größer als $\ell/2$, bei einseitiger Last nicht größer als $\ell/4$ anzusetzen.

(5) Als Verteiler der Lasten können auch Latten wirken, die in einem regelmäßigen Abstand angeordnet sind und über die Tafelhöhe ungestoßen durchgehen. Die Weiterleitung der Kraft von den Latten zur Beplankung darf hierbei auch indirekt über eine Konterlattung erfolgen. Bei größerem Abstand zwischen Latten und Beplankung ergeben sich in den Latten und Verbindungen Zusatzbeanspruchungen, die bei der Bemessung berücksichtigt werden müssen.

(6) Die zur Lagerung dienenden Randrippen sind für die Auflagerkräfte zu bemessen. Die Weiterleitung der Auflagerkräfte ist nachzuweisen, wobei die weiterzuleitenden Gurtkräfte mit der tatsächlichen Tafelhöhe anstelle der nach (4) für die Berechnung des Schubflusses und der Gurtkräfte rechnerisch wirksamen Höhe ermittelt werden.

(7) Die Stützkräfte von über mehrere Felder durchlaufenden Tafeln dürfen näherungsweise ohne Berücksichtigung einer Durchlaufwirkung bestimmt werden.

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

- die Tafelhöhe mindestens $\ell/4$ beträgt,
- die Seitenlänge der Platten mindestens 1,0 m beträgt,
- der Verbindungsmittelabstand a_v an allen nicht freien Plattenrändern der Tafel eingehalten wird.

8.7.4 Wandtafel

(1) Eine Wandtafel ist eine rechteckige Tafel der Länge ℓ und der Höhe h mit in regelmäßigen Abständen angeordneten lotrechten Rippen und einer horizontalen Kopf- und Fußrippe (Bild 10). Die Tafel wird in ihrer Ebene über die Kopfrippe horizontal durch eine Kraft F_v und vertikal durch eine Gleichlast oder Druckkräfte F_c beansprucht.

(2) Die seitlichen Randrippen sind druck- und erforderlichenfalls direkt zugfest mit der Unterkonstruktion verbunden. Die Fußrippe ist horizontal und vertikal gelagert.

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

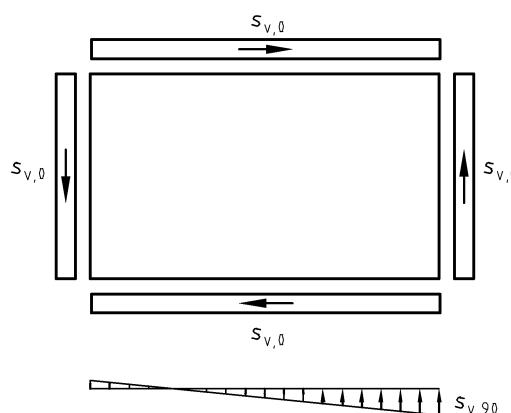
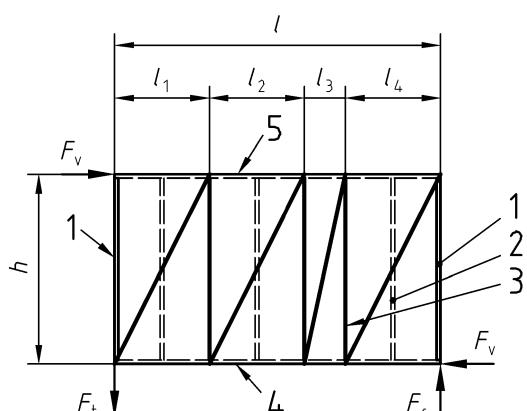
8.7.5 Wandtafel unter horizontaler Scheibenbeanspruchung

(1) Die Normalkraft der Randrippen beträgt

$$F_{c,d} = F_{t,d} = F_{v,d} \cdot \frac{h}{\ell} \quad (35)$$

(2) Wenn die Tafellänge größer ist als die halbe Tafelhöhe, darf die Normalkraft der Randrippe für den Nachweis des Anschlusses an die Fußrippe (Schwellenpressung) angenommen werden zu

$$F_{c,d} = \begin{cases} 0,67 \cdot F_{v,d} \cdot \frac{h}{\ell} & \text{im Falle beidseitiger Beplankung} \\ 0,75 \cdot F_{v,d} \cdot \frac{h}{\ell} & \text{im Falle einseitiger Beplankung} \end{cases} \quad (36)$$



a) Anschlusskräfte der Randrippen an die Unterkonstruktion

b) Beanspruchung des Verbundes von Beplankung und Randrippen

Legende

- 1 Randrippe
- 2 Innenrippe
- 3 Innenrippe (Stoßrippe)
- 4 Fußrippe
- 5 Kopfrippe

Bild 10 — Wandtafel unter horizontaler Scheibenbeanspruchung

(3) Für den Anschluss an die Fußrippe (Schwellenpressung) wird die Normalkraft der Innenrippen angenommen zu

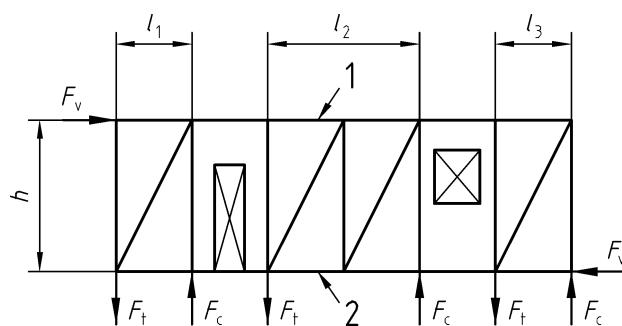
$$F_{c,d} = 0,20 \cdot F_{v,d} \cdot \frac{h}{\ell} \quad (37)$$

(4) Der Verbund von Beplankung und Rippen (Bild 10b) wird beansprucht durch den Schubfluss

$$s_{v,0,d} = F_{v,d} / \ell \quad (38)$$

(5) Die Auswirkungen der Beanspruchung $s_{v,90,d}$ dürfen bei Wandtafeln, die nur horizontal beansprucht werden, unberücksichtigt bleiben.

(6) Die Tragfähigkeiten von Wandbereichen mit Tür- oder Fensteröffnungen dürfen beim Nachweis vernachlässigt werden. Die ungestörten Bereiche sind als einzelne Tafeln zu betrachten und jede Tafel ist für sich zu verankern (Bild 11).



Legende

- 1 durchlaufende Kopfrippe
- 2 durchlaufende Fußrippe

Bild 11 — Beispiel einer Wand mit Öffnungen, bestehend aus einer Gruppe von Wandtafeln

(7) Die Beanspruchungen der Beplankung und der vertikalen Rippen einer gemeinsam wirkenden Gruppe von Wandtafelelementen, die mit einer durchgehenden Kopf- und Fußrippe verbunden sind, sind gleich und ergeben sich aus den Gleichungen (35) bis (38), wobei für ℓ die Summe der Einzellängen der Tafelelemente anzunehmen ist.

(8) Für Wandtafeln ist eine Berücksichtigung der Auswirkungen von Imperfektionen in Form einer Schrägstellung und ein Nachweis der horizontalen Verformung nicht erforderlich, wenn

- die Tafellänge mindestens $h/3$ beträgt,
- die Breite der Platten mindestens $h/4$ beträgt,
- die Tafel direkt in einer steifen Unterkonstruktion gelagert ist.
- die Erhöhung der charakteristischen Werte der Tragfähigkeit der Verbindungsmitte nach 10.6 (4) nicht in Anspruch genommen wird.

8.7.6 Wandtafeln unter vertikaler Scheibenbeanspruchung

(1) Die Abtragung vertikaler Lasten erfolgt bei Wandtafeln über die Rippen und die Beplankung im Verhältnis ihrer Beanspruchbarkeiten. Aus vertikalen Lasten ergeben sich dann für die Kopf- und Fußrippe Bemessungswerte der Beanspruchungen $F_{c,ri,d}$ in den Kontaktflächen mit den vertikalen Rippen und $s_{v,90,d}$ in ihren Verbindungen mit der Beplankung (Bild 12).

(2) Das aus einer ausmittigen Einwirkung innerhalb einer Plattenbreite ℓ resultierende Moment darf vernachlässigt werden, wenn die Ausmitte e kleiner als $\ell/6$ und kleiner als $h/6$ ist.

(3) Die Beanspruchung $s_{v,0}$ aus einer Umverteilung der vertikalen Lasten nach (1) und (2) darf vernachlässigt werden.

(4) Für die Auswirkung von Imperfektionen einer vertikal beanspruchten Wandtafel in Form einer Schrägstellung darf die folgende Ersatzlast angewendet werden:

$$F_d = \frac{q_d \cdot \ell}{70} \quad (39)$$

Hierin ist ℓ die Länge der Wandtafel, die durch die Linienlast q_d vertikal beansprucht wird, und F_d wirkt auf die aussteifenden Bauteile ein.

(5) Falls kein genauerer Nachweis nach Theorie II. Ordnung erfolgt, darf die horizontale Verformung der aussteifenden Bauteile aus F_d und anderen äußeren Einwirkungen $h/100$ nicht überschreiten. Die Steifigkeitskennwerte und Verschiebungsmoduln sind dabei nach den Gleichungen (4) und (5) zu ermitteln.

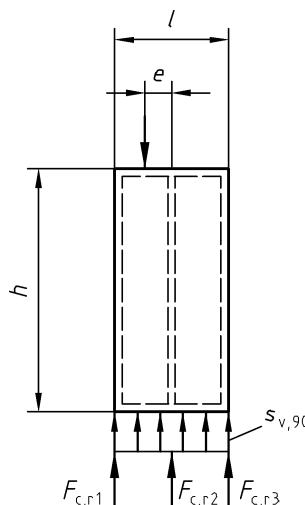


Bild 12 — Wandtafel unter vertikaler Scheibenbeanspruchung

8.7.7 Wandtafeln unter vertikaler und horizontaler Scheibenbeanspruchung

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

8.7.8 Wandtafeln mit diagonaler Brettschalung

(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 Diagonalen geführt werden, wobei die Tafellänge größer als die halbe und kleiner als die 2fache Tafelhöhe sein muss.

(2) Die Brettschalung ist im Bereich der ganzen Tafel mit den gleichen Anschlüssen und Materialien herzustellen, wobei jedes Brett durch mindestens zwei Verbindungsmittel je Anschlusspunkt mit den Rippen zu verbinden ist. 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 Diagonalen zu bemessen.

(4) Für den Nachweis der Schalung darf die Querschnittsfläche der Diagonalen mit einer ideellen Breite $b_i = 0,2 \ell$, höchstens jedoch $0,2 h$ berechnet werden. Als Knicklänge ℓ_{ef} ist die Länge der Diagonalen zwischen den stützenden Rippen einzusetzen.

(5) Beim Anschluss der Brettschalung an die Rippen dürfen die erforderlichen Verbindungsmittel auf die Länge $\ell/2 + h/2$ gleichmäßig verteilt werden, wobei entsprechend (2) die Brettschalung umlaufend in gleicher Art an die Rippen anzuschließen ist.

8.7.9 Geklebte Tafeln

(1) Für Tafeln mit geklebten Verbindungen gelten die Regelungen von 8.7.2 bis 8.7.7 sinngemäß.

(2) Wegen der großen Steifigkeit und des spröden Bruchverhaltens geklebter Tafeln sind bei der Berechnung der Beanspruchungen statisch unbestimmt gelagerter oder gemeinsam wirkender Tafelemente die Steifigkeiten zu berücksichtigen. Insbesondere dürfen die Regelungen in 10.6 (5) (Nachweise für Tafeln mit beidseitiger Beplankung mit unterschiedlichen Platten oder Verbindungen), 8.7.3 (7) (Stützkräfte über mehrere Felder durchlaufender Tafeln) und 8.7.5 (7) (Gruppe von Wandtafelementen) nicht angewendet werden.

8.8 Stabtragwerke

8.8.1 Allgemeines

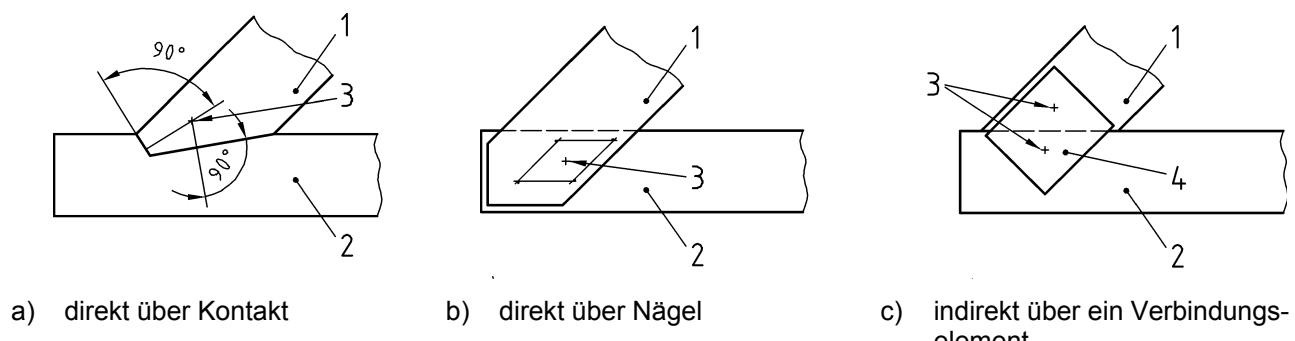
(1) Bei der Ermittlung der Stabkräfte und Momente und bei der Bestimmung der Beanspruchung der Verbindungen sind die Verformungen der Stäbe und der Verbindungen, der Einfluss von Auflagerausmitteln sowie die Steifigkeit der Unterkonstruktion zu berücksichtigen.

(2) Stabtragwerke dürfen nach Theorie I. Ordnung berechnet werden, wenn für die Einzelstäbe Knick- und Kippnachweise geführt werden und wenn die räumliche Tragfähigkeit des Gesamtsystems offensichtlich ist oder rechnerisch nachgewiesen wird.

(3) Die Systemlinien des statischen Modells sollten mit den Achsen der Stäbe übereinstimmen.

(4) Für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind die Steifigkeitskennwerte und die Verschiebungsmoduln nach Gleichungen (4) und (5) zugrunde zu legen.

(5) Stäbe werden direkt oder indirekt durch Verbindungselemente wie Knotenplatten, Knotenbleche, Nagelplatten oder Laschen, an die jeder Stab für sich angeschlossen ist, verbunden. Der Schwerpunkt der zu einer direkten Verbindung oder dem Anschluss an ein Verbindungselement gehörigen Anschlussmittel wird als Anschlusspunkt bezeichnet (siehe Bild 13).



a) direkt über Kontakt

b) direkt über Nägel

c) indirekt über ein Verbindungselement

Legende

- 1 Stab 1
- 2 Stab 2
- 3 Anschlusspunkt
- 4 Verbindungselement

Bild 13 — Direkte und indirekte Verbindung von Stäben

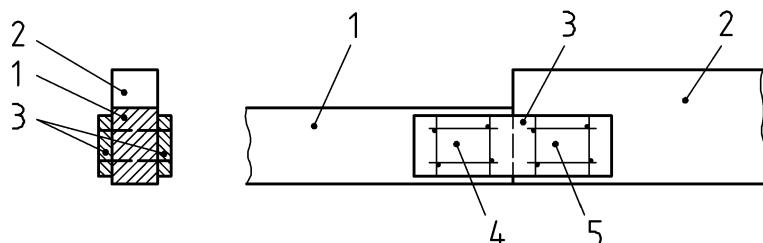
(6) Bei direkten Verbindungen dürfen die Stäbe als im Anschlusspunkt gelenkig verbunden angenommen werden, wenn das Tragwerk hierdurch nicht kinematisch wird.

(7) Liegt der Anschlusspunkt eines Stabes nicht auf seiner Stabachse (ausmittiger Anschluss), so darf der Anschlusspunkt durch einen fiktiven Stab starr mit der zugehörigen Stabachse verbunden werden (Bild 14b).

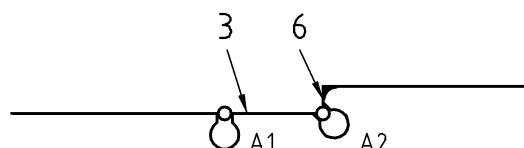
(8) Bei indirekten Verbindungen sind die Anschlusspunkte, die zu einem Verbindungselement gehören, im statischen Modell durch Stäbe zu verbinden.

(9) Die Drehsteifigkeit der Anschlüsse an ein Verbindungselement ist so zu berücksichtigen, dass das Tragwerk nicht kinematisch wird. Hierzu sollten entweder

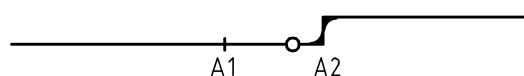
- die Drehsteifigkeiten aller Anschlüsse berücksichtigt werden (Bild 14b) oder
- eine hinreichende Anzahl oder alle Stäbe drehstarr an das Verbindungselement angeschlossen werden oder
- die Anschlusspunkte aller Stäbe drehstarr angenommen und an einen gemeinsamen Gelenkpunkt auf dem Verbindungselement angeschlossen werden (Bild 14c).



a) Nagelverbindung zweier Stäbe



b) Modell mit drehsteifen Anschläßen



c) Modell mit drehstarren Anschläßen und fiktivem Gelenkpunkt

Legende

- | | |
|---|----------------------------------------|
| 1 | Stab 1 |
| 2 | Stab 2 |
| 3 | Verbindungselement |
| 4 | Anschluss Stab 1 an Verbindungselement |
| 5 | Anschluss Stab 2 an Verbindungselement |
| 6 | fiktiver Stab |

A1 Anschlusspunkt Stab 1 — Verbindungselement

A2 Anschlusspunkt Stab 2 — Verbindungselement

Bild 14 — Indirekte Verbindung von Stäben über ein Verbindungselement

(10) Bei der Berechnung von Fachwerken mit indirekten Verbindungen ist im Allgemeinen davon auszugehen, dass Kontaktkräfte zwischen den Stäben nicht auftreten und alle Kräfte vollständig an das Verbindungs-element anzuschließen sind. Ausgenommen sind

- faserparallele Stöße,
- Firststöße,
- Verbindungen von Füllstäben mit Gurtstäben, bei denen nur vernachlässigbar kleine Kräfte in Richtung der Kontaktfuge zu übertragen sind, und
- Verbindungen des Ober- und Untergurts bei Auflagerknoten von Dreiecksbindern in Bereichen außerhalb des Verbindungselements.

(11) Die Richtung der Kraft in einem Kontaktanschluss ist rechtwinklig zur Kontaktfuge anzunehmen. Kontaktanschlüsse sind durch mechanische Verbindungsmittel in ihrer Lage zu sichern. Bei Kontaktverbindungen nach (10) sind diese mechanischen Verbindungsmittel für 50 % der durch Kontakt übertragenen Kraft zu bemessen.

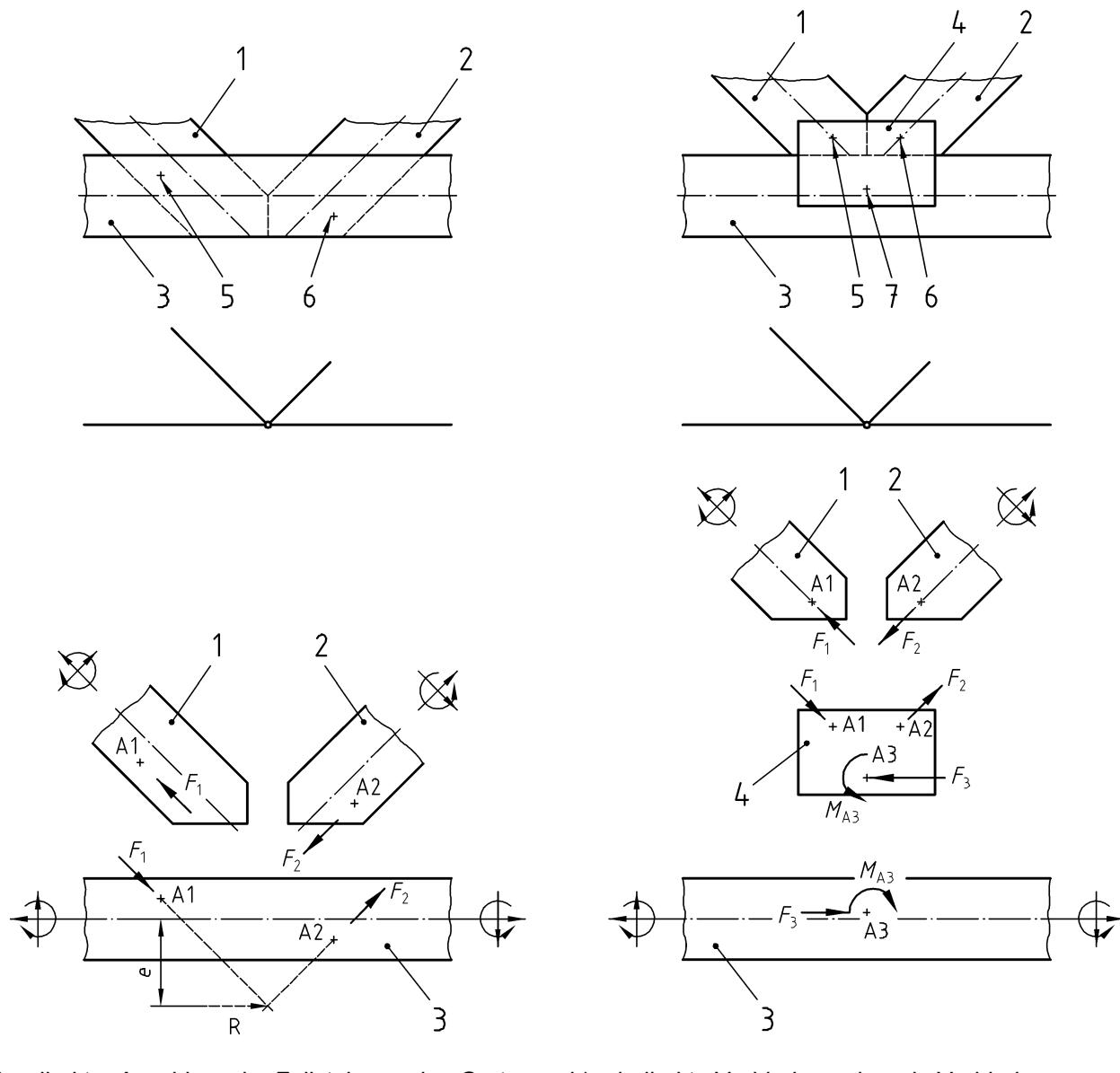
8.8.2 Vereinfachte Berechnung von Fachwerken

(1) Bei fachwerkartigen Bauteilen, die ausschließlich aus Dreiecken aufgebaut sind, darf eine vereinfachte Berechnung als Fachwerksystem durchgeführt werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- ein Teil der Auflagerfläche liegt unterhalb des Auflagerknotenpunktes;
- die Höhe des Fachwerkträgers in Feldmitte ist größer als 15 % seiner Spannweite und größer als das 7fache der größten Gurthöhe;
- der kleinste Winkel einer Verbindung zwischen Ober- und Untergurt beträgt mindestens 15°.

(2) Die Beanspruchungen sind an einem Stabwerksmodell mit gelenkigen Anschlüssen in den Knotenpunkten zu ermitteln. Bei durchlaufenden Gurten sind deren Biegemomente unter Berücksichtigung der Durchlaufwirkung zu ermitteln.

(3) Im statischen Modell müssen die Systemlinien mit den Achsen der Gurtstäbe übereinstimmen. Die Systemlinien der Füllstäbe müssen innerhalb der Ansichtsflächen der Stäbe liegen.



- a) direkter Anschluss der Füllstäbe an den Gurt über eine flächige Verbindung mit der Ausmitte e ,

- b) indirekte Verbindung über ein Verbindungelement (Nagelplatte)

Legende

- 1 Stab 1
- 2 Stab 2
- 3 Stab 3
- 4 Verbindungelement
- 5 Anschlusspunkt A1
- 6 Anschlusspunkt A2
- 7 Anschlusspunkt A3

Bild 15 — Knotenpunkt von Fachwerksystemen mit statischem Modell für die vereinfachte Berechnung und Darstellung der Schnittgrößen in den Anschlusspunkten

(4) Die Anschlüsse an die Verbindungselemente und die direkten Verbindungen werden durch die Resultierende aus der Normal- und Querkraft des jeweils anzuschließenden Stabes beansprucht (Bild 15). Bei indirekten Verbindungen ist zusätzlich Absatz (7) zu beachten.

(5) Liegt der Anschlusspunkt eines Stabes nicht auf der Stabachse, so dass die Stabkräfte nicht zentrisch in die Stäbe eingeleitet werden, ist dieses bei der Berechnung der Momente der Stäbe zu berücksichtigen.

(6) Die Ausmitte flächiger Anschlüsse von Füllstäben an einen durchlaufenden Gurt darf bei der Schnittgrößenermittlung des Gurtes vernachlässigt werden, wenn die Ausmitte kleiner als die halbe Gurthöhe ist (Bild 15a).

(7) Bei indirekten Verbindungen ist mindestens ein Stab drehsteif an das Verbindungselement anzuschließen. Das anzuschließende Moment ergibt sich aus dem Gleichgewicht der Momente am Verbindungselement, wobei die Kräfte der angeschlossenen Stäbe als im jeweiligen Anschlusspunkt wirkend anzunehmen sind (Bild 15b).

(8) Bei Fachwerksystemen, die nicht den Bedingungen des Absatzes (1) entsprechen, dürfen die Regelungen für die vereinfachte Berechnung angewendet werden, wenn die Biegesteifigkeit durchlaufender Stäbe und die Verschiebungen in den Verbindungen im statischen Modell berücksichtigt werden.

8.8.3 Beanspruchungen und Verformungen im Bereich von Verbindungen

(1) Die Verformungen der Verbindungselemente dürfen vernachlässigt werden.

(2) Im Bereich von Auflagern und Anschlägen darf der Momentenverlauf durchlaufender Gurte entsprechend der Annahme einer konstanten Querlast parabelförmig ausgerundet werden.

(3) In Bereichen, in denen die Verbindungselemente und Verbindungsmittel mindestens 90 % der Stabhöhe abdecken, darf der Nachweis der Schubspannungen in den Stäben entfallen.

(4) Bei Gurten, die am unteren Rand aufgelagert und am oberen Rand belastet sind, darf die Querkraft für den Schubspannungsnachweis der Gurte entsprechend 10.2.9 (3) reduziert werden.

(5) Bei Querzugbeanspruchung im Bereich von Verbindungen ist 11.1.5 zu beachten. Für Nagelplattenverbindungen sind die Gleichungen sinngemäß anzuwenden.

(6) Stöße dürfen als drehstarr angenommen werden, wenn die tatsächliche Verdrehung unter einer Belastung keine wesentlichen Auswirkungen auf die Schnittgrößen hat. Diese Bedingung darf als erfüllt angesehen werden

- für Verbindungen mit einem Bemessungswert der Tragfähigkeit, der mindestens dem 1,5fachen Bemessungswert der maßgebenden Einwirkung entspricht, oder
- für Verbindungen mit einem Bemessungswert der Tragfähigkeit für Momentenbeanspruchung, der mindestens dem 3fachen Bemessungswert des einwirkenden Momentes entspricht, sofern das Tragwerk bei gelenkiger Ausbildung der Verbindung nicht kinematisch wäre.

8.8.4 Knicklängen der Stäbe von Fachwerken

(1) Die Knicklängen der Stäbe sind dem Anhang E zu entnehmen.

8.9 Flächentragwerke

8.9.1 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 Gleichungen (4) und (5) 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 16 bezeichnet.

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

8.9.2 Flächen aus zusammengeklebten Schichten

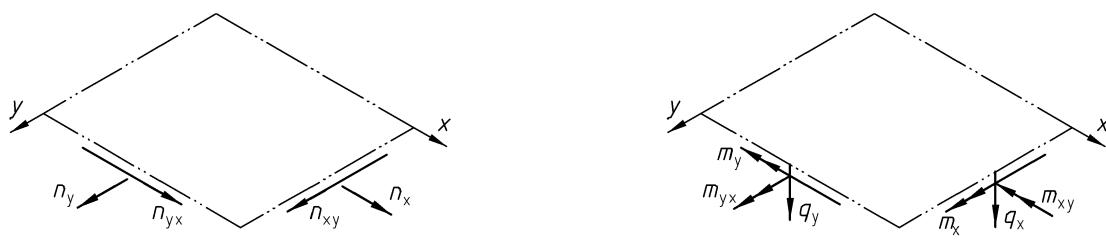
(1) Für Flächentragwerke mit Querschnitten aus geklebten Schichten (z. B. aus Holzwerkstoffplatten, Brettern oder Bohlen) sind die auf die Mittelfläche bezogenen Steifigkeitswerte nach der Verbundtheorie mit starrem Verbund zu berechnen. Dies gilt auch für die Spannungsberechnung.

(2) Rechenregeln sind in Anhang D angegeben.

8.9.3 Flächen aus nachgiebig miteinander verbundenen Schichten

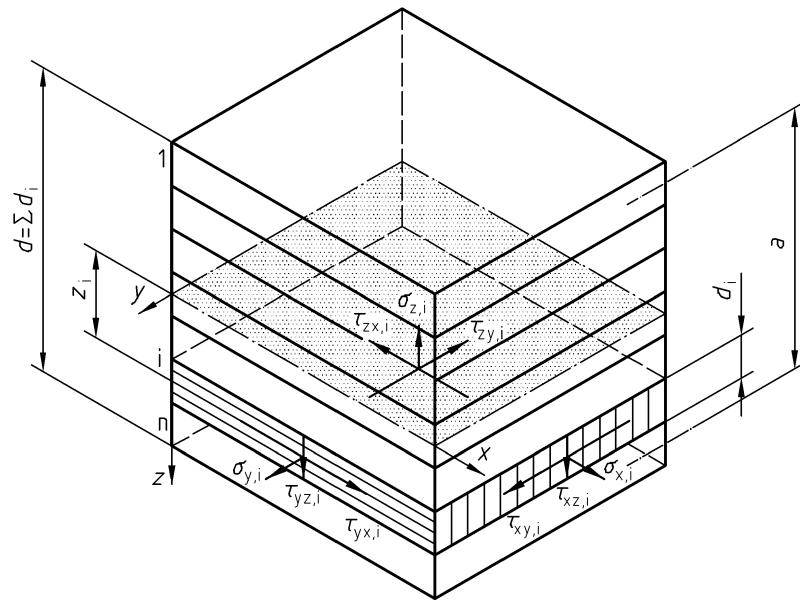
(1) Bei Flächentragwerken mit Querschnitten aus nachgiebig miteinander verbundenen Schichten darf die Nachgiebigkeit durch Abminderung der Schubsteifigkeit berücksichtigt werden.

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



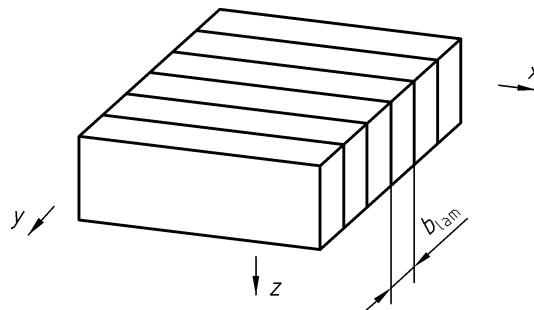
a) Scheibenschnittrößen

b) Plattenschnittrößen

c) Spannungen in der Schicht i im Abstand z_i von der Mittelfläche**Bild 16 — Bezeichnungen**

8.9.4 Flächen aus Nadelholzlamellen

(1) Für Flächen aus Nadelholzlamellen nach Bild 17 dürfen je nach Art der Verbindung die Steifigkeitskennwerte nach Tabelle F.22 angenommen werden.

**Bild 17 — Flächen aus Nadelholzlamellen**

9 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

9.1 Allgemeines

- (1) In den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit darf der Nachweis durch eine Begrenzung der Verformungen erbracht werden.
- (2) Für Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit sind die charakteristischen Werte der Einwirkungen zu verwenden.

ANMERKUNG Der Nachweis mit der charakteristischen (seltenen) Bemessungssituation (siehe 8.3 (8)) soll Schäden an Trennwänden, Installationen, Bekleidungen oder dergleichen vermeiden; der Nachweis mit der quasi-ständigen Bemessungssituation die allgemeine Benutzbarkeit und das Erscheinungsbild gewährleisten.

9.2 Grenzwerte der Verformungen

- (1) Grenzwerte der Verformungen sind entsprechend der vorgesehenen Nutzung des Tragwerkes zu vereinbaren, soweit sie nicht in anderen Normen geregelt sind.
- (2) Die empfohlenen Grenzwerte der Verformungen gelten für trägerartige Bauteile.
- (3) Die Verformungen (hier Durchbiegungen) werden wie folgt bezeichnet, siehe Bild 18:

w_0 Überhöhung im lastfreien Zustand (falls vorhanden),

w_G Durchbiegung infolge ständiger Einwirkungen,

w_Q Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen.

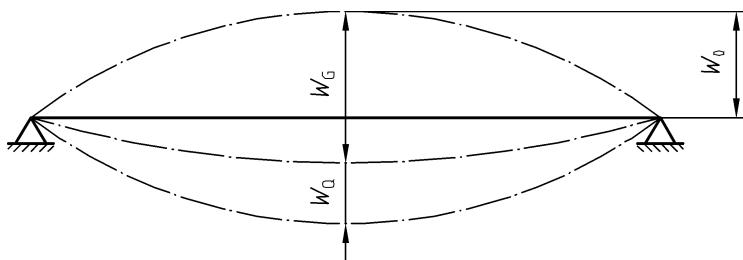


Bild 18 — Anteile der Durchbiegungen

- (4) Es werden folgende Grenzwerte empfohlen:

Durchbiegung in der charakteristischen (seltenen) Bemessungssituation:

$$w_{Q,\text{inst}} \leq \ell/300 \quad (\text{Kragträger } \ell_k/150) \quad (40)$$

$$w_{\text{fin}} - w_{G,\text{inst}} \leq \ell/200 \quad (\text{Kragträger } \ell_k/100) \quad (41)$$

Durchbiegung in der quasi-ständigen Bemessungssituation:

$$w_{\text{fin}} - w_0 \leq \ell/200 \quad (\text{Kragträger } \ell_k/100) \quad (42)$$

Dabei ist

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

(5) Je nach Nutzung des Tragwerkes und Vorverformungen bei Bauteilen im Bestand können auch andere Anforderungen (größere oder kleinere Grenzwerte der Verformungen) vereinbart werden.

9.3 Schwingungsnachweis

- (1) Für Holzbauteile mit vorwiegend ruhender Belastung im Sinne der DIN 1055-3 darf ein Schwingungsnachweis in der Regel entfallen.
- (2) Bei Decken unter Wohnräumen sollten, um Unbehagen verursachende Schwingungen zu vermeiden, die am ideellen Einfeldträger ermittelten Durchbiegungen $w_{G,\text{inst}} + \psi_2 \cdot w_{Q,\text{inst}}$ aus ständiger und quasi-ständiger Einwirkung auf 6 mm begrenzt werden. Die Spannweite des Einfeldträgers ist bei Mehrfeldträgern die größte Feldweite ℓ . Die elastische Einspannung in Nachbarfelder darf bei der Berechnung der Durchbiegung $w_{G,\text{inst}} + \psi_2 \cdot w_{Q,\text{inst}}$ berücksichtigt werden.
- (3) Für Decken unter beispielsweise Turn-, Sport- oder Tanzräumen können besondere Untersuchungen notwendig sein.

10 Allgemeine Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

10.1 Allgemeines

- (1) Dieser Abschnitt enthält Nachweise der Querschnittstragfähigkeit (10.2) sowie Nachweise für bestimmte Bauteile (10.4 bis 10.7) in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit. Die Nachweise werden im Allgemeinen auf dem Niveau der Bemessungswerte der Spannungen geführt, die mit den nach Abschnitt 8 ermittelten Schnittgrößen und den entsprechenden Querschnittswerten berechnet werden.
- (2) Dieser Abschnitt enthält außerdem vereinfachte Nachweise für knick- und kippgefährdete Bauteile, deren Schnittgrößen nach 8.4 ermittelt wurden (10.3).
- (3) Nachweise für Bauteilbereiche mit Verbindungen, Ausklinkungen, Durchbrüchen und Verstärkungen sind nach Abschnitt 11 zu führen.

10.2 Nachweise der Querschnittstragfähigkeit

10.2.1 Zug in Faserrichtung des Holzes

- (1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1 \quad (43)$$

10.2.2 Zug unter einem Winkel α

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

$$\frac{\sigma_{t,\alpha,d}}{k_\alpha \cdot f_{t,0,d}} \leq 1 \quad (44)$$

Dabei ist

$$k_\alpha = \frac{1}{\frac{f_{t,0,d}}{f_{t,90,d}} \sin^2 \alpha + \frac{f_{t,0,d}}{f_{v,d}} \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (45)$$

mit

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

10.2.3 Druck in Faserrichtung des Holzes

(1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (46)$$

10.2.4 Druck rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes

(1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1 \quad (47)$$

mit

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} \quad (48)$$

Dabei ist

A_{ef} die wirksame Querdruckfläche,

$k_{c,90}$ ein Querdruckbeiwert.

Für die Ermittlung der wirksamen Querdruckfläche A_{ef} darf das Maß der tatsächlichen Aufstandslänge ℓ in Faserrichtung des Holzes an jedem Rand um bis zu 30 mm, jedoch nicht mehr als ℓ , verlängert werden.

Der Querdruckbeiwert $k_{c,90}$ darf wie folgt angenommen werden:

$k_{c,90} = 1,0$ für Nadelvollholz und für Brettschichtholz mit $\ell_1 < 2h$ sowie für Laubholz,

$k_{c,90} = 1,25$ für Nadelvollholz mit $\ell_1 \geq 2h$, bei Schwellendruck,

$k_{c,90} = 1,5$ für Brettschichtholz mit $\ell_1 \geq 2h$ bei Schwellendruck sowie für Nadelvollholz mit $\ell_1 \geq 2h$ und $\ell \leq 400$ mm bei Auflagerdruck,

$k_{c,90} = 1,75$ für Brettschichtholz mit $\ell_1 \geq 2h$ und $\ell \leq 400$ mm bei Auflagerdruck,

ℓ, ℓ_1 und h siehe Bild 19.

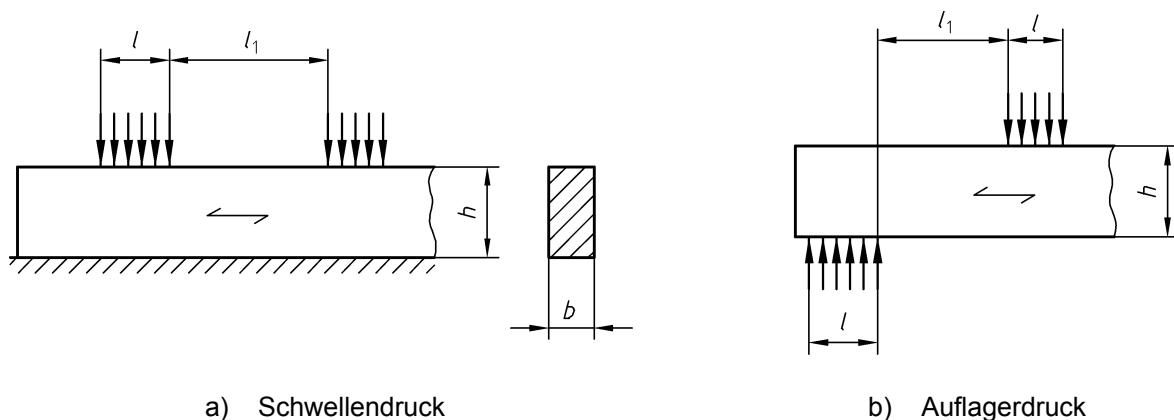


Bild 19 — Druck rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes

10.2.5 Druck unter einem Winkel α (1) Für $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{k_{c,\alpha} \cdot f_{c,\alpha,d}} = 1 \quad (49)$$

Dabei ist

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{F_{c,\alpha,d}}{A_{ef}} \quad (50)$$

$$k_{c,\alpha} = 1 + (k_{c,90} - 1) \cdot \sin \alpha \quad (51)$$

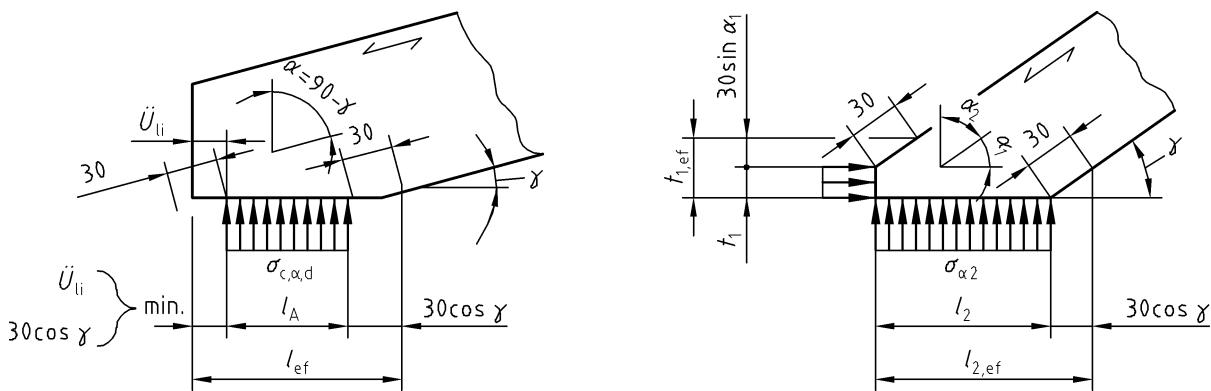
und

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \sin \alpha \cdot \cos \alpha\right)^2 + \cos^4 \alpha}} \quad (52)$$

mit

α Winkel zwischen Beanspruchungsrichtung und Faserrichtung des Holzes bzw. Winkel zwischen Beanspruchungsrichtung und Faserrichtung bzw. Spanrichtung der Decklagen.

Die Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche A_{ef} ist in Bild 20 beispielhaft dargestellt.

a) Trägerauflager mit $A_{\text{ef}} = b \cdot l_{\text{ef}}$ b) Kontaktanschluss mit $A_{1,\text{ef}} = b \cdot t_{1,\text{ef}}$ und $A_{2,\text{ef}} = b \cdot t_{2,\text{ef}}$ Bild 20 — Druck unter einem Winkel α , Berechnung der effektiven Auflagerlänge l_{ef}

10.2.6 Biegung

(1) Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{\text{red}} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (53)$$

und

$$k_{\text{red}} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (54)$$

Dabei ist

$k_{\text{red}} = 0,7$ für Rechteckquerschnitte, mit $h/b \leq 4$ aus Vollholz, Brettschichtholz und Balkenschichtholz,

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

10.2.7 Biegung und Zug

(1) Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{\text{red}} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (55)$$

und

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_{\text{red}} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (56)$$

mit k_{red} nach 10.2.6.

10.2.8 Biegung und Druck

- (1) Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{\text{red}} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (57)$$

und

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_{\text{red}} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (58)$$

mit k_{red} nach 10.2.6.

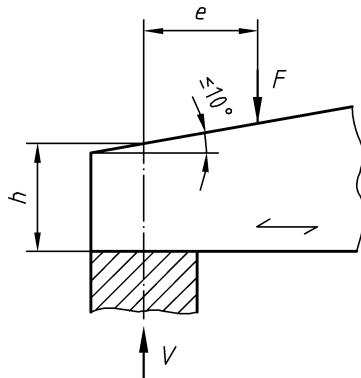
10.2.9 Schub aus Querkraft

- (1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1 \quad (59)$$

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

(3) Träger, die am unteren Rand aufgelagert und am oberen Rand belastet werden, dürfen mit einer reduzierten Querkraft $V_{\text{red}} = V \cdot e/(2,5 \cdot h)$ aus auflagernahen (d. h. $e \leq 2,5 \cdot h$) Einzellasten nachgewiesen werden (siehe Bild 21).



V in folge F

Bild 21 — Auflagernaher Einzellast

- (4) Bei Biegestäben aus Nadelholz dürfen die Bemessungswerte der Schubfestigkeit in Bereichen, die mindestens 1,50 m vom Hirnholzende des Holzes entfernt liegen, um 30 % erhöht werden.
- (5) Bei Doppelbiegung in Rechteckquerschnitten muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (60)$$

10.2.10 Torsion

- (1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\tau_{\text{tor}, d}}{f_{v, d}} \leq 1 \quad (61)$$

Dabei ist

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

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

10.2.11 Schub aus Querkraft und Torsion

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

$$\frac{\tau_{\text{tor}, d}}{f_{v, d}} + \left(\frac{\tau_{y, d}}{f_{v, d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{z, d}}{f_{v, d}} \right)^2 \leq 1 \quad (62)$$

10.3 Nachweise für Stäbe nach dem Ersatzstabverfahren

10.3.1 Druckstäbe mit planmäßig mittigem Druck

- (1) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{c,0, d}}{k_c \cdot f_{c,0, d}} \leq 1 \quad (63)$$

Der Knickbeiwert k_c beträgt

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{\text{rel}, c}^2}}, 1 \right\} \quad (64)$$

mit

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel}, c} - 0,3) + \lambda_{\text{rel}, c}^2] \quad (65)$$

und

$$\beta_c = 0,2 \quad \text{für Vollholz und Balkenschichtholz,}$$

$$\beta_c = 0,1 \quad \text{für Brettschichtholz und Holzwerkstoffe}$$

und mit dem bezogenen Schlankheitsgrad

$$\lambda_{\text{rel}, c} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (66)$$

Dabei ist

$\sigma_{c,crit}$	kritische Druckspannung, berechnet mit den 5%-Quantilen der Steifigkeitskennwerte,
$\lambda = \ell_{ef}/i$	Schlankheitsgrad,
i	Trägheitsradius,
$\ell_{ef} = \beta \cdot s$ oder $\beta \cdot h$	Ersatzstablänge,
β	Knicklängenbeiwert (siehe Anhang E),
s bzw. h	Stablänge.

10.3.2 Biegestäbe ohne Druckkraft

- (1) Biegestäbe müssen an den Auflagern gegen Verdrehen gesichert sein.
- (2) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} \leq 1 \quad (67)$$

Der Kippbeiwert k_m beträgt

$$k_m = \begin{cases} 1 & \text{für } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} & \text{für } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 & \text{für } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad (68)$$

mit dem bezogenen Kippschlankheitsgrad

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{\ell_{ef}}{\pi \cdot i_m}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05} \cdot G_{05}}}} \quad (69)$$

Dabei ist

$\sigma_{m,crit}$ kritische Biegedruckspannung, berechnet mit den 5%-Quantilen der Steifigkeitskennwerte,

$$i_m = \frac{\sqrt{I_z \cdot I_t}}{W_y}$$

mit

I_z Flächenmoment 2. Grades um die z -Achse,

I_t Torsionsträgheitsmoment,

W_y Widerstandsmoment.

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

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{\ell_{ef} \cdot h}{\pi \cdot b^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05} \cdot G_{05}}}} \quad (70)$$

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

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

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

(7) Bei Biegestäben mit Rechteckquerschnitt und $\frac{\ell_{\text{ef}} \cdot h}{b^2} \leq 140$ darf $k_m = 1$ gesetzt werden. Dabei ist b die Trägerbreite.

10.3.3 Stäbe mit Biegung und Druck

(1) Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} + k_{\text{red}} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (71)$$

und

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_{\text{red}} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (72)$$

Dabei ist

$k_{c,y}$ Knickbeiwert nach Gleichung (64) für Knicken um die y -Achse,

$k_{c,z}$ Knickbeiwert nach Gleichung (64) für Knicken um die z -Achse,

k_m Kippbeiwert nach Gleichung (68),

k_{red} Beiwert nach 10.2.6.

10.3.4 Stäbe mit Biegung und Zug

(1) Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} + k_{\text{red}} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (73)$$

und

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_{\text{red}} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (74)$$

Dabei ist

k_m Kippbeiwert nach Gleichung (68),

k_{red} Beiwert nach 10.2.6.

10.4 Nachweise für Pultdach-, Satteldach- und gekrümmte Träger

10.4.1 Pultdachträger

(1) Der Einfluss des Faseranschnittwinkels α auf die Biegefestigkeiten an druckbeanspruchten Rändern mit $\alpha > 3^\circ$ und an zugbeanspruchten Rändern ist zu berücksichtigen. Die nachfolgenden Bemessungsgleichungen gelten für $\alpha \leq 10^\circ$.

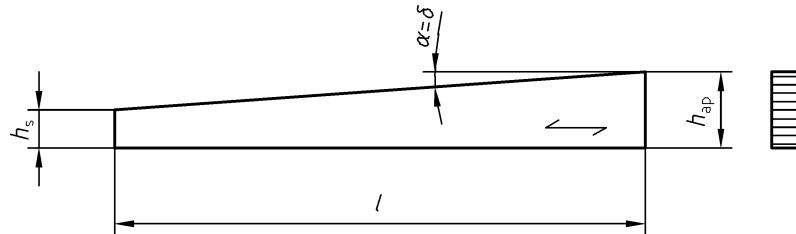


Bild 22 — Pultdachträger

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

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (75)$$

mit den Spannungen am Rand parallel zur Faserrichtung:

$$\sigma_{m,0,d} = (1 + 4 \cdot \tan^2 \alpha) \cdot \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} \quad (76)$$

(3) Die Nachweisbedingungen für die Spannungen am Rand schräg zur Faserrichtung des Holzes lauten:

$$\frac{\sigma_{m,\alpha,d}}{f_{m,\alpha,d}} \leq 1 \quad (77)$$

mit den Spannungen am Rand schräg zur Faserrichtung:

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} \quad (78)$$

(4) Die Bemessungswerte der Festigkeit am Rand betragen

im Biegezugbereich:

$$f_{m,\alpha,d} = k_{\alpha,t} \cdot f_{m,d} \quad (79)$$

mit

$$k_{\alpha,t} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{v,d}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha\right)^2 + \cos^4 \alpha}} \quad (80)$$

Für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz ohne Querlagen ist der Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{v,d}$ in Gleichung (80) um 25 % abzumindern.

Im Biegedruckbereich:

$$f_{m,\alpha,d} = k_{\alpha,c} \cdot f_{m,d} \quad (81)$$

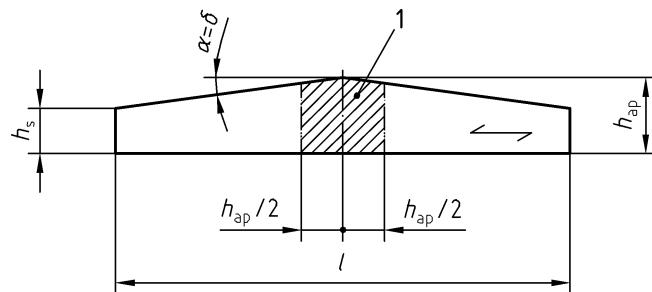
mit

$$k_{\alpha,c} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{v,d}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha\right)^2 + \cos^4 \alpha}} \quad (82)$$

Für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz ohne Querlagen darf der Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{v,d}$ in Gleichung (82) um 50 % erhöht werden.

10.4.2 Satteldachträger mit geradem unteren Rand

- (1) Für die faserparallelen Ränder und die Ränder mit schräg verlaufenden Fasern sind die Nachweise wie für einen Pultdachträger zu führen. Die nachfolgenden Bemessungsgleichungen gelten für Faseranschnittswinkel $\alpha \leq 10^\circ$.



Legende

1 querzugbeanspruchter Bereich

Bild 23 — Satteldachträger mit geradem unteren Rand

- (2) Im Firstquerschnitt muss für die maximale LängsrandsSpannung die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (83)$$

mit

$$\sigma_{m,d} = (1 + 1,4 \cdot \tan \alpha + 5,4 \cdot \tan^2 \alpha) \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad (84)$$

- (3) Im Firstquerschnitt muss für die maximale Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes und gegebenenfalls Schub aus Querkraft die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} \cdot \left(\frac{h_0}{h_{ap}}\right)^{0,3} \cdot f_{t,90,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}}\right)^2 \leq 1 \quad (85)$$

mit

$$\sigma_{t,90,d} = 0,2 \cdot \tan \alpha \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad (86)$$

und

$$k_{dis} = 1,3 \quad (87)$$

Dabei ist in Gleichung (85)

h_0 Bezugshöhe von 600 mm.

(4) Ist die Bedingung

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} \cdot \left(\frac{h_0}{h_{ap}} \right)^{0,3} \cdot 0,6 \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad (88)$$

mit $k_{dis} = 1,3$ erfüllt, sind für Bauteile in den Nutzungsklassen 1 und 2 konstruktive Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher, klimatisch bedingter Querzugsspannungen nicht erforderlich. Andernfalls ist eine konstruktive Verstärkung nach 11.4.5 anzuordnen.

(5) Werden die Zugkräfte rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes vollständig durch Verstärkungselemente aufgenommen (siehe 11.4.5), dann darf die Bedingung nach Gleichung (85) unbeachtet bleiben. In diesem Fall sind Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher, klimatisch bedingter Querzugsspannungen nicht erforderlich.

10.4.3 Gekrümmte Träger

(1) Die maximale Längsrandsnung muss die folgende Bedingung erfüllen:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,d}} \leq 1 \quad (89)$$

mit

$$\sigma_{m,d} = (1 + 0,35 \cdot k_{ap} + 0,6 \cdot k_{ap}^2) \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad (90)$$

Dabei ist

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

$$r = r_{in} + h_{ap}/2$$

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

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

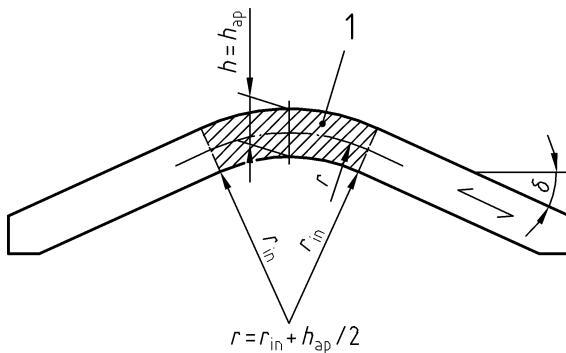
t Lamellendicke.

(2) Für die maximale Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung und gegebenenfalls Schub aus Querkraft muss Gleichung (85) erfüllt sein mit:

$$\sigma_{t,90,d} = 0,25 \cdot k_{ap} \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad (91)$$

und

$$k_{\text{dis}} = 1,15 \quad (92)$$



δ Dachneigungswinkel

$\alpha = 0^\circ$

Legende

1 querzugbeanspruchter Bereich

Bild 24 — Gekrümmter Träger

(3) Ist die Bedingung nach Gleichung (88) mit $k_{\text{dis}} = 1,15$ erfüllt, sind für Bauteile in den Nutzungsklassen 1 und 2 konstruktive Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher, klimatisch bedingter Querzugsspannungen nicht erforderlich. Andernfalls ist eine konstruktive Verstärkung nach 11.4.5 anzuhören.

(4) Werden die Zugkräfte rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes vollständig durch Verstärkungselemente aufgenommen (siehe 11.4.5), dann darf die Bedingung nach Gleichung (85) mit $k_{\text{dis}} = 1,15$ unbeachtet bleiben. In diesem Fall sind Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher, klimatisch bedingter Querzugsspannungen nicht erforderlich.

10.4.4 Satteldachträger mit gekrümmtem unteren Rand

(1) Für die faserparallelen Ränder und die Ränder mit schräg verlaufenden Fasern sind die Nachweise wie für einen Pultdachträger zu führen. Die nachfolgenden Bemessungsgleichungen für den Firstbereich gelten für $\delta \leq 20^\circ$.

(2) Im Firstquerschnitt muss für die maximale Längsrandspannung folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,d}} \leq 1 \quad (93)$$

mit

$$\sigma_{m,d} = k_\ell \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad (94)$$

Dabei ist

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

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

mit

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

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

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

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

k_r siehe 10.4.3.

(3) Im Firstquerschnitt muss für die maximale Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes und gegebenenfalls Schub aus Querkraft die Gleichung (85) erfüllt sein mit:

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad (95)$$

und

$$k_{dis} = 1,3 \quad (96)$$

Dabei ist

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

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

mit

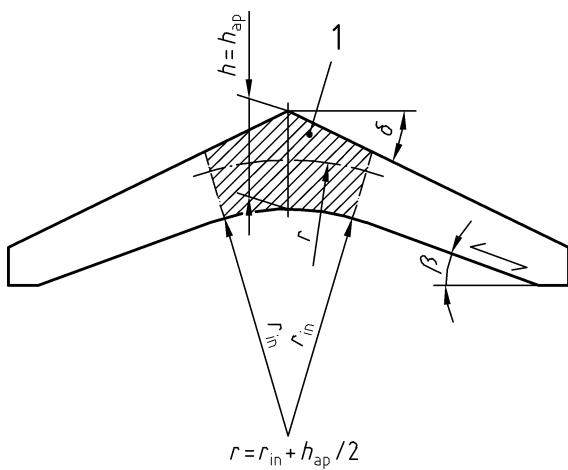
$$r = r_{in} + h_{ap}/2$$

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

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

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

h_0 Bezugshöhe von 600 mm.

**Legende**

1 querzugbeanspruchter Bereich

Bild 25 — Träger mit zu den Auflagern hin abnehmender Höhe der geraden Trägerbereiche

(4) Ist die Bedingung nach Gleichung (88) mit $k_{dis} = 1,3$ erfüllt, sind für Bauteile in den Nutzungsklassen 1 und 2 konstruktive Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher, klimatisch bedingter Querzugsspannungen nicht erforderlich. Andernfalls ist eine konstruktive Verstärkung nach 11.4.5 anzutragen.

(5) Werden die Zugkräfte rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes vollständig durch Verstärkungselemente aufgenommen (siehe 11.4.5), dann darf die Bedingung nach Gleichung (85) mit $k_{dis} = 1,3$ unbeachtet bleiben. In diesem Fall sind Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher, klimatisch bedingter Querzugsspannungen nicht erforderlich.

10.5 Nachweise für zusammengesetzte Bauteile (Verbundbauteile)

10.5.1 Geklebte Verbundbauteile

- (1) Die Nachweise sind mit den nach 8.6.1 ermittelten Schnittgrößen und Querschnittswerten zu führen.
- (2) Es sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

$$\frac{\sigma_{f,c,max,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (97)$$

$$\frac{\sigma_{f,t,max,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (98)$$

$$\frac{\sigma_{f,c,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (99)$$

$$\frac{\sigma_{f,t,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1 \quad (100)$$

Dabei ist

$\sigma_{f,c,max,d}$	Bemessungswert der Randspannung im Druckgurt,
$\sigma_{f,t,max,d}$	Bemessungswert der Randspannung im Zuggurt,
$\sigma_{f,c,d}$	Bemessungswert der Schwerpunktspannung im Druckgurt,
k_c	Knickbeiwert nach Gleichung (64) für den Schlankheitsgrad $\lambda_z = \ell_c / 0,289 \cdot b$,
ℓ_c	Abstand zwischen denjenigen Querschnitten, bei denen ein seitliches Ausweichen des Druckgurtes verhindert wird,
$\sigma_{f,t,d}$	Bemessungswert der Schwerpunktspannung im Zuggurt.

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

$$h_w \leq 70 \cdot b_w \quad (101)$$

und

$$V_d \leq n \cdot b_w \cdot h_w \cdot [1 + 0,5 \cdot (h_{f,t} + h_{f,c})/h_w] \cdot f_{v,d} \quad \text{für } h_w \leq 35 \cdot b_w \quad (102)$$

$$V_d \leq n \cdot 35 b_w^2 \cdot [1 + 0,5 \cdot (h_{f,t} + h_{f,c})/h_w] \cdot f_{v,d} \quad \text{für } 35 \cdot b_w < h_w \leq 70 \cdot b_w \quad (103)$$

Dabei ist

$h_w, h_{f,c}, h_{f,t}, b_w$	siehe Bild 26,
$f_{v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit bei Scheibenbeanspruchung für das Stegmaterial,
V_d	Bemessungswert der Querkraft (Schubkraft),
n	Anzahl der Stege mit jeweils der Stegdicke b_w .

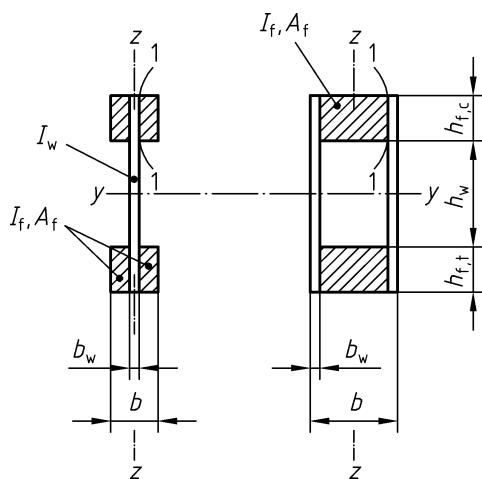
(4) Für die Klebfuge zwischen Steg und Gurt (Schnitt 1-1 in Bild 26) ist nachzuweisen, dass

$$\tau_{ef,d} \leq f_{v,d} \quad \text{für } h_{f,c}(t) \leq 4 \cdot b_w \quad (104)$$

$$\tau_{ef,d} \leq f_{v,d} \cdot (4 \cdot b_w/h_{f,c(t)})^{0,8} \quad \text{für } h_{f,c}(t) > 4 \cdot b_w \quad (105)$$

Dabei ist

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



Legende
1-1 Schnitt

Bild 26 — Stegträger

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

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{v,d}} \leq 1 \quad (106)$$

Dabei ist

$\tau_{ef,d}$ Bemessungswert der als gleichmäßig verteilt über die Breite des Schnittes 1-1 (siehe Bild 4) angenommenen Schubspannung,

$f_{v,d}$ Bemessungswert der Schubfestigkeit der Beplankung bei Plattenbeanspruchung.

10.5.2 Zusammengesetzte Biegestäbe mit nachgiebigem Verbund

(1) Die Nachweise sind mit den nach 8.6.2 ermittelten Schnittgrößen zu führen.

(2) Für die Einzelquerschnitte sind die Bedingungen von 10.5.1 (2) und (3) sinngemäß einzuhalten.

(3) Für dünnwandige Stege ist zusätzlich zu den Gleichungen (102) bzw. (103) folgende Bedingung einzuhalten:

$$h_w + \frac{1}{2} \cdot (h_{f,c} + h_{f,t}) \leq 70 \cdot b_w \quad (107)$$

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

- die Schwerpunktspannungen σ_i mit $A_i/A_{i,n}$,
- die Biegespannungen $\sigma_{m,i}$ mit $I_i/I_{i,n}$

multipliziert werden.

Dabei ist

$A_{i,n}$ Nettoquerschnittsfläche des Querschnittsteiles i ,

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

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

$$\frac{\tau_{i,\max,d}}{f_{i,v,d}} \leq 1 \quad (108)$$

- (6) Die Beanspruchung $F_{i,d}$ eines Verbindungsmittels in der Fuge i hat folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{F_{i,d}}{R_{i,d}} \leq 1 \quad (109)$$

Dabei ist

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

10.5.3 Aus Holz oder Holzwerkstoffen zusammengesetzte Druckstäbe mit nachgiebigem Verbund und doppeltsymmetrischem Querschnitt

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

(2) Für beidseits gelenkig gelagerte, planmäßig mittig belastete Druckstäbe dürfen die nachfolgenden Bemessungsgleichungen verwendet werden.

(3) Für das Ausknicken in y -Richtung (Knicken um die z -Achse) ist der Nachweis nach 10.3.1 zu führen.

(4) Für das Ausknicken in z -Richtung (Knicken um die y -Achse) ist der Knickbeiwert k_c nach Gleichung (64) für den wirksamen Schlankheitsgrad λ_{ef} anstelle des Schlankheitsgrades λ in Gleichung (66) zu ermitteln.

(5) Für nicht gespreizte Stäbe ist:

$$\lambda_{ef} = \frac{\ell_y}{\sqrt{\frac{(E \cdot I)_{ef}}{(E \cdot A)_{tot}}}} \quad (110)$$

(6) Für gespreizte Stäbe (Rahmenstäbe) nach Bild 27 darf der wirksame Schlankheitsgrad λ_{ef} ermittelt werden zu

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \eta \frac{n}{2} \lambda_1^2} \quad (111)$$

mit

$$\lambda = \ell_y \cdot \sqrt{\frac{12}{h^2 + 3 \cdot a_1^2}} \quad \text{für zweiteilige Rahmenstäbe} \quad (112)$$

$$\lambda = \ell_y \cdot \sqrt{\frac{12}{h^2 + 8 \cdot a_1^2}} \quad \text{für dreiteilige Rahmenstäbe} \quad (113)$$

und

$$\lambda_1 = \max \left\{ 30; \frac{\ell_1 \cdot \sqrt{12}}{h} \right\} \quad (114)$$

Dabei ist

n Anzahl der Einzelstäbe,

$\ell_y = \beta \cdot \ell$ Knicklänge für Ausknicken in z -Richtung (Knicken um Achse $y-y$); β nach Anhang E,

η Beiwert für Rahmenstäbe nach Tabelle 6,

$a_1 = a + h$ Schwerpunktsabstand der Einzelstäbe.

Tabelle 6 — Beiwerte η für Rahmenstäbe

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

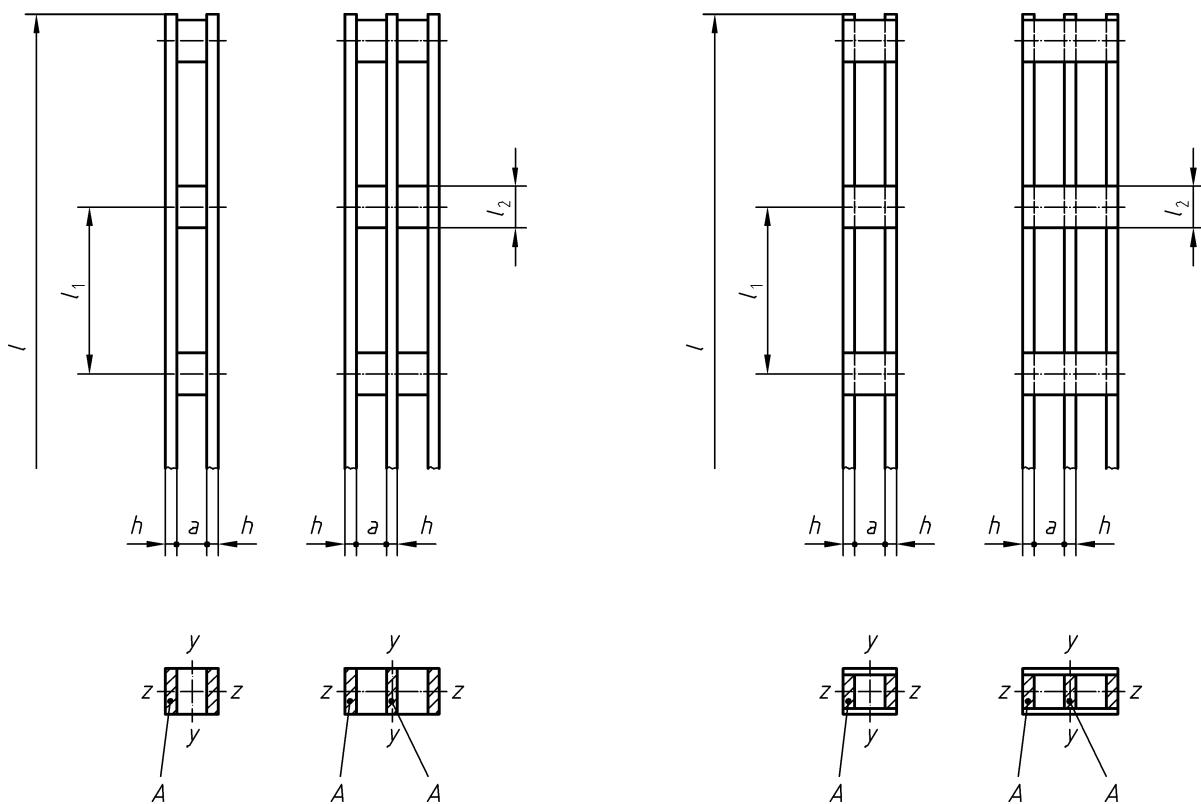


Bild 27 — Rahmenstäbe

Gleichung (111) gilt nur unter folgenden Voraussetzungen:

- ungerade Anzahl der Felder ≥ 3 ,
- $a/h \leq 3$ und $\ell_2/a \geq 1,5$ im Rahmenstab mit Zwischenhölzern,
- $a/h \leq 6$ und $\ell_2/a \geq 2$ im Rahmenstab mit Bindehölzern,
- in jeder Fuge Querverbindung/Stab mindestens zwei Dübel oder mindestens vier Nägel,
- (7) Für Gitterstäbe nach Bild 28 darf λ_{ef} ermittelt werden zu:

$$\lambda_{\text{ef}} = \max \left\{ \frac{2 \cdot \ell_y}{a_1} \cdot \sqrt{1 + \mu}; 2,1 \cdot \frac{\ell_y}{a_1} \right\} \quad (115)$$

mit μ nach Tabelle 7.

Die Gleichung (115) gilt nur unter folgenden Voraussetzungen:

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

Tabelle 7 — Beiwerte μ für Gitterstäbe

	1	2	3
1	V-Vergitterung		N-Vergitterung
2	Geklebt	$4 \cdot \frac{e^2 \cdot A_f}{I_f} \cdot \left(\frac{a_1}{\ell_y} \right)^2$	$\frac{e^2 \cdot A_f}{I_f} \cdot \left(\frac{a_1}{\ell_y} \right)^2$
3	Genagelt	$25 \cdot \frac{a_1 \cdot E_{mean} \cdot A_f}{\ell_y^2 \cdot n \cdot K_{u,mean} \cdot \sin 2\theta}$	$50 \cdot \frac{a_1 \cdot E_{mean} \cdot A_f}{\ell_y^2 \cdot n \cdot K_{u,mean} \cdot \sin 2\theta}$
e Ausmitte in der Verbindung (siehe Bild 28), $K_{u,mean}$ Verschiebungsmodul eines Nagels.			

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

$$V_d = F_{c,d} / (120 \cdot k_c) \quad \text{für } \lambda_{ef} \leq 30 \quad (116)$$

$$V_d = F_{c,d} \cdot \lambda_{ef} / (3600 \cdot k_c) \quad \text{für } 30 < \lambda_{ef} < 60 \quad (117)$$

$$V_d = F_{c,d} / (60 \cdot k_c) \quad \text{für } 60 \leq \lambda_{ef} \quad (118)$$

Dabei ist

k_c Knickbeiwert nach Gleichung (64) für den Schlankheitsgrad λ_{ef} .

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

$$\frac{F_{i,d}}{R_{i,d}} \leq 1 \quad (119)$$

Dabei ist

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

Für gespreizte Stäbe (Rahmenstäbe) sind die Querverbindungen für die in Bild 29 angegebenen Schubkräfte T_d nachzuweisen. Für T_d darf angenommen werden:

$$T_d = \frac{V_d \cdot \ell_1}{a_1} \quad (120)$$

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

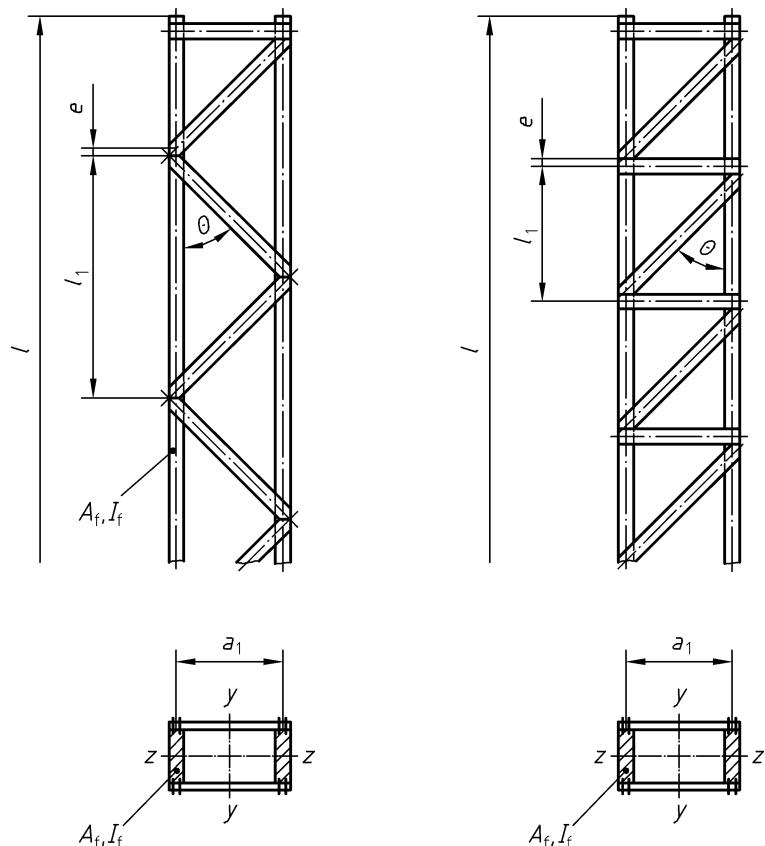


Bild 28 — Gitterstäbe

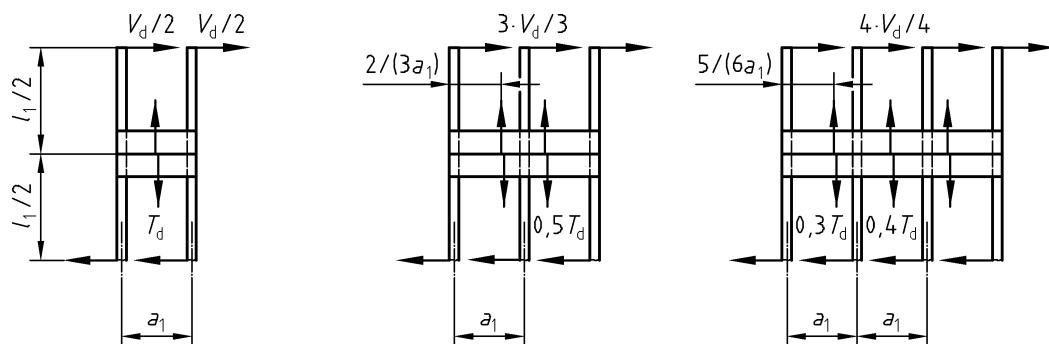


Bild 29 — Querkraftverteilung und Belastung der Querverbindungen bei Rahmenstäben

10.5.4 Leichte Holzbauträger

Eine Produktregelung für leichte Holzbauträger und -stützen ist mit einer europäischen technischen Zulassung (ETA) aufgrund der „Leitlinie für die europäische technische Zulassung für leichte Holzbauträger und -stützen“ (ETAG 011) möglich.

HINWEIS Von der Europäischen Kommission wurde eine Koexistenzperiode mit bestehenden nationalen Regelungen (bis zum 16. Oktober 2004) festgelegt.

10.6 Nachweise der Scheibenbeanspruchung von Tafeln

(1) Für die nach 8.7.3 bis 8.7.7 vereinfacht berechneten Beanspruchungen der Beplankung von Dach-, Decken- und Wandtafeln sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

$$\frac{s_{v,0,d}}{f_{v,0,d}} \leq 1 \quad (121)$$

$$\frac{s_{v,90,d}}{f_{v,90,d}} \leq 1 \quad (122)$$

mit

$$f_{v,0,d} = \min \begin{cases} k_{v1} \cdot R_d / a_v \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot t \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot 35 \cdot t^2 / a_r \end{cases} \quad (123)$$

$$f_{v,90,d} = \min \begin{cases} R_d / a_v \\ k_{v2} \cdot f_{c,d} \cdot t \\ k_{v2} \cdot f_{c,d} \cdot 20 \cdot t^2 / a_r \end{cases} \quad (124)$$

Dabei ist

- $s_{v,0,d}$ Bemessungswert des Schubflusses der Beplankung,
- $f_{v,0,d}$ Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit der Beplankung unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Verbindung und der Platten sowie des Beulens,
- $f_{v,d}$ Bemessungswert der Schubfestigkeit der Platten,
- $s_{v,90,d}$ Bemessungswert der längenbezogenen Beanspruchung der Beplankung,
- $f_{v,90,d}$ Bemessungswert der längenbezogenen Festigkeit der Beplankung unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Verbindung und der Platten sowie des Beulens,
- $f_{c,d}$ Bemessungswert der Druckfestigkeit der Platten,
- R_d Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Verbindungs mittels auf Abscheren,
- a_v Abstand der Verbindungs mittel untereinander,
- k_{v1} Beiwert zur Berücksichtigung der Anordnung und Verbindungsart der Platten,
- k_{v2} Beiwert zur Berücksichtigung der Zusatzbeanspruchung nach 8.7.1 (2),
- t Dicke der Platten,
- a_r Abstand der Rippen.

(2) Der Beiwert k_{v1} darf angenommen werden zu:

$k_{v1} = 1,0$ für Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern,

$k_{v1} = 0,66$ für Tafeln mit nicht allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern.

(3) Wenn kein genauerer Nachweis der Tragfähigkeit der Platten für die Zusatzbeanspruchungen nach 8.7.1 (2) geführt wird, darf der Beiwert k_{v2} angenommen werden zu:

$k_{v2} = 0,33$ bei einseitiger Beplankung,

$k_{v2} = 0,5$ bei beidseitiger Beplankung.

(4) Werden bei Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern für den Anschluss der Platten an die Rippen stiftförmige Verbindungsmittel verwendet, so dürfen die charakteristischen Tragfähigkeiten nach Abschnitt 12 mit um 20 % erhöhten Werten in Rechnung gestellt werden.

(5) Für den Nachweis der Durchleitung von Rippendruckkräften durch quer verlaufende Rippen (Schwellen) darf die charakteristische Tragfähigkeit nach 10.2.4 mit um 20 % erhöhten Werten in Rechnung gestellt werden.

(6) Bei beidseitig gleicher Beplankung darf die Tragfähigkeit als Summe der Beträge der beiden Beplankungen berechnet werden. Falls unterschiedliche Platten oder Verbindungsmittel verwendet werden, darf die Tragfähigkeit der schwächeren Seite nur zu 80 % in Rechnung gestellt werden.

(7) Wenn die Beplankung einer Wandtafel horizontal gestoßen ist und die Plattenbreite kleiner als $0,5 \cdot h$ ist, dann ist der Bemessungswert der Tragfähigkeit unter Horizontallast um 1/6 abzumindern.

(8) Für die Weiterleitung der Auflagerkräfte von Tafeln ist nachzuweisen:

$$F_d \leq R_d \quad (125)$$

(9) Bei Wandtafeln unter horizontaler Scheibenbeanspruchung ist, wie bei anderen Bauteilen, deren Lagesicherheit nicht offensichtlich ist, zusätzlich der Nachweis der Lagesicherheit zu führen. Wenn eine Verankerung erforderlich ist, ist für diese der folgende Nachweis zu führen:

$$F_{t,d,dst} - F_{c,d,stb} \leq R_d \quad (126)$$

Dabei ist

$F_{t,d,dst}$ Zugkraft aus destabilisierenden Einwirkungen,

$F_{c,d,stb}$ Druckkraft aus stabilisierenden Einwirkungen,

R_d Tragfähigkeit der Verankerung.

10.7 Nachweise für Flächentragwerke

10.7.1 Flächen aus Schichten

(1) Die aus den Schnittgrößen berechneten Spannungen sind den Bemessungswerten der Festigkeiten gegenüberzustellen. Bei Querschnitten aus verschiedenen Schichten gilt dies für jede Schicht i eines Querschnittes. Dabei sind die Spannungen in den Hauptrichtungen (in der Regel Faserrichtung und rechtwinklig dazu, siehe Bild 16) 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:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (127)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (128)$$

$$\left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{drill,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (129)$$

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,
- $\tau_{drill,d}$ Bemessungswert der Drillspannung aus dem Drillmoment m_{xy} in der Schicht (entspricht τ_{xy} in Bild 16),
- τ_d Bemessungswert der Schubspannung aus Querkraft q_x .

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

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d}} + \frac{\tau_{R,d}}{f_{R,d}} \leq 1 \quad (130)$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} + \frac{\tau_{R,d}}{f_{R,d}} \leq 1 \quad (131)$$

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.

(4) Bei zusammengeklebten Schichten gilt für den Nachweis der Klebfuge Abschnitt 14.

(5) Bei Schichten, die mit mechanischen Verbindungsmittern verbunden sind, gelten für den Nachweis der Schubübertragung die Abschnitte 12 und 13.

10.7.2 Flächen aus Vollholzlamellen

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

$$f_{m,l,d} = k_l \cdot f_{m,d} \quad (132)$$

$$f_{v,l,d} = k_l \cdot f_{v,d} \quad (133)$$

Dabei ist

$f_{m,d}$ Bemessungswert der Biegefestigkeit der Lamelle,

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

k_l Systembeiwert nach Bild 30.

Die Anzahl der mitwirkenden Lamellen ergibt sich wie folgt:

$$n = b_{ef} / b_{lam} \quad (134)$$

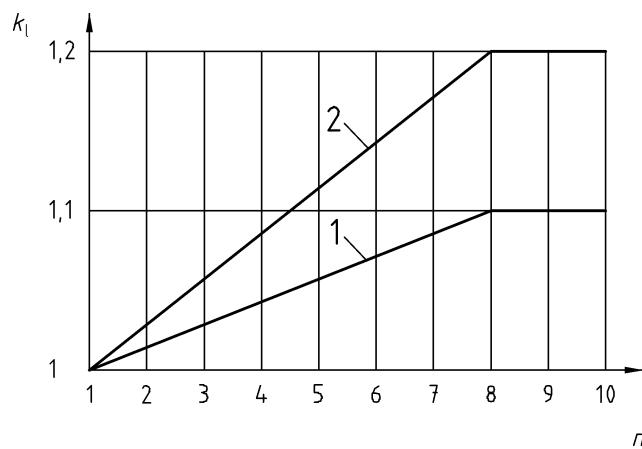
Dabei ist

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 17.



Legende

1 nachgiebig verbundene Lamellen

2 zusammengespannte oder verklebte Lamellen

Bild 30 — Systembeiwert k_l für Lamellen in Abhängigkeit von der Anzahl n der mitwirkenden Lamellen.

(2) Für die Spannungen rechtwinklig zur Lamellenrichtung, die aus einer Teilflächenbelastung herrühren, müssen die Bedingungen der Gleichungen (130) und (131) 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 Verbindungsmitte nach Abschnitt 12 nachzuweisen.

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

$$q_{v,d} \leq \mu_d \cdot \sigma_{p,min} \cdot h \quad (135)$$

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,

μ_d Bemessungswert für den Reibungskoeffizienten:

sägerau-sägerau 0,3,

gehobelt-gehobelt 0,2,

sägerau-gehobelt 0,2,

Holz-Beton 0,4.

10.7.3 Theorie II. Ordnung, Stabilitätsnachweise

(1) Die Schnittgrößen ebener Flächen mit Druckkräften aus Scheibenbeanspruchung sind nach Theorie II. Ordnung entsprechend 8.5 zu berechnen. Dies ist nicht erforderlich, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\ell_{ef} \cdot \sqrt{\frac{N_d \cdot \gamma_M}{E_{0,mean} \cdot I}} \leq 1 \quad (136)$$

Dabei ist

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

$E_{0,mean} \cdot I$ Biegesteifigkeit für die Breite $b = 1$ nach Anhang D,

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 5 bzw. die Bedingungen nach den Gleichungen (101) sowie (102) und (103) eingehalten sind.

11 Verbindungen, Ausklinkungen, Durchbrüche und Verstärkungen

11.1 Verbindungen

11.1.1 Allgemeines

(1) Die Berechnung der Beanspruchungen der Bauteile in Verbindungen ist auf der Grundlage der in 8.8 beschriebenen Anforderungen an Stabwerke durchzuführen. Die sich dabei aus einseitigen Lasteinleitungen ergebenden Zusatzmomente sind zu berücksichtigen.

(2) Die Regelungen dieser Norm gelten nicht für Verbindungen mit Hirnholz sowie mit Schnittflächen von Holzwerkstoffen, es sei denn, diese Verbindung wird ausdrücklich erwähnt oder die Wirksamkeit wird genauer nachgewiesen.

(3) Der Einfluss von zwischen Zugkräften F_t und Druckkräften F_c in den Bauteilen wechselnden Beanspruchungen auf die Tragfähigkeit stiftförmiger metallischer Verbindungsmittel ist dadurch zu berücksichtigen, dass die Verbindung für den Bemessungswert

$$F_d = \max \{F_{t,d} + 0,5 \cdot F_{c,d}; F_{c,d} + 0,5 \cdot F_{t,d}\} \quad (137)$$

nachzuweisen ist.

Dieser Nachweis darf bei kurzer Lasteinwirkungsdauer entfallen.

11.1.2 Zugverbindungen

(1) Bei symmetrisch ausgeführten Zugverbindungen mit Schrauben, Bolzen, Passbolzen und Nägeln in nicht vorgebohrten Nagellochern 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 31 oben).
- Bei anderen Verbindungsmitteln sind vor beziehungsweise hinter dem eigentlichen Anschluss diese Verbindungsmittel zusätzlich anzutragen (siehe Bild 31 unten).

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

$$F_{t,d} = \frac{F_d \cdot t}{2 \cdot n \cdot a} \quad (138)$$

Dabei ist

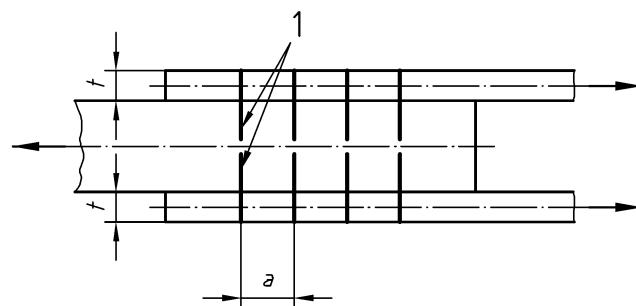
F_d Normalkraft in der einseitig beanspruchten Lasche,

n Anzahl der zur Übertragung der Scherkraft in Richtung der Kraft F_d hintereinander angeordneten Verbindungsmittel, ohne die zusätzlichen ausziehfesten Verbindungsmittel,

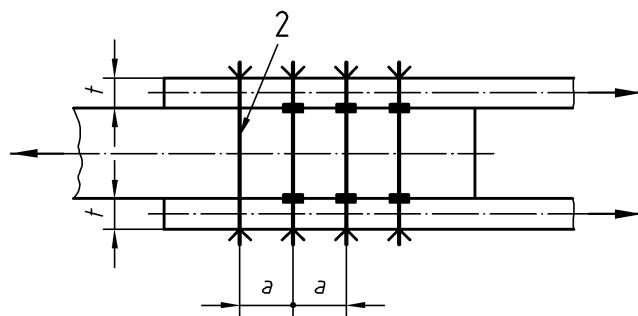
t Dicke der Lasche,

a Abstand der auf Herausziehen beanspruchten Verbindungsmittel von der nächsten Verbindungsmitteleihe.

(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.



$n = 4$



$n = 3$

Legende

1 ausziehfeste Verbindungsmittel

2 zusätzliche ausziehfeste Verbindungsmittel

Bild 31 — Maßnahmen zur Vermeidung der Verkrümmung einseitig beanspruchter Bauteile in Zuganschlüssen

11.1.3 Druckverbindungen

(1) Die durch den Stoß eines Druckstabes verursachten Änderungen des Verformungsverhaltens des Stabes sind bei der Berechnung der Beanspruchungen zu berücksichtigen.

(2) Bei einem Kontaktstoß im äußeren Viertelteil der Knicklänge darf der Einfluss der Verformungen auf die Beanspruchungen vernachlässigt werden, wenn der Kontaktstoß durch eine Verbindung mit Laschen gesichert wird. Die Laschenverbindung ist für 50 % der durch Kontakt übertragenen Kraft zu bemessen.

(3) Bei Stößen von Vollwandbiegeträgern im Bereich zwischen zwei Abstützungen darf der Druckgurt wie ein Druckstab mit einer Knicklänge gleich dem Abstand der Abstützungen behandelt werden.

11.1.4 Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmitte

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

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

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

- auf Abscheren beanspruchte Stifte, die nach den vereinfachenden Regeln in 12.2 bemessen sind,
- auf Abscheren beanspruchte schlanke Stifte mit einem Verhältnis von Holzdicke zu Stiftdurchmesser von mindestens 6, die nach den genaueren Regeln nach Anhang G bemessen sind,
- Kontaktanschlüsse,
- Einpressdübel,
- Verbindungsmitte in Verbindungen, bei denen das Spalten des Holzes im Verbindungsreich durch Querzugverstärkungen verhindert wird.

11.1.5 Queranschlüsse

(1) Werden Bauteile mit Rechteckquerschnitt durch eine Krafteinleitung rechtwinklig zur Holzfaserrichtung beansprucht (siehe z. B. Bild 32), dürfen die dadurch verursachten Querzugsspannungen wie folgt berücksichtigt werden: Für Queranschlüsse mit $a/h > 0,7$ ist ein Nachweis nicht erforderlich. Queranschlüsse mit $a/h < 0,2$ dürfen nur durch kurze Lasteinwirkungen (z. B. Windsogkräfte) beansprucht werden.

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

$$\frac{F_{90,d}}{R_{90,d}} \leq 1 \quad (139)$$

mit

$$R_{90,d} = k_s \cdot k_r \cdot \left(6,5 + \frac{18 \cdot a^2}{h^2} \right) \cdot (t_{ef} \cdot h)^{0,8} \cdot f_{t,90,d} \quad (140)$$

wobei

$$k_s = \max \left\{ 1; 0,7 + \frac{1,4 \cdot a_r}{h} \right\} \quad (141)$$

und

$$k_r = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{h_1}{h_i} \right)^2} \quad (142)$$

Queranschlüsse mit $a_r/h > 1$ und $F_{90,d} > 0,5 \cdot R_{90,d}$ sind zu verstärken (siehe 11.4).

Dabei ist

- $F_{90,d}$ Bemessungswert der Kraftkomponente rechtwinklig zur Faserrichtung in N,
- $R_{90,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit des Bauteils in N,
- k_s Beiwert zur Berücksichtigung mehrerer nebeneinander angeordneter Verbindungsmitte,
- k_r Beiwert zur Berücksichtigung mehrerer übereinander angeordneter Verbindungsmitte (für eingeklebte Stahlstäbe siehe 14.3),
- a Abstand des (obersten) Verbindungsmitte vom beanspruchten Rand in mm,
- a_r Abstand der beiden äußersten Verbindungsmitte (siehe Bild 32); der Abstand der Verbindungsmitte untereinander in Faserrichtung des querzuggefährdeten Holzes darf $0,5 \cdot h$ nicht überschreiten,
- h Höhe des Bauteils in mm,
- t_{ef} wirksame Anschlusstiefe in mm,
- n Anzahl der Verbindungsmitteleihen,
- h_i Abstand der jeweiligen Verbindungsmitteleihe vom unbeanspruchten Bauteilrand (siehe Bild 32).

(3) Bei beidseitigem oder mittigem Queranschluss gilt:

- $t_{ef} = \min \{b; 2t; 24d\}$ für Holz-Holz- oder Holzwerkstoff-Holz-Verbindungen mit Nägeln oder Holzschrauben,
- $t_{ef} = \min \{b; 2t; 30d\}$ für Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen,
- $t_{ef} = \min \{b; 2t; 12d\}$ für Stabdübel- und Bolzenverbindungen,
- $t_{ef} = \min \{b; 100 \text{ mm}\}$ für Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart,
- $t_{ef} = \min \{b; 6d\}$ für Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben.

Dabei ist

- b Breite des Bauteils,
- d Verbindungsmittel durchmesser,
- t Eindringtiefe der Verbindungsmitte.

(4) Bei einseitigem Queranschluss gilt:

- $t_{ef} = \min \{b; t; 12d\}$ für Holz-Holz- oder Holzwerkstoff-Holz-Verbindungen mit Nägeln oder Holzschrauben,
- $t_{ef} = \min \{b; t; 15d\}$ für Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen,

$$t_{\text{ef}} = \min \{b; t; 6d\} \quad \text{für Stabdübel- und Bolzenverbindungen,}$$

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

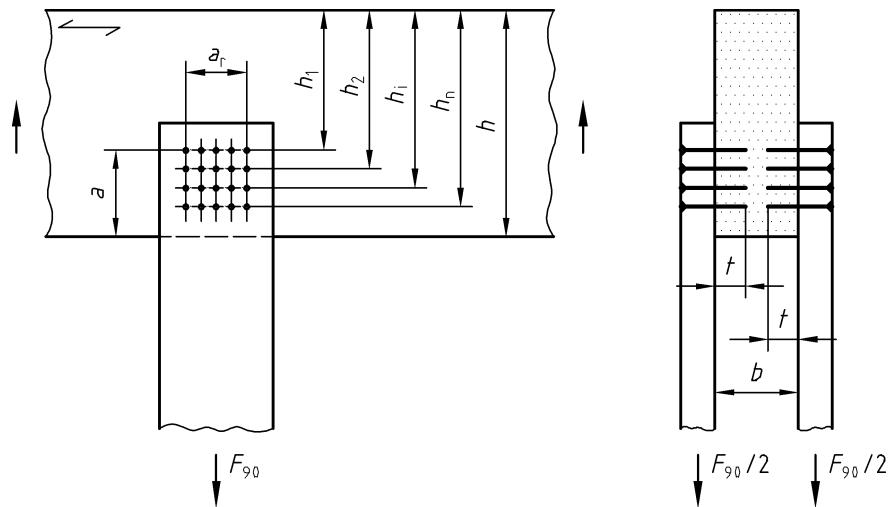


Bild 32 — Beispiel eines Queranschlusses mit Bezeichnungen

(5) Sind mehrere Verbindungsmittelgruppen nebeneinander angeordnet, darf der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{90,d}$ für eine Verbindungsmittelgruppe nach Gleichung (140) ermittelt werden, wenn der lichte Abstand in Faserrichtung zwischen den Verbindungsmittelgruppen mindestens $2 \cdot h$ beträgt.

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

(7) Beträgt der lichte Abstand in Faserrichtung von zwei nebeneinander angeordneten Verbindungsmittelgruppen mindestens $0,5 \cdot h$ und weniger als $2 \cdot h$, ist der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{90,d}$ nach Gleichung (140) pro Verbindungsmittelgruppe mit dem Beiwert k_g zu reduzieren:

$$k_g = \frac{\ell_g}{4 \cdot h} + 0,5 \quad (143)$$

Dabei ist

ℓ_g lichter Abstand zwischen den Verbindungsmittelgruppen.

(8) Sind mehr als zwei Verbindungsmittelgruppen mit $\ell_g < 2 \cdot h$ nebeneinander angeordnet, bei denen der Bemessungswert der Kraftkomponente rechtwinklig zur Faserrichtung $F_{90,d}$ größer ist als die Hälfte des mit dem Beiwert k_g reduzierten Bemessungswertes der Tragfähigkeit $R_{90,d}$, sind die Querzugkräfte durch Verstärkungen (siehe 11.4) aufzunehmen. Dies gilt ebenfalls für Queranschlüsse mit $F_{90,d} > 0,5 \cdot R_{90,d}$, deren lichter Abstand von einem Kragarmende weniger als die Trägerhöhe h beträgt.

11.2 Ausklinkungen

(1) Bei Trägern mit Rechteckquerschnitt, die an den Enden ausgeklinkt sind (siehe Bild 33 und Bild 34), ist die Schubspannung mit der Höhe h_e zu berechnen.

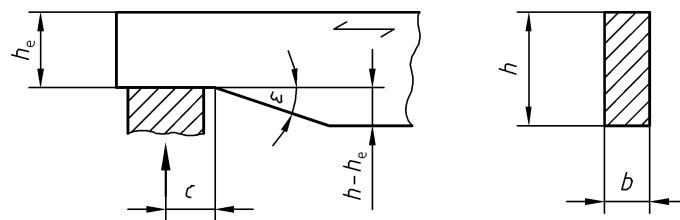


Bild 33 — Ausklinkung auf der belasteten Seite

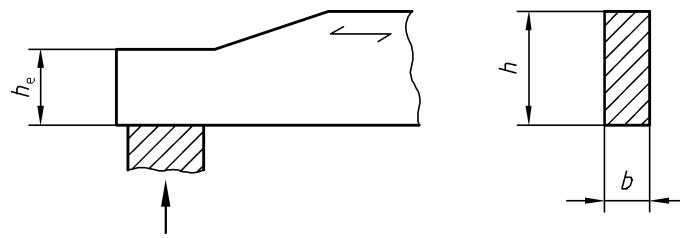


Bild 34 — Ausklinkung auf der unbelasteten Seite

(2) Der Einfluss der Spannungskonzentration in der Ausklinkung darf nach Absatz (3) berücksichtigt werden. Unverstärkte Ausklinkungen nach Absatz (1) dürfen nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden. Ausklinkungen in Nutzungsklasse 3 sind nach 11.4 zu verstärken.

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

$$\frac{1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot h_e}}{k_v \cdot f_{v,d}} \leq 1 \quad (144)$$

Andernfalls sind Ausklinkungen nach 11.4.3 zu verstärken.

Für Träger mit Ausklinkungen auf der belasteten Seite (siehe Bild 33) ist

$$k_v = \min \left\{ \frac{1}{k_{90} \cdot k_\epsilon} \right\} \quad (145)$$

wobei

$$k_{90} = \frac{k_n}{\sqrt{h} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1-\alpha)} + 0,8 \cdot \frac{c}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} \quad (146)$$

und

$$k_\epsilon = 1 + \frac{1,1}{\tan \epsilon \cdot \sqrt{h \cdot \tan \epsilon}} \quad (147)$$

Dabei ist

h Trägerhöhe in mm,

c Abstand zwischen Kraftwirkungslinie der Auflagerkraft und Ausklinkungsecke in mm,

ε Steigungswinkel des Anschnitts,

$$\alpha = h_e/h,$$

$k_n = 5$ für Vollholz und Balkenschichtholz,

$k_n = 6,5$ für Brettschichtholz,

$k_n = 4,5$ für Furnierschichtholz.

Die Gleichung (144) darf nur angewendet werden, wenn $\alpha \geq 0,5$ und $c/h \leq 0,4$ ist. Diese Einschränkungen gelten nicht für kurze Lasteinwirkungsdauer und nicht für verstärkte Ausklinkungen (siehe 11.4).

Für Träger mit Ausklinkungen auf der unbelasteten Seite (siehe Bild 34) ist $k_v = 1$.

11.3 Durchbrüche

(1) Durchbrüche in Trägern sind Öffnungen mit den lichten Maßen $d > 50$ mm (siehe Bild 35). Sie dürfen in unverstärkten Trägerbereichen mit planmäßiger Querzugbeanspruchung nicht angeordnet werden. Außerdem gelten die folgenden Mindest- und Höchstmaße:

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

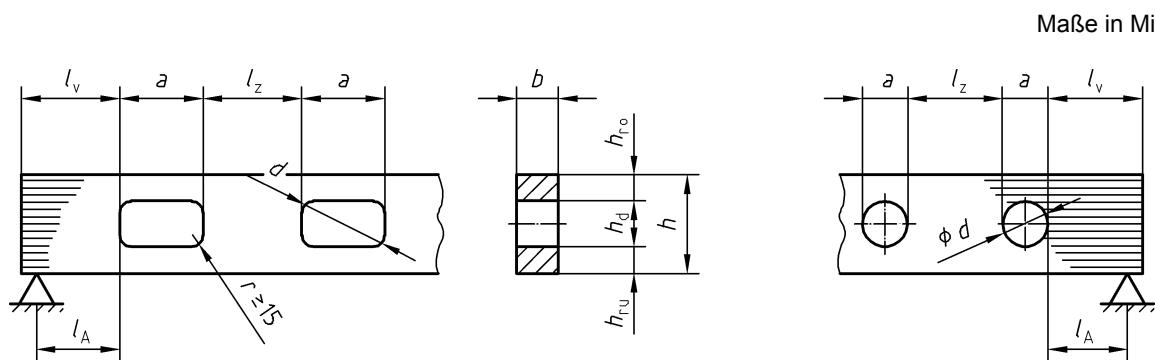


Bild 35 — Unverstärkte Durchbrüche

(2) Unverstärkte Durchbrüche nach Absatz (1) dürfen nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden. Durchbrüche in Nutzungsklasse 3 sind nach 11.4 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:

$$\frac{F_{t,90,d}}{0,5 \cdot \ell_{t,90} \cdot b \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad (148)$$

Dabei ist

b Trägerbreite,

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

und

$$\ell_{t,90} = 0,5 \cdot (h_d + h) \quad \text{für rechteckige Durchbrüche,} \quad (149)$$

$$\ell_{t,90} = 0,353 \cdot h_d + 0,5 \cdot h \quad \text{für kreisförmige Durchbrüche.} \quad (150)$$

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

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} \quad (151)$$

mit

$$F_{t,V,d} = \frac{V_d \cdot h_d}{4 \cdot h} \cdot \left[3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right] \quad (152)$$

und

$$F_{t,M,d} = 0,008 \cdot \frac{M_d}{h_r} \quad (153)$$

Dabei ist

V_d Betrag des Bemessungswertes der Querkraft am Durchbruchsrand,

$h_r = \min \{h_{ro}; h_{ru}\}$ 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 Durchbruchsrand.

In Gleichung (152) darf bei runden Durchbrüchen anstelle von h_d der Wert $0,7 \cdot h_d$ eingesetzt werden.

11.4 Verstärkungen

11.4.1 Allgemeines

(1) 11.4.2 bis 11.4.5 beziehen sich auf Bauteile, deren Tragfähigkeit durch eine oder mehrere Verstärkungen rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes zur Aufnahme von Querzugbeanspruchungen erhöht wird.

(2) Die Zugfestigkeit des Holzes rechtwinklig zur Faserrichtung wird bei der Ermittlung der Beanspruchungen der Verstärkungen nach 11.4.2 bis 11.4.4 nicht berücksichtigt.

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

- eingeklebte Gewindegelenke nach DIN 976-1,
- eingeklebte Betonrippenstäbe 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 7.7,
- aufgeklebtes Furnierschichtholz nach 7.5,
- aufgeklebte Bretter,
- eingepresste Nagelplatten.

(5) Die Abstände a_2 der Stahlstäbe untereinander (siehe Bild 38) 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 Gewindegelenken 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 14.

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

11.4.2 Queranschlüsse

(1) Die Verstärkung eines Queranschlusses (siehe Beispiele in Bild 36) darf für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ bemessen werden:

$$F_{t,90,d} = [1 - 3 \cdot \alpha^2 + 2 \cdot \alpha^3] \cdot F_{90,d} \quad (154)$$

Dabei ist

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

$$\alpha = \frac{a}{h} \quad \text{siehe Bild 36.}$$

(2) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gleichung (154) durch Stahlstäbe ist für die gleichmäßig verteilte angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (155)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot \ell_{ad}} \quad (156)$$

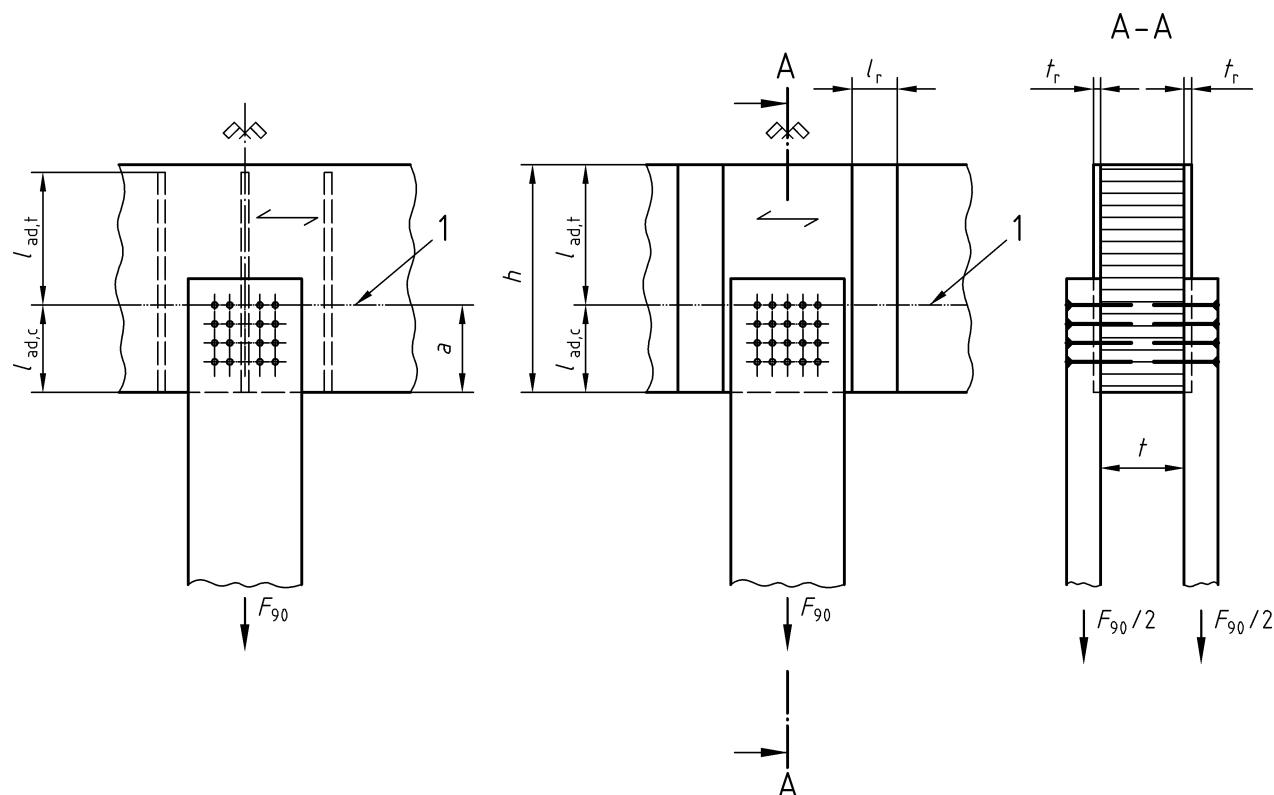
Dabei ist

$$\ell_{ad} = \min \{\ell_{ad,c}; \ell_{ad,t}\} \quad \text{siehe Bild 36,}$$

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

$f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23),

d_r Stahlstabaußendurchmesser.



Legende

1 Gefährdeter Bereich

Bild 36 — Beispiele für Verstärkungen von Queranschlüssen

(3) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gleichung (154) durch seitlich aufgeklebte Verstärkungsplatten ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (157)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{4 \cdot \ell_{ad} \cdot \ell_r} \quad (158)$$

Dabei ist

$$\ell_{ad} = \min \{\ell_{ad,c}; \ell_{ad,t}\} \quad (\text{siehe Bild 36}),$$

ℓ_r Breite der Verstärkungsplatte (siehe Bild 36),

$f_{k2,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).

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

$$k_k \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (159)$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n_r \cdot t_r \cdot \ell_r} \quad (160)$$

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 36 aufzukleben, wobei gilt:

$$0,25 \leq \frac{\ell_r}{\ell_{ad}} \leq 0,5 \quad (161)$$

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

11.4.3 Rechtwinklige Ausklinkungen an den Enden von Biegestäben mit Rechteckquerschnitt

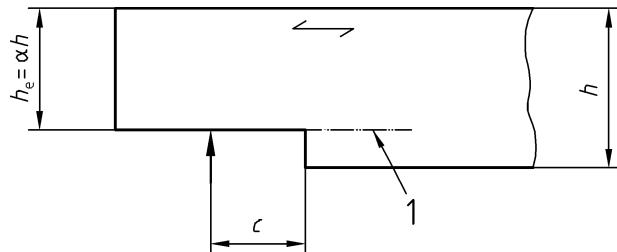
(1) Die Verstärkung einer rechtwinkligen Ausklinkung auf der belasteten Seite eines Trägerauflagers (siehe Bild 37) darf für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ bemessen werden:

$$F_{t,90,d} = 1,3 \cdot V_d \cdot [3 \cdot (1 - \alpha)^2 - 2 \cdot (1 - \alpha)^3] \quad (162)$$

Dabei ist

V_d Bemessungswert der Querkraft,

$\alpha = h_e/h$ (siehe Bild 37).



Legende

1 gefährdeter Bereich

Bild 37 — Rechtwinklige Ausklinkung auf der belasteten Trägerseite

(2) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gleichung (162) durch Stahlstäbe ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (163)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot \ell_{ad}} \quad (164)$$

Dabei ist

ℓ_{ad} wirksame Verankerungslänge (siehe Bild 38),

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

d_r Stahlstabaußendurchmesser (≤ 20 mm),

$f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).

(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 (162) durch seitlich aufgeklebte Verstärkungsplatten ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (165)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot (h - h_e) \cdot \ell_r} \quad (166)$$

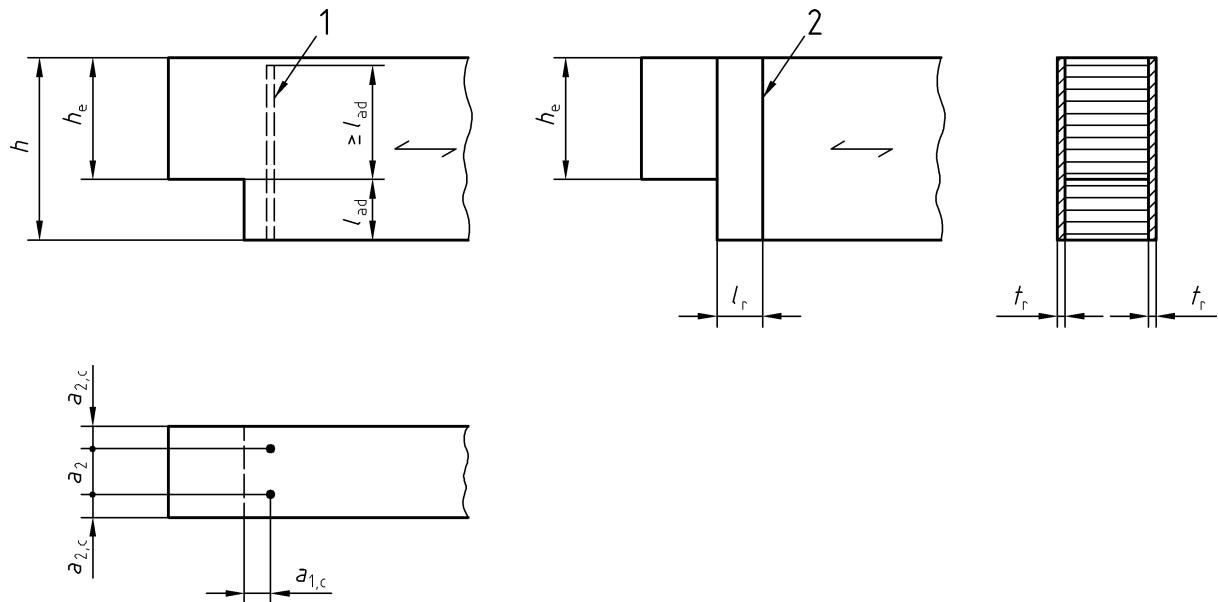
Dabei ist

$F_{t,90,d}$ Zugkraft nach Gleichung (162),

h, h_e siehe Bild 38,

ℓ_r Breite der Verstärkungsplatte (siehe Bild 38),

$f_{k2,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).



Legende

1 Stahlstabdurchmesser $\varnothing d_r$

2 Verstärkungsplatten

Bild 38 — Angaben für Verstärkungen rechtwinkliger Ausklinkungen

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

$$k_k \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (167)$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot t_r \cdot \ell_r} \quad (168)$$

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 38 aufzukleben, wobei gilt

$$0,25 \leq \frac{\ell_r}{h - h_e} \leq 0,5 \quad (169)$$

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

11.4.4 Durchbrüche bei Biegestäben mit Rechteckquerschnitt

(1) Für Durchbrüche, bei denen die geometrischen Randbedingungen nach den Gleichungen (170) bis (173) eingehalten sind, darf die Verstärkung des Durchbruchs für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gleichung (151) bemessen werden. Die Zugkraft $F_{t,90,d}$ ist bei rechteckigen Durchbrüchen in der Höhe der querzugbeanspruchten Durchbruchcke, bei kreisförmigen Durchbrüchen in der Höhe des querzugbeanspruchten Durchbruchrandes unter 45° zur Trägerachse vom Kreismittelpunkt aus (siehe Bild 39) anzunehmen.

$$\ell_A \geq h/2 \quad (170)$$

$$a \leq h \quad (171)$$

$$h_{ro} \geq h/4 \quad (172)$$

$$h_{ru} \geq h/4 \quad (173)$$

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

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (174)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot \ell_{ad}} \quad (175)$$

Dabei ist

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

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

$$h_{ru(ro)} \quad \text{siehe Bild 39,}$$

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

d_r Stahlstabaußendurchmesser (≤ 20 mm),

$f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).

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

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

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

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (176)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot a_r \cdot h_{ad}} \quad (177)$$

Dabei ist

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

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

$$a_r, h_1, h_d \quad \text{siehe Bild 40,}$$

$$f_{k2,d} \quad \text{Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).}$$

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

$$k_k \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (178)$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot a_r \cdot t_r} \quad (179)$$

Dabei ist

$$a_r, t_r \quad \text{siehe Bild 40,}$$

$$k_k \quad \text{Beiwert zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Spannungsverteilung; ohne genaueren Nachweis darf } k_k = 2,0 \text{ angenommen werden,}$$

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

(7) Die Verstärkungsplatten sind beispielsweise nach Bild 40 aufzukleben,

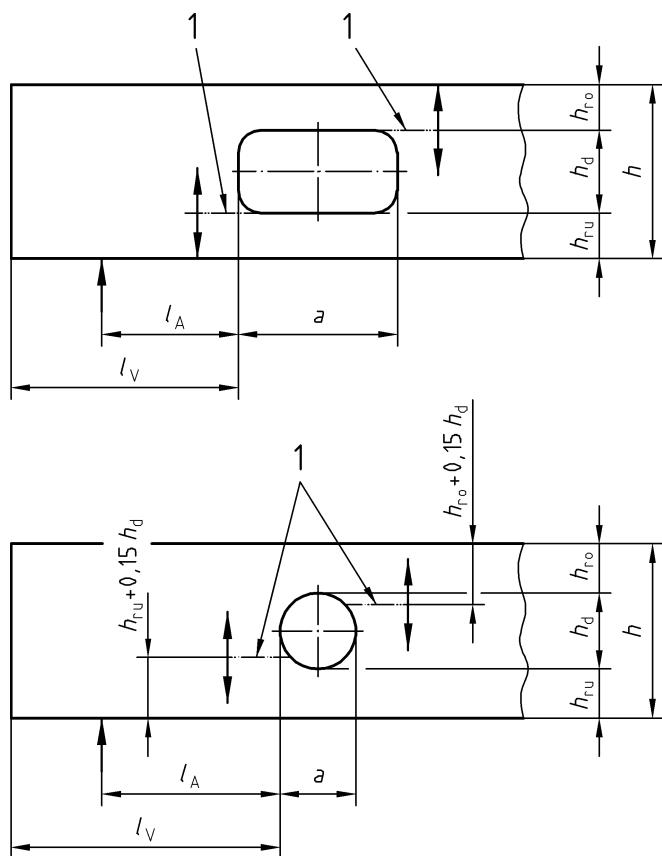
wobei

$$0,25 \cdot a \leq a_r \leq 0,6 \cdot \ell_{t,90} \quad \text{mit} \quad \ell_{t,90} = 0,5 \cdot (h_d + h) \quad (180)$$

und

$$h_1 \geq 0,25 \cdot a \quad (181)$$

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

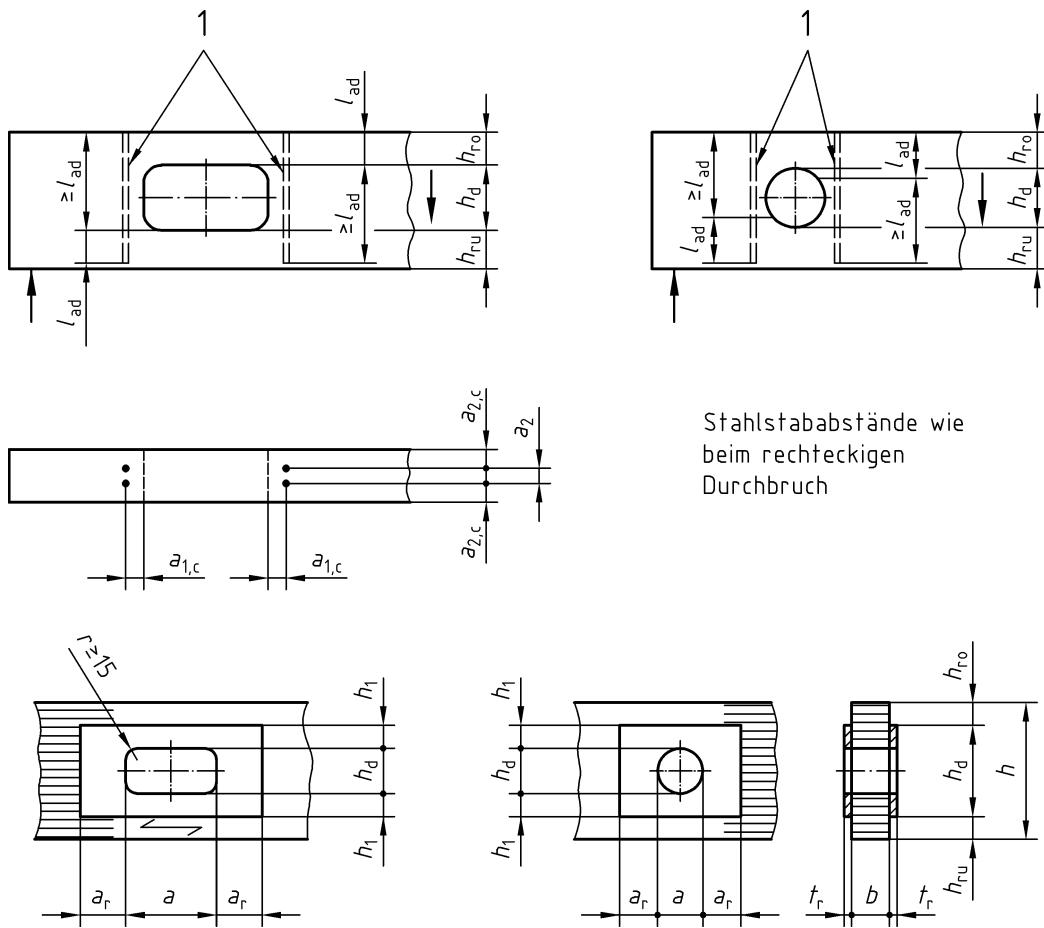


Legende

1 gefährdeter Bereich

Bild 39 — Rechteckiger (oben) und kreisförmiger (unten) Durchbruch eines Biegestabes

Maße in Millimeter

**Legende**1 Stahlstab mit Durchmesser d_r **Bild 40 — Beispiele für Verstärkungen von Durchbrüchen****11.4.5 Gekrümmte Träger und Satteldachträger aus Brettschichtholz**

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

$$F_{t,90,d} = \frac{\sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1}{n} \quad (182)$$

Dabei ist

- $\sigma_{t,90,d}$ Bemessungswert der Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung nach Gleichung (86), (91) bzw. (95),
- 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 querzugbeanspruchten Bereichs sind in diesem Fall für folgende Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1}{n} \quad (183)$$

(2) Für Träger, bei denen die Bedingung nach Gleichung (88) nicht erfüllt ist, sind in den Nutzungsklassen 1 und 2 konstruktive Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher, klimabedingter Querzugsspannungen vorzusehen. Diese Verstärkungen sind im querzugbeanspruchten Bereich für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = \frac{\sigma_{t,90,d} \cdot b^2 \cdot a_1}{640 \cdot n} \quad (184)$$

Dabei ist

$\sigma_{t,90,d}$ Bemessungswert der Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung nach Gleichung (86), (91) bzw. (95),

b Trägerbreite in mm.

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

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (185)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{2 \cdot F_{t,90,d}}{\pi \cdot \ell_{ad} \cdot d_r} \quad (186)$$

Dabei ist

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

ℓ_{ad} halbe Einklebelänge des Stahlstabes,

d_r Stahlstabaußendurchmesser,

$f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit für $\ell_{ad} \leq 250$ mm (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).

(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_{ap} betragen.

(6) Für Träger, bei denen die Bedingung nach Gleichung (88) nicht erfüllt ist, sollten die Stahlstäbe im querzugbeanspruchten Bereich gleichmäßig verteilt werden.

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

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k3,d}} \leq 1 \quad (187)$$

$$\tau_{\text{ef}, \text{d}} = \frac{2 \cdot F_{t,90, \text{d}}}{l_r \cdot l_{\text{ad}}} \quad (188)$$

Dabei ist

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

l_{ad} Höhe der aufgeklebten Verstärkung oberhalb oder unterhalb der Trägerachse,

l_r Länge der Verstärkung in der Trägerachse,

$f_{k3, \text{d}}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).

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

$$\frac{\sigma_{t, \text{d}}}{f_{t, \text{d}}} \leq 1 \quad (189)$$

$$\sigma_{t, \text{d}} = \frac{F_{t,90, \text{d}}}{t_r \cdot l_r} \quad (190)$$

Dabei ist

t_r Dicke einer Verstärkung,

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

12 Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln

12.1 Allgemeines

- (1) Stiftförmige Verbindungsmittel im Sinne dieses Abschnittes sind:

Stabdübel, Passbolzen, Bolzen, Gewindestangen (Gewindegelenken nach DIN 976-1), Nägel, Schrauben und Klammern.

- (2) Bei der Bemessung der Verbindungen ist zu berücksichtigen, dass die Tragfähigkeit auch durch ein Scherversagen des Holzes entlang der äußeren Verbindungsmittelreihen oder durch Zugversagen des Holzes begrenzt werden kann.

12.2 Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren)

12.2.1 Allgemeines

- (1) Für die Ermittlung der Tragfähigkeit R_k pro Scherfuge und Verbindungsmittel darf für die Stifte unter Biegebeanspruchung und für das Holz und die Holzwerkstoffe unter Lochleibungsbeanspruchung idealplastisches Verhalten angenommen werden.

(2) Vereinfachend dürfen die in 12.2 angegebenen Regeln angewendet werden, wenn kein genauerer Nachweis erfolgt. Genauere Nachweisverfahren enthält der Anhang G.

(3) Die Bestimmungen für Verbindungen mit Stabdübeln in 12.3, mit Bolzen und Gewindestangen in 12.4, mit Nägeln in 12.5, mit Schrauben in 12.6 und mit Klammern in 12.7 sind in jedem Falle zusätzlich zu beachten.

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

12.2.2 Verbindungen von Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen

(1) Falls die Bedingungen über die Mindestdicken $t_{1,\text{req}}$ und $t_{2,\text{req}}$ eingehalten sind, darf für Verbindungen von Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen, die mit in den 12.3 bis 12.7 behandelten Verbindungsmitteln hergestellt sind, der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k pro Scherfuge und Verbindungsmittel wie folgt berechnet werden:

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (191)$$

Die Mindestdicke $t_{1,\text{req}}$ für das Seitenholz 1 (siehe Bild 43) beträgt:

$$t_{1,\text{req}} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d}} \quad (192)$$

Die Mindestdicke $t_{2,\text{req}}$ für das Seitenholz 2 (siehe Bild 43) einer einschnittigen Verbindung beträgt:

$$t_{2,\text{req}} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad (193)$$

Die Mindestdicke $t_{2,\text{req}}$ für Mittelhölzer (siehe Bild 43) mit zweischnittig beanspruchten Verbindungsmitteln beträgt:

$$t_{2,\text{req}} = 1,15 \cdot \left(\frac{4}{\sqrt{1 + \beta}} \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad (194)$$

Dabei ist

- t_1, t_2 Holz- oder Holzwerkstoffdicken oder Eindringtiefe des Verbindungsmittels (der kleinere Wert ist maßgebend, siehe z. B. Bild 43),
- $f_{h,1,k}, f_{h,2,k}$ charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit im Holz 1 bzw. 2,
- β $= f_{h,2,k}/f_{h,1,k}$,
- d Durchmesser des Verbindungsmittels,
- $M_{y,k}$ charakteristischer Wert des Fließmoments des Verbindungsmittels.

(2) Sind die Holzdicken t_1 oder t_2 geringer als die Mindestdicken $t_{1,\text{req}}$ bzw. $t_{2,\text{req}}$, darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k ermittelt werden, indem der Wert R_k nach Gleichung (191) mit dem kleineren der Verhältniswerte $t_1/t_{1,\text{req}}$ und $t_2/t_{2,\text{req}}$ multipliziert wird.

(3) Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit sind wie folgt zu berechnen:

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_k}{\gamma_M} \quad (195)$$

Für γ_M ist der Wert für auf Biegung beanspruchte Stifte aus Stahl nach Tabelle 1 einzusetzen.

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

$$k_{\text{mod}} = \sqrt{k_{\text{mod},1} \cdot k_{\text{mod},2}} \quad (196)$$

(4) Falls nachfolgend nichts anderes bestimmt ist, sollten die Lochleibungsfestigkeiten f_h in Übereinstimmung mit DIN EN 383:1993-10 bestimmt werden.

(5) Falls nachfolgend nichts anderes bestimmt ist, sollte das Fließmoment M_y in Übereinstimmung mit DIN EN 409:1993-10 bestimmt werden.

12.2.3 Stahlblech-Holz-Verbindungen

(1) Bei Stahlblech-Holz-Verbindungen sind zu unterscheiden:

- Verbindungen mit innen liegenden Stahlblechen oder mit außen liegenden dicken Stahlblechen,
- Verbindungen mit außen liegenden dünnen Stahlblechen.

(2) Die Annahme dicker Stahlbleche gilt als erfüllt, wenn die Stahlblechdicke t_s mindestens gleich dem Verbindungsmitteldurchmesser d ist sowie für mindestens 2 mm dicke Stahlbleche, die mit Sonderägeln der Tragfähigkeitsklasse 3 (siehe Tabelle 14) mit einem Durchmesser von höchstens dem Doppelten der Stahlblechdicke angeschlossen sind.

(3) Stahlbleche sind als dünn anzusehen, wenn die Stahlblechdicke t_s nicht größer als die Hälfte des Verbindungsmitteldurchmessers d ist.

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

$$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad (197)$$

Die Mindestholzdicke t_{req} beträgt:

$$t_{\text{req}} = 1,15 \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad (198)$$

(5) Falls die Bedingung über die Mindestholzdicke t_{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:

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad (199)$$

Die Mindestholzdicke t_{req} beträgt für Mittelhölzer mit zweischnittig beanspruchten Verbindungsmittern

$$t_{\text{req}} = 1,15 \cdot (2\sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad (200)$$

und für alle anderen Fälle

$$t_{\text{req}} = 1,15 \cdot (2 + \sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad (201)$$

(6) 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 (197) und Gleichung (199) geradlinig interpoliert werden. Vereinfachend dürfen in diesen Fällen die Mindestholzdicken nach den Gleichungen (198) und (200) ermittelt und erforderlichenfalls geradlinig interpoliert werden.

(7) Ist die Holzdicke t geringer als die Mindestholzdicke t_{req} , darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k ermittelt werden, indem der Wert R_k nach Gleichung (197) bzw. (199) mit dem Verhältniswert t/t_{req} multipliziert wird.

(8) Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit sind nach Gleichung (195) zu berechnen. Dabei ist k_{mod} der Modifikationsbeiwert für das Holz oder den Holzwerkstoff. Für γ_M ist der Wert für auf Biegung beanspruchte Stifte aus Stahl nach Tabelle 1 einzusetzen.

(9) Der Nachweis der Stahlteile ist nach DIN 18800-1 zu führen.

12.3 Verbindungen mit Stabdübeln und Passbolzen

(1) Sofern nicht ausdrücklich anders festgelegt, gelten die Regeln für Stabdübel auch für Passbolzen. 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.

(2) Der Durchmesser der Stabdübel muss mindestens $d = 6$ mm und darf höchstens $d = 30$ mm betragen. Charakteristische Festigkeitskennwerte für Stabdübel enthält Tabelle G.9. Vorzugsgrößen sind in Tabelle G.10 angegeben.

(3) 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.

(4) Für Holz dürfen folgende charakteristische Werte der Lochleibungsfestigkeit für eine Belastung unter einem Winkel α zur Faserrichtung des Holzes angenommen werden:

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (202)$$

Dabei ist

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad \text{N/mm}^2 \quad (203)$$

mit ρ_k in kg/m^3 und d in mm,

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d \quad \text{für Nadelhölzer} \quad (204)$$

$$k_{90} = 0,90 + 0,015 \cdot d \quad \text{für Laubhölzer} \quad (205)$$

mit d in mm.

Für Stabdübel mit $d \leq 8$ mm darf $k_{90} = 1$ gesetzt werden.

(5) Für Sperrholz nach 7.7 dürfen folgende charakteristische Werte der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

$$f_{h,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad \text{N/mm}^2 \quad (206)$$

mit ρ_k in kg/m^3 und d in mm.

(6) Für OSB-Platten nach 7.8 und kunstharzgebundene Spanplatten nach 7.9 dürfen folgende charakteristische Werte der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

$$f_{h,k} = 50 \cdot d^{-0,6} \cdot t^{0,2} \quad \text{N/mm}^2 \quad (207)$$

(7) Für Stabdübel aus Stahl mit kreisförmigem Querschnitt darf der charakteristische Wert des Fließmomentes wie folgt angenommen werden:

$$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} \quad \text{N mm} \quad (208)$$

Dabei ist

$f_{u,k}$ charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Stahles in N/mm^2 ,

d Stabdübeldurchmesser in mm.

(8) Bei Verbindungen mit Passbolzen darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k nach 12.2 um einen Anteil ΔR_k erhöht werden:

$$\Delta R_k = \min \{0,25 \cdot R_k; 0,25 \cdot R_{ax,k}\} \quad (209)$$

Dabei ist

$R_{ax,k}$ Tragfähigkeit des Passbolzens in Richtung der Stiftachse.

(9) Wegen der Spaltgefahr des Holzes ist für mehrere in Faserrichtung hintereinander angeordnete Stabdübel die wirksame Anzahl n_{ef} wie folgt zu bestimmen:

$$n_{ef} = \left[\min \left\{ n; n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{10 \cdot d}} \right\} \right] \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + n \cdot \frac{\alpha}{90} \quad (210)$$

Dabei ist

- a_1 Abstand der Stabdübel untereinander in Faserrichtung
- n Anzahl der in Faserrichtung hintereinander angeordneten Stabdübel,
- α Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung.

Wird das Spalten des Holzes durch eine Verstärkung rechtwinklig zur Faserrichtung verhindert, darf $n_{\text{ef}} = n$ gesetzt werden. Für a_1 darf auch bei einem Winkel $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ der Mindestwert nach Tabelle 8 für $\alpha = 0^\circ$ eingesetzt werden.

(10) In biegesteifen Verbindungen mit einem Stabdübelkreis, in den Fugen nachgiebig verbundener Bauteile sowie in den Verbindungen zwischen Rippen und Beplankung aussteifender Scheiben darf $n_{\text{ef}} = n$ gesetzt werden.

(11) In biegesteifen Verbindungen mit mehreren Stabdübelkreisen, z. B. Rahmenecken, ist die wirksame Anzahl n_{ef} wie folgt zu bestimmen:

$$n_{\text{ef}} = 0,85 \cdot n \quad (211)$$

Dabei ist

- n Gesamtanzahl der Stabdübel in den Stabdübelkreisen.

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

(12) Die Mindestabstände untereinander und von den Rändern sind in Tabelle 8 angegeben. Die Bezeichnungen sind in Bild 41 definiert.

Tabelle 8 — Mindestabstände von Stabdübeln und Passbolzen

	1	2
1	a_1 parallel zur Faserrichtung	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d$
2	a_2 rechtwinklig zur Faserrichtung	$3 \cdot d$
3	$a_{1,t}$ beanspruchtes Hirnholzende	$7 \cdot d$ (jedoch mindestens 80 mm)
4	$a_{1,c}$ unbeanspruchtes Hirnholzende	$7 \cdot d \cdot \sin \alpha$ (jedoch mindestens $3 \cdot d$)
5	$a_{2,t}$ beanspruchter Rand	$3 \cdot d$
6	$a_{2,c}$ unbeanspruchter Rand	$3 \cdot d$
α ist der Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung		

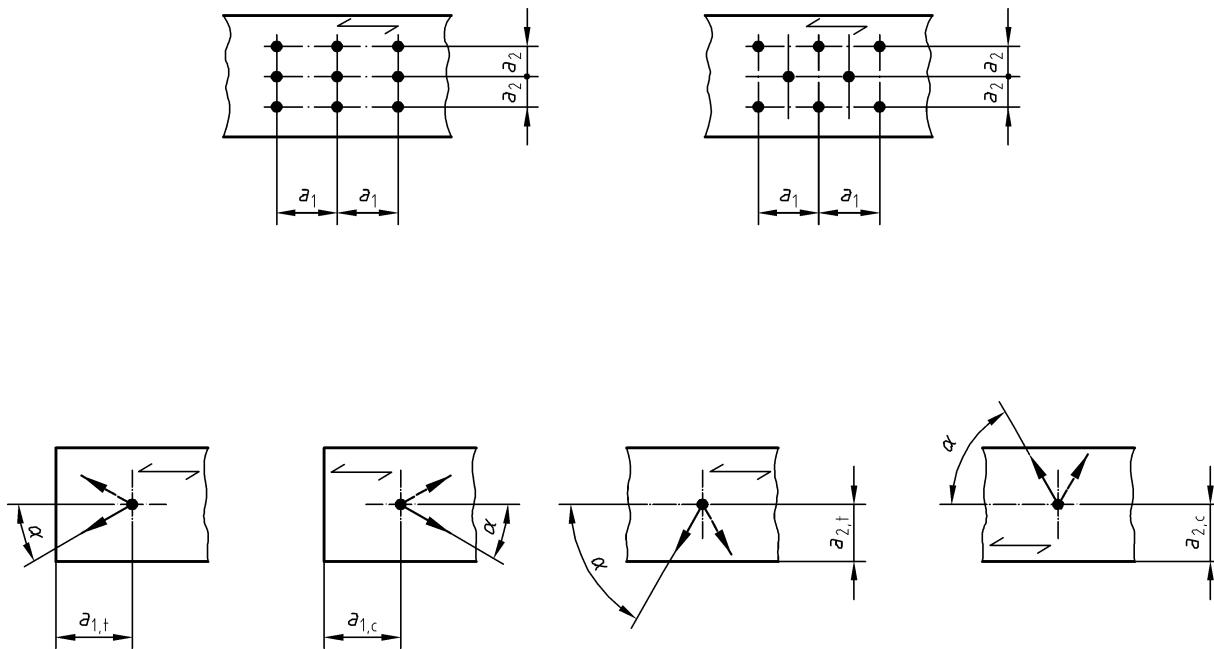


Bild 41 — Definitionen der Verbindungsmitteleabstände

12.4 Verbindungen mit Bolzen und Gewindestangen

- (1) Bolzen im Sinne dieser Norm sind alle Schraubenbolzen und Bolzen ähnlicher Bauart. Sie sind mit Kopf und Mutter versehen und werden nach Vorbohren der Bolzenlöcher mit geringem Spiel eingebaut und anschließend fest angezogen. Charakteristische Festigkeitskennwerte für Bolzen enthält Tabelle G.11.
- (2) Gewindestangen im Sinne dieser Norm sind Gewindebolzen M 6 bis M 30 nach DIN 976-1. Charakteristische Festigkeitskennwerte für Gewindestangen enthält Tabelle G.12.
- (3) Sofern im Folgenden nichts anderes festgelegt ist, gelten die Bestimmungen für Verbindungen mit Stabdübeln und Passbolzen (siehe 12.3) sinngemäß.
- (4) Unter dem Kopf und der Mutter der Bolzen müssen Unterlegscheiben mit einer Seitenlänge oder einem Durchmesser von mindestens $3 \cdot d$ und einer Dicke von mindestens $0,3 \cdot d$ angeordnet werden. Dabei ist d der Bolzendurchmesser. Die Unterlegscheiben müssen vollflächig anliegen. Vorzugsmaße für Scheiben sind in Tabelle G.13 angegeben.
- (5) Bolzen sollten derart angezogen werden, dass die Holzteile eng aneinander liegen; falls zur Sicherstellung der Tragfähigkeit und der Steifigkeit der Konstruktion erforderlich, sollten sie nachgezogen werden, wenn das Holz seine Ausgleichsfeuchte erreicht hat.
- (6) Bolzenverbindungen sind nicht in Dauerbauten zu verwenden, bei denen es auf Steifigkeit und Formbeständigkeit der Konstruktion ankommt.
- (7) Die Löcher für Bolzen dürfen bis zu 1 mm größer sein als der Nenndurchmesser des Bolzens. Die Löcher für Gewindestangen dürfen bis zu 1 mm größer sein als der Nenndurchmesser (= Gewindeaußendurchmesser) der Gewindestange.
- (8) Für die Berechnung des charakteristischen Wertes des Fließmomentes nach Gleichung (208) ist bei Gewindestangen für d der Mittelwert aus Kerndurchmesser und Gewindeaußendurchmesser einzusetzen.
- (9) Die Mindestabstände untereinander und von den Rändern sind in Tabelle 9 angegeben. Die Bezeichnungen sind in Bild 41 definiert.

Tabelle 9 — Mindestabstände von Bolzen und Gewindestangen

	1	2
1	a_1 parallel zur Faserrichtung	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d$ (jedoch mindestens $4 \cdot d$)
2	a_2 rechtwinklig zur Faserrichtung	$4 \cdot d$
3	$a_{1,t}$ beanspruchtes Hirnholzende	$7 \cdot d$ (jedoch mindestens 80 mm)
4	$a_{1,c}$ unbeanspruchtes Hirnholzende	$7 \cdot d \cdot \sin \alpha$ (jedoch mindestens $4 \cdot d$)
5	$a_{2,t}$ beanspruchter Rand	$3 \cdot d$
6	$a_{2,c}$ unbeanspruchter Rand	$3 \cdot d$
α ist der Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung		

12.5 Verbindungen mit Nägeln

12.5.1 Allgemeines

- (1) Die Festlegungen für Nagelverbindungen gelten für die Anwendung von Nägeln mit glatter, gerauter, angerollter oder gerillter Schaftrform mit rundem Flachkopf oder flachem Senkkopf mit oder ohne Einsenkung nach DIN EN 10230-1:2000-01. Andere als in dieser Norm angegebene Nagellängen sind zulässig. Von DIN EN 10230-1:2000-01 abweichende Kopfformen sind zulässig, wenn die Kopffläche mindestens $2,5 \cdot d^2$ beträgt. Die Länge ℓ_p der Nagelspitze (siehe Bild 42) muss mindestens $0,7 \cdot d$ betragen, darf jedoch nicht größer als $2 \cdot d$ sein.
- (2) Nägel mit angerolltem Schaft werden in dieser Norm auch als Sondernägel bezeichnet. Der Nagelschaft von Sondernägeln darf über die gesamte Nagellänge oder ausgehend von der Nagelspitze über einen Teil der Nagellänge angerollt sein.
- (3) Nägel dürfen beharzt sein.
- (4) Für den Nachweis der Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zur Nagelachse (Abscheren) gelten die Bestimmungen nach 12.2. Die Bezeichnungen t_1 bzw. t_2 sind in Bild 43 definiert. Bei zweischnittigen Verbindungen ist t_1 der kleinere Wert aus Seitenholzdicke und Eindringtiefe des Nagels.
- (5) Nägel sollten rechtwinklig zur Holzfasserrichtung und bis in eine solche Tiefe eingeschlagen werden, dass die Nagelköpfe mit der Holzoberfläche bündig abschließen.
- (6) Schrägnagelungen sollten in Übereinstimmung mit Bild 47b ausgeführt werden.
- (7) Der Durchmesser von vorgebohrten Löchern für Nägel sollte etwa $0,9 \cdot d$ betragen. Bei Stahlblech-Holz-Verbindungen darf der Lochdurchmesser im Stahlblech bis zu 1 mm größer sein als der Nageldurchmesser.

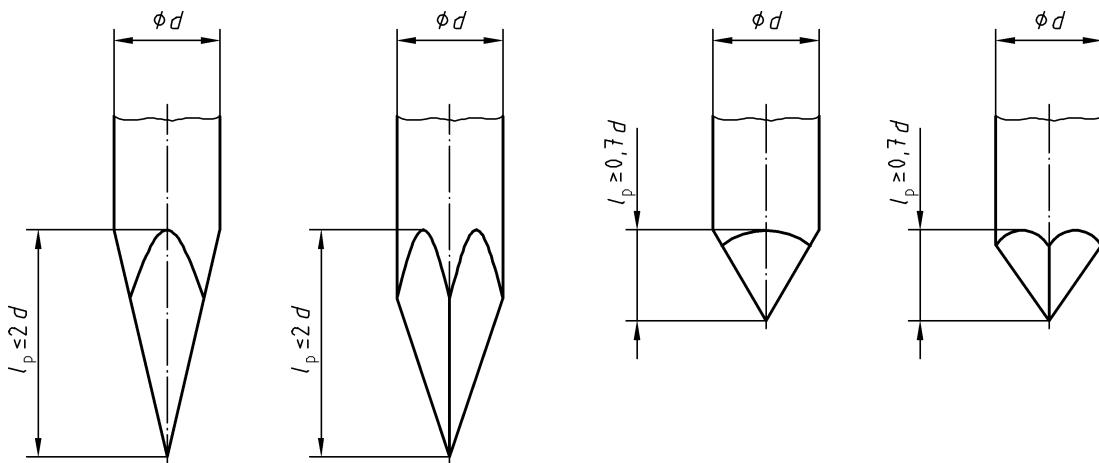


Bild 42 — Nagel spitzen (schematische Darstellung)



a) einschnittige Verbindung

b) zweischnittige Verbindung

Bild 43 — Definitionen von t_1 bzw. t_2

(8) Bei An schlüssen 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.

(9) Bei An schlüssen 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 An schlussbereich nicht passend bearbeitet sind.

12.5.2 Holz-Holz-Nagelverbindungen

(1) Für etwa rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes eingeschlagene Nägel bis zu einem Nageldurchmesser von 8 mm und für alle Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung des Holzes dürfen folgende charakteristische Werte der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

für nicht vorgebohrte Hölzer:

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} \quad \text{N/mm}^2 \quad (212)$$

für vorgebohrte Hölzer:

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad \text{N/mm}^2 \quad (213)$$

Dabei ist

ρ_k charakteristische Rohdichte in kg/m^3 ,

d Durchmesser in mm.

- (2) Die charakteristischen Werte des Fließmomentes für runde glattschaftige Nägel und für Sondernägel, die jeweils aus Draht mit einer Mindestzugfestigkeit von $600 \text{ N}/\text{mm}^2$ hergestellt worden sind, dürfen angenommen werden zu:

$$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} \text{ Nmm} \quad (214)$$

Dabei ist

d Durchmesser des glatten Schafteils in mm.

- (3) Die charakteristischen Werte des Fließmomentes für Nägel mit etwa rechteckigem oder quadratischem Querschnitt, die aus Draht mit einer Mindestzugfestigkeit $f_{u,k}$ von $600 \text{ N}/\text{mm}^2$ hergestellt worden sind, dürfen angenommen werden zu:

$$M_{y,k} = 0,45 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} \text{ Nmm} \quad (215)$$

Dabei ist

d kleinste Seitenlänge des Nagelquerschnitts in mm.

- (4) Abweichend von Gleichung (191) darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Nagel für Verbindungen von Bauteilen aus Nadelholz angenommen werden zu:

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (216)$$

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

- (5) Abweichend von den Gleichungen (192) bis (194) dürfen die Mindestdicken $t_{i,req}$ (Holzdicken oder Eindringtiefen der Nägel mit rundem Querschnitt) für Verbindungen zwischen Bauteilen aus Nadelholz angenommen werden zu:

$$t_{req} = 9 \cdot d \quad (217)$$

- (6) Bei Holz mit einer charakteristischen Rohdichte von über $500 \text{ kg}/\text{m}^3$ sind die Nagellöcher über die ganze Nagellänge vorzubohren.

- (7) Ein Anschluss muss mindestens zwei Nägel enthalten. Dies gilt nicht für die Befestigung von Schalungen, Trag- und Konterlatten und die Zwischenanschlüsse von Windrispen, auch nicht 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.

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

- (9) Nägel, die parallel zur Faserrichtung des Holzes eingeschlagen sind, dürfen nicht zur Kraftübertragung in Rechnung gestellt werden.

(10) Die Mindestnagelabstände untereinander und von den Rändern sind in Tabelle 10 angegeben. Die Bezeichnungen sind in Bild 41 definiert. Bei Brettschichtholz darf für die Bestimmung der Nagelabstände eine Rohdichte $\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$ zugrunde gelegt werden.

(11) Bei tragenden Nägeln und bei Heftnägeln soll der größte Abstand in Faserrichtung des Holzes $40 \cdot d$ und rechtwinklig dazu $20 \cdot d$ nicht überschreiten. Bei Platten aus Holzwerkstoffen soll der größte Abstand in keiner Richtung $40 \cdot d$ überschreiten. Haben die Platten nur aussteifende Funktion, so ist ein Abstand von $80 \cdot d$ zulässig. Dies gilt auch für den Anschluss mittragender Beplankungen an Mittelrippen von Wandscheiben.

(12) Falls $(t_2 - l)$ größer ist als $4 \cdot d$ (siehe Bild 44), dürfen sich die Nägel, die von beiden Seiten in nicht vorgebohrte Nagellöcher eingeschlagen sind, im Mittelholz übergreifen.

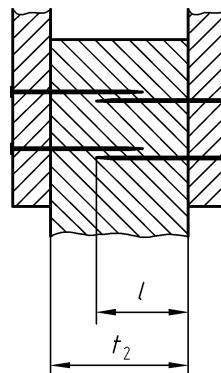


Bild 44 — Übergreifende Nägel

(13) Wegen der Spaltgefahr des Holzes muss bei Nagelverbindungen ohne Vorbohrung die Dicke t von Bauteilen aus Schnittholz mindestens betragen:

$$t = \max \left\{ 14 \cdot d; (13 \cdot d - 30) \cdot \frac{\rho_k}{200} \right\} \quad (218)$$

Dabei ist

ρ_k charakteristische Rohdichte in kg/m^3 ,

d Durchmesser in mm.

Für Bauteile aus Kiefernholz gilt:

$$t = \max \left\{ 7 \cdot d; (13 \cdot d - 30) \cdot \frac{\rho_k}{400} \right\} \quad (219)$$

Die Mindestdicke t nach Gleichung (219) gilt auch für Bauteile aus anderen Nadelholzarten, falls die Mindestnagelabstände zum Rand rechtwinklig zur Faser mindestens $10 \cdot d$ für $\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$ und mindestens $14 \cdot d$ für $420 \text{ kg/m}^3 < \rho_k < 500 \text{ kg/m}^3$ betragen.

Tabelle 10 — Mindestabstände von Nägeln

	1	2	3	4
		Nicht vorgebohrt		Vorgebohrt
		$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$		$420 \text{ kg/m}^3 < \rho_k < 500 \text{ kg/m}^3$
1	a_1 parallel zur Faserrichtung	$d < 5 \text{ mm}: (5 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (5 + 7 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(7 + 8 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d$
2	a_2 rechtwinklig zur Faserrichtung	$5 \cdot d$	$7 \cdot d$	$3 \cdot d$
3	$a_{1,t}$ beanspruchtes Hirnholzende	$d < 5 \text{ mm}: (7 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (10 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(15 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(7 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$
4	$a_{1,c}$ unbeanspruchtes Hirnholzende	$d < 5 \text{ mm}: 7 \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm}: 10 \cdot d$	$15 \cdot d$	$7 \cdot d$
5	$a_{2,t}$ beanspruchter Rand	$d < 5 \text{ mm}: (5 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (5 + 5 \cdot \sin \alpha) \cdot d$	$d < 5 \text{ mm}: (7 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (7 + 5 \cdot \sin \alpha) \cdot d$	$(3 + 4 \cdot \sin \alpha) \cdot d$
6	$a_{2,c}$ unbeanspruchter Rand	$5 \cdot d$	$7 \cdot d$	$3 \cdot d$
α ist der Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung				

(14) Für mehrere in Faserrichtung hintereinander angeordnete Nägel mit Durchmessern $d > 6 \text{ mm}$ ist zur Bestimmung der wirksamen Anzahl 12.3 (9) sinngemäß anzuwenden.

12.5.3 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 12.5.2 gelten sinngemäß. Für Gipswerkstoff-Holz-Verbindungen sind nur Nägel nach DIN 18182-4 zulässig.

(3) Für Brettsperrholz nach Abschnitt 7.6 dürfen die charakteristischen Werte der Lochleibungsfestigkeit nach Gleichung (212) bzw. (213) angenommen werden.

(4) Für Sperrholz nach 7.7 dürfen folgende charakteristische Werte der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

für nicht vorgebohrte Sperrholzer:

$$f_{h,k} = 0,11 \cdot \rho_k \cdot d^{0,3} \quad \text{N/mm}^2 \quad (220)$$

für vorgebohrte Sperrhölzer:

$$f_{h,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad \text{N/mm}^2 \quad (221)$$

Dabei ist

ρ_k charakteristische Rohdichte in kg/m^3 ,

d Durchmesser in mm.

- (5) Für OSB-Platten nach 7.8 und kunstharzgebundene Spanplatten nach 7.9 dürfen folgende charakteristische Werte der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

für nicht vorgebohrte Platten:

$$f_{h,k} = 65 \cdot d^{-0,7} \cdot t^{0,1} \quad \text{N/mm}^2 \quad (222)$$

für vorgebohrte Platten:

$$f_{h,k} = 50 \cdot d^{-0,6} \cdot t^{0,2} \quad \text{N/mm}^2 \quad (223)$$

Dabei ist

d Durchmesser in mm,

t Plattendicke in mm.

- (6) Für Faserplatten der technischen Klasse HB.HLA2 nach DIN EN 622-2:2003-10 darf folgender charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

$$f_{h,k} = 30 \cdot d^{-0,3} \cdot t^{0,6} \quad \text{N/mm}^2 \quad (224)$$

Dabei ist

d Durchmesser in mm,

t Plattendicke in mm.

- (7) Für Gipskartonplatten nach 7.12 darf folgender charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit angenommen werden:

$$f_{h,k} = 3,9 \cdot d^{-0,6} \cdot t^{0,7} \quad \text{N/mm}^2 \quad (225)$$

Dabei ist

d Durchmesser in mm,

t Plattendicke in mm.

- (8) Abweichend von Gleichung (191) darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Nagel für Verbindungen von Holz- oder Gipswerkstoffen mit Bauteilen aus Holz angenommen werden zu:

$$R_k = A \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (226)$$

Dabei ist

A Faktor nach Tabelle 11,

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

(9) Bei einschnittigen Holzwerkstoff-Holz-Nagelverbindungen mit Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse 3, nicht jedoch bei Gipskarton-Holz-Verbindungen, darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k nach Gleichung (226) um einen Anteil ΔR_k erhöht werden:

$$\Delta R_k = \min \{0,5 \cdot R_k, 0,25 \cdot R_{ax,k}\} \quad (227)$$

Dabei ist

$R_{ax,k}$ Ausziehwiderstand des Sondernagels nach Gleichung (233).

(10) Abweichend von den Gleichungen (192) bis (194) dürfen die in Tabelle 11 angegebenen Minstdicken t_{req} für Verbindungen zwischen Bauteilen aus Holz- oder Gipswerkstoffen und Holz angenommen werden.

(11) Als Mindestnagelabstände a_1 und a_2 in Sperrholz-Holz-Verbindungen gelten die 0,85fachen Werte in Tabelle 10.

(12) Für Gipskarton-Holz-Verbindungen ist der Mindestnagelabstand abweichend von Tabelle 10 mit $a_1 = 20 \cdot d$ anzunehmen.

Tabelle 11 — Werte des Faktors A in Gleichung (226) und der erforderlichen Holzwerkstoffdicken

	1 Holzwerkstoff	2 Faktor A in Gleichung (226)	3 Erforderliche Dicke t_{req} für außen liegende Holzwerkstoffplatten (einschnittige Verbindung)	4 Erforderliche Dicke t_{req} für innen liegende Holzwerkstoffplatten (zweischnittige Verbindung)
1				
2	Sperrholz nach Tabelle F.11	0,9	$7 \cdot d$	$6 \cdot d$
3	Sperrholz nach Tabelle F.12	0,8	$6 \cdot d$	$4 \cdot d$
4	OSB-Platten OSB/2, OSB/3 und OSB/4 nach Tabelle F.13 und Tabelle F.14 Kunstharzgebundene Spanplatten nach Tabelle F.15 bis F.18	0,8	$7 \cdot d$	$6 \cdot d$
5	Faserplatten nach Tabelle F.20 Spalte 2 und Spalte 3	0,7	$6 \cdot d$	$4 \cdot d$
6	Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,1	$10 \cdot d$	—

(13) 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.

(14) Die Mindestrandabstände in Sperrholz, 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 $4 \cdot d$ bei Sperrholz sowie $7 \cdot d$ bei OSB-Platten, kunstharzgebundenen Spanplatten und Faserplatten und $10 \cdot d$ bei Gipskartonplatten nicht unterschreiten.

12.5.4 Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen

(1) Die Regeln für Holz-Holz-Verbindungen nach 12.5.2 gelten sinngemäß.

(2) Abweichend von Gleichung (191) 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:

$$R_k = A \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad (228)$$

Dabei ist

A Faktor nach Tabelle 12,

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

(3) Bei einschnittigen Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen mit Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse 3 darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k nach Gleichung (228) um einen Anteil ΔR_k erhöht werden:

$$\Delta R_k = \min \{0,5 \cdot R_k; 0,25 \cdot R_{ax,k}\} \quad (229)$$

Dabei ist

$R_{ax,k}$ Ausziehwiderstand des Sondernagels nach Gleichung (233).

Tabelle 12 — Werte des Faktors A in Gleichung (228) und der erforderlichen Holzdicken in Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen

	1	2	3	4
1	Stahlblech (vorgebohrt)	Faktor A in Gleichung (228)	Erforderliche Mittelholzdicke t_{req} (zweischnittige Verbindung)	Erforderliche Dicke t_{req} in allen anderen Fällen
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 (198), (200) und (201) dürfen die in Tabelle 12 angegebenen Mindestholzdicken t_{req} für Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen angenommen werden.

(5) Die Mindestnagelabstände a_1 bzw. a_2 dürfen bis auf die 0,5fachen Werte der Tabelle 10, Spalten 2 bzw. 3, verringert werden. Dabei ist für jeden Nagel eine Anschlussfläche $0,5 \cdot a_1 \cdot a_2$ mit den Werten a_1 und a_2 aus Tabelle 10, Spalten 2 bzw. 3, einzuhalten. Der Abstand a_1 muss jedoch mindestens $5 \cdot d$ betragen.

(6) Für den Abstand der Nägel vom Blechrand gilt DIN 18800-1 sinngemäß.

12.6 Verbindungen mit Holzschrauben

- (1) Die Festlegungen über Verbindungen mit Holzschrauben gelten für die Anwendung von Holzschrauben mit einem Gewinde nach DIN 7998 mit mindestens 4 mm Nenndurchmesser. Die Verwendung anderer Holzschrauben ist zulässig, wenn ihre Eignung durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachgewiesen ist. Der Nenndurchmesser d entspricht dem Außendurchmesser des Schraubengewindes. Für Gipswerkstoff-Holz-Verbindungen sind nur Schnellbauschrauben nach DIN 18182-2 zulässig.
- (2) Eine tragende Schraubenverbindung muss mindestens zwei Holzschrauben enthalten. Dies gilt nicht für die Befestigung von Schalungen, Latten (Trag- und Konterlatten) und Windrispen, auch nicht für die Befestigung von Sparren, Pfetten und dergleichen auf Bindern und Rähmen sowie von Querriegeln an Rahmenhölzern, wenn das Bauteil mit mindestens zwei Holzschrauben angeschlossen ist.
- (3) Für Holzschrauben mit einem Gewinde nach DIN 7998 und mit $d > 8$ mm sind die zu verbindenden Teile auf die Tiefe des glatten Schaftes mit dem Schaftdurchmesser und auf die Länge des Gewindeteiles mit $0,7 \cdot d$ vorzubohren.
- (4) Beträgt der Nenndurchmesser $d \leq 8$ mm, dann dürfen die zu verbindenden Teile vorgebohrt werden. Bei Bauholz mit einer charakteristischen Rohdichte von über 500 kg/m^3 und bei Douglasienholz sind die Schraubenlöcher über die ganze Schraubenlänge vorzubohren. Der Bohrlochdurchmesser darf dann zwischen $0,6 \cdot d$ und $0,8 \cdot d$ betragen. Zementgebundene Spanplatten sind stets vorzubohren.
- (5) Für den Nachweis der Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zur Schraubenachse (Abscheren) gelten die Bestimmungen nach 12.2 sinngemäß, soweit in den nachfolgenden Abschnitten nichts anderes bestimmt ist. Für Holzschrauben mit einem Durchmesser bis zu 8 mm in vorgebohrten Hölzern sowie für Holzschrauben in nicht vorgebohrten Hölzern gelten die Bestimmungen in 12.5, für Holzschrauben mit einem Durchmesser $d > 8$ mm in vorgebohrten Hölzern gelten diejenigen in 12.3 sinngemäß. In den maßgebenden Gleichungen ist für d der Nenndurchmesser einzusetzen.
- (6) Für Holzschrauben mit einem Gewinde nach DIN 7998, die aus Draht mit einer Mindestzugfestigkeit von 400 N/mm^2 hergestellt worden sind, dürfen die charakteristischen Werte des Fließmomentes im Gewindegang angenommen werden zu:

$$M_{y,k} = 0,15 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} \text{ Nmm} \quad (230)$$

Dabei ist

$$d \quad \text{Nenndurchmesser der Schrauben in mm.}$$

- (7) Ohne genaueren Nachweis ist der kleinere der charakteristischen Werte des Fließmoments für den Schaft- bzw. für den Gewindegang zu verwenden.
- (8) Bei einschnittigen Verbindungen mit Holzschrauben darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k nach Absatz (5) um einen Anteil ΔR_k erhöht werden.

$$\Delta R_k = \min \{R_k; 0,25 \cdot R_{ax,k}\} \quad (231)$$

Dabei ist $R_{ax,k}$ der charakteristische Wert der Tragfähigkeit der Holzschraube nach Gleichung (235), siehe 12.8.2. Bei Stahlblech-Holz-Schraubenverbindungen darf der Fall des Kopfdurchziehens unbeachtet bleiben.

- (9) Die Einschraubtiefe im Bauteil mit der Schraubenspitze muss mindestens $4 \cdot d$ betragen.
- (10) Als Mindestabstände der Holzschrauben im Holz untereinander und von den Rändern gelten die Werte nach Tabelle 10 sinngemäß. Die Bezeichnungen sind in Bild 41 definiert.
- (11) Für die Mindest- und Größtabstände der Holzschrauben in Holzwerkstoffen gilt 12.5.3 (11), (13) und (14) sinngemäß.

(12) Bei Holzschraubenverbindungen ohne Vorbohrung der zu verbindenden Teile müssen die Teile eine Mindestdicke t nach 12.5.2 (13) aufweisen.

12.7 Verbindungen mit Klammern

(1) Die Festlegungen über Holz-Holz- und Holzwerkstoff-Holz-Klammerverbindungen gelten für die Anwendung von Klammern aus Stahldraht (siehe Bild 45) mit einer Querschnittsfläche zwischen $1,7 \text{ mm}^2$ und $3,5 \text{ mm}^2$, die aus Draht mit einer Mindestzugfestigkeit von 800 N/mm^2 hergestellt worden sind. Die Breite b_R des Klammerrückens muss mindestens $5,8 \cdot d$ und die Länge ℓ des Klammerschaftes darf höchstens $65 \cdot d$ betragen. Die Klammer müssen über mindestens die halbe Länge des Klammerschaftes beharzt sein. Der Nenndurchmesser d entspricht dem Drahdurchmesser. Es dürfen nur Klammer verwendet werden, deren Eignung nachgewiesen ist. Der Eignungsnachweis erfolgt auf der Grundlage der in Anhang C angegebenen Eignungsprüfung. Für Gipswerkstoff-Holz-Verbindungen sind nur Klammer nach DIN 18182-3 zulässig.

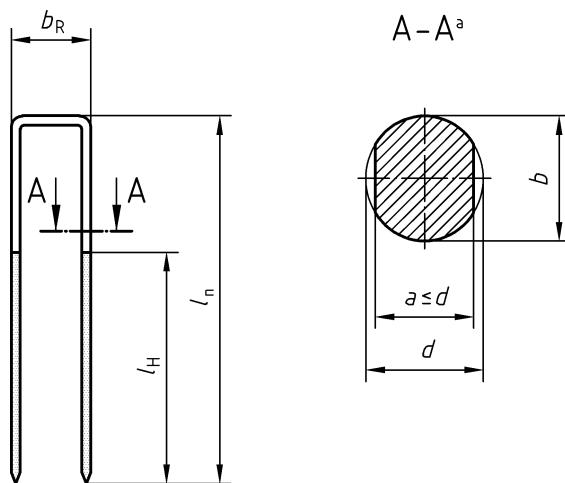


Bild 45 — Klammer für tragende Verbindungen

(2) Bei An schlüssen von Holzwerkstoffen dürfen die Klammer Rücken nicht mehr als 2 mm tief versenkt werden, müssen jedoch mindestens bündig mit der Oberfläche des Holzwerkstoffes eingetrieben werden. Ein bündiger Abschluss des Klammer Rückens mit der Plattenoberfläche gilt als nicht versenkt. Bei versenkter Anordnung der Klammer Rücken müssen die Mindestdicken der Holzwerkstoffe um 2 mm erhöht werden.

(3) Für den Nachweis der Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zum Klammerschaft (Abscheren) gelten, sofern im Folgenden nichts anderes festgelegt ist, die Bestimmungen nach 12.2 und 12.5 für Nagelverbindungen mit nicht vorgebohrten Nagellochern. In den maßgebenden Gleichungen ist für d der Nenndurchmesser einzusetzen.

(4) Der charakteristische Wert des Fließmomentes für einen Klammerschaft darf angenommen werden zu:

$$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} \text{ Nmm} \quad (232)$$

Dabei ist

d Nenndurchmesser der Klammer in mm.

(5) Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Klammer darf als ebenso groß angenommen werden wie derjenige zweier Nägel des gleichen Durchmessers, wenn der Winkel zwischen dem Klammer Rücken und der Faserrichtung des Holzes mindestens 30° beträgt.

(6) Beträgt der Winkel zwischen Holzfazerrichtung und Klammer Rücken weniger als 30° , ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit mit 0,7 abzumindern.

(7) Die Eindringtiefe im Bauteil mit den Klammerspitzen muss mindestens $8 \cdot d$ betragen.

(8) Die Mindestabstände untereinander und von den Rändern (siehe Bild 46) sind für Klammern mit einer Rückenbreite $b_R \leq 10 \cdot d$ in Tabelle 13 angegeben und beziehen sich auf die Mitte des Klammerrückens. α ist der Winkel zwischen Kraft- und Holzfaserrichtung, β ist der Winkel zwischen Klammerücken und Holzfaserrichtung. Bei Klammern mit einer Rückenbreite $b_R > 10 \cdot d$ sind für jeden Klammerschaft die Mindestabstände für Nägel nach 12.5 sinngemäß einzuhalten.

(9) Der größte Abstand der Klammern sollte bei Holzwerkstoffen und bei Nadelholz in Faserrichtung $80 \cdot d$ und bei Nadelholz rechtwinklig zur Faserrichtung $40 \cdot d$ nicht überschreiten.

(10) 12.5.3 (13) gilt sinngemäß.

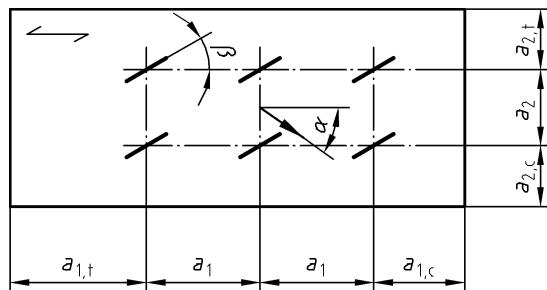


Bild 46 — Definitionen der Abstände bei Klammerverbindungen

Tabelle 13 — Mindestabstände von Klammern (siehe Bild 46)

	1	2
1	a_1 parallel zur Faserrichtung	$\beta \geq 30^\circ: (10 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$ $\beta < 30^\circ: (15 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$
2		
3	a_2 rechtwinklig zur Faserrichtung	$\beta \geq 30^\circ: (5 + 10 \cdot \sin \beta) \cdot d$ $\beta < 30^\circ: 10 \cdot d$
4		
5	$a_{1,t}$ beanspruchtes Hirnholzende	$(15 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$
6	$a_{1,c}$ unbeanspruchtes Hirnholzende	$15 \cdot d$
7	$a_{2,t}$ beanspruchter Rand	$(10 + 5 \cdot \sin \alpha) \cdot d$
8	$a_{2,c}$ unbeanspruchter Rand	$(5 + 5 \cdot \sin \beta) \cdot d$

α ist der Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung und β der Winkel zwischen Klammerücken und Faserrichtung.

12.8 Tragfähigkeit bei Beanspruchung in Richtung der Stiftachse (Herausziehen)

12.8.1 Nägel

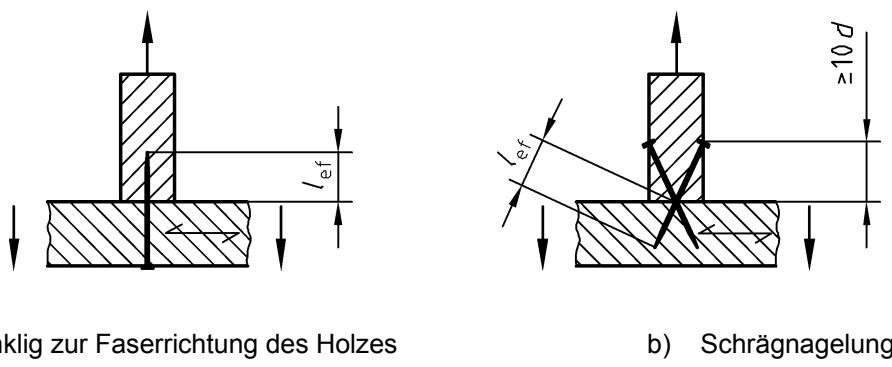
(1) Glattschaftige Nägel und Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 1 dürfen nur für kurze Lasteinwirkungen (z. B. Windsogkräfte) in Schaftrichtung (Richtung der Stiftachse) beansprucht werden.

(2) Dies gilt nicht für glattschaftige Nägel und Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 1 im Anschluss von Koppelpfetten, wenn infolge einer Dachneigung von höchstens 30° die Nägel dauernd auf Herausziehen beansprucht werden. In solchen Fällen ist der charakteristische Wert des Ausziehparameters $f_{1,k}$ nur mit 60 % in Rechnung zu stellen.

(3) Glattschaftige Nägel in vorgebohrten Nagellöchern dürfen nicht auf Herausziehen beansprucht werden.

(4) Bei Verbindungen von Holz mit Holzwerkstoffen sind die Verbindungsmitte von der Holzwerkstoffseite einzutreiben. Verbindungen von Holzwerkstoffen, von Holz an Holzwerkstoffen und Stahlblech-Holzwerkstoff-Verbindungen dürfen nach den folgenden Regeln bemessen werden, wenn Abplatzungen auf der Oberfläche der Holzwerkstoffe durch geeignete Maßnahmen vermieden werden.

(5) Sondernägel werden entsprechend ihrem Widerstand gegen Herausziehen bei Beanspruchung in Schaftrichtung in die Tragfähigkeitsklassen 1, 2 oder 3 eingeteilt. Darüber hinaus werden sie entsprechend ihrem Widerstand gegen Kopfdurchziehen in die Tragfähigkeitsklassen A, B oder C eingeteilt.



a) Rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes

b) Schrägnagelung

Bild 47 — Nagelung

(6) Der charakteristische Wert des Ausziehwiderstandes von Nägeln bei Nagelung rechtwinklig zur Faserrichtung (siehe Bild 47a) und bei Schrägnagelung (siehe Bild 47b) darf wie folgt berechnet werden:

$$R_{ax,k} = \min \{ f_{1,k} \cdot d \cdot l_{ef}; f_{2,k} \cdot d_k^2 \} \quad (233)$$

Dabei ist

- $f_{1,k}$ charakteristischer Wert des Ausziehparameters,
- $f_{2,k}$ charakteristischer Wert des Kopfdurchziehparameters,
- d Nenndurchmesser des Nagels,
- d_k Außendurchmesser des Nagelkopfes,
- l_{ef} wirksame Nagelleinschlagtiefe (siehe Absatz (9)).

Für $f_{1,k}$ und $f_{2,k}$ dürfen die in Tabelle 14 angegebenen Werte in Rechnung gestellt werden.

(7) Mit dem ersten Ausdruck in Gleichung (233) wird das Herausziehen des Nagels aus dem Holzteil mit der Nagelspitze, mit dem zweiten Ausdruck das Durchziehen des Nagels durch das Holzteil mit dem Nagelkopf erfasst. Bei Stahlblech-Holz-Verbindungen darf der zweite Ausdruck außer Betracht bleiben.

Tabelle 14 — Charakteristische Werte für die Ausziehparameter $f_{1,k}$ und die Kopfdurchziehparameter $f_{2,k}$ in N/mm² für Nägel

	1	2	3	4
1	Nageltyp	$f_{1,k}$	Nageltyp	$f_{2,k}$
2	Glattschaftige Nägel	$18 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	Glattschaftige Nägel	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
3	Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse		Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse	
4	1	$30 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	A	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
5	2	$40 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	B	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
6	3	$50 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	C	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
Charakteristische Rohdichte ρ_k in kg/m ³ , jedoch höchstens 500 kg/m ³				

(8) Bei Verbindungen mit Sondernägeln in vorgebohrten Nagellochern darf der charakteristische Ausziehparameter $f_{1,k}$ in Gleichung (233) nur zu 70 % in Ansatz gebracht werden, wenn der Bohrlochdurchmesser nicht größer als der Kerndurchmesser des Sondernagels ist. Bei größerem Bohrlochdurchmesser darf der Sondernagel nicht auf Herausziehen beansprucht werden.

(9) Die Einschlagtiefe muss für glattschaftige Nägel und Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 1 mindestens $12 \cdot d$ und für Sondernägel der Tragfähigkeitsklassen 2 und 3 mindestens $8 \cdot d$ betragen. Die Einschlagtiefe ℓ_{ef} wird einschließlich der Nagelspitze bestimmt und darf höchstens mit $20 \cdot d$ und bei Sondernägeln höchstens mit der Länge des profilierten Schafteiles in Rechnung gestellt werden.

(10) Die Bemessungswerte des Ausziehwiderstandes sind aus den charakteristischen Werten nach Gleichung (233) wie folgt zu berechnen:

$$R_{ax,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{ax,k}}{\gamma_M} \quad (234)$$

Für γ_M ist der Wert für Holz bzw. Holzwerkstoffe nach Tabelle 1 einzusetzen.

(11) Beim Anschluss von Brettsperrholz, Sperrholz, OSB-Platten, kunstharzgebundenen Spanplatten oder zementgebundenen Spanplatten dürfen die charakteristischen Werte des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$ nach Tabelle 14 nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn diese Platten mindestens 20 mm dick sind. Die charakteristische Rohdichte ρ_k ist dabei mit 380 kg/m³ in Rechnung zu stellen. Für Platten mit einer Dicke zwischen 12 mm und 20 mm darf in allen Fällen nur mit $f_{2,k} = 8 \text{ N/mm}^2$ gerechnet werden. Bei geringeren Plattendicken als 12 mm darf mit $R_{ax,k} = 400 \text{ N}$ gerechnet werden.

(12) Die charakteristische Tragfähigkeit auf Herausziehen nach Gleichung (233) darf bei Verbindungen von Bauteilen aus Vollholz mit einer Einbauholzfeuchte oberhalb 20 % und der Möglichkeit, im eingebauten Zustand auszutrocknen, nur zu 2/3 in Rechnung gestellt werden.

(13) Die Nagelabstände in Schaftrichtung beanspruchter Nägel müssen den Abständen rechtwinklig zur Nagelachse beanspruchter Nägel entsprechen. Bei Schrägnagelung muss der Abstand zum beanspruchten Rand mindestens $10 \cdot d$ betragen (siehe Bild 47b).

12.8.2 Holzschrauben

(1) Holzschrauben werden entsprechend ihrem Widerstand gegen Herausziehen aus Nadelholz bei Beanspruchung in Schaftrichtung in die Tragfähigkeitsklassen 1, 2 oder 3 eingeteilt. Darüber hinaus werden sie entsprechend ihrem Widerstand gegen Kopfdurchziehen in die Tragfähigkeitsklassen A, B oder C eingeteilt.

(2) Bei Verbindungen von Holz mit Holzwerkstoffen sind die Holzschrauben von der Holzwerkstoffseite einzuschrauben. Verbindungen von Holzwerkstoffen, von Holz an Holzwerkstoffen und Stahlblech-Holzwerkstoff-Verbindungen dürfen nach den folgenden Regeln bemessen werden, wenn Abplatzungen auf der Oberfläche der Holzwerkstoffe durch geeignete Maßnahmen vermieden werden.

(3) Der charakteristische Wert des Ausziehwiderstandes von Holzschrauben, die unter einem Winkel $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ zur Faserrichtung in das Holz eingeschraubt sind, darf wie folgt berechnet werden:

$$R_{ax,k} = \min \left\{ \frac{f_{1,k} \cdot d \cdot \ell_{ef}}{\sin^2 \alpha + \frac{4}{3} \cos^2 \alpha}; f_{2,k} \cdot d_k^2 \right\} \quad (235)$$

Dabei ist

$f_{1,k}$ charakteristischer Wert des Ausziehparameters,

$f_{2,k}$ charakteristischer Wert des Kopfdurchziehparameters,

ℓ_{ef} Gewindelänge im Holzteil mit der Schraubenspitze,

d Nenndurchmesser der Holzschraube, siehe 12.6 (1),

d_k Außendurchmesser des Schraubenkopfes, ggf. einschließlich Unterlegscheibe.

(4) Für $f_{1,k}$ und $f_{2,k}$ dürfen die in Tabelle 15 angegebenen Werte in Rechnung gestellt werden.

(5) Holzschrauben mit einem Gewinde nach DIN 7998 dürfen ohne Nachweis in die Tragfähigkeitsklasse 2A eingestuft werden.

(6) 12.8.1 (11) gilt sinngemäß.

(7) Für den Nachweis der Tragfähigkeit einer Holzschraube mit einem Gewinde nach DIN 7998 auf Zug in Schaftrichtung darf die charakteristische Tragfähigkeit der Schraube angenommen werden zu:

$$R_{ax,k} = 75 \cdot \pi \cdot (0,9 \cdot d)^2 \quad N \quad (236)$$

Dabei ist

d Nenndurchmesser der Schrauben in mm.

Der Bemessungswert der Schraubentragfähigkeit ergibt sich dabei aus $R_{ax,k}$ nach Gleichung (236) durch Dividieren durch $\gamma_M = 1,25$.

(8) Die Mindestabstände, Mindestholzdicken und Einschraubtiefen sind wie bei rechtwinklig zu ihrer Achse beanspruchten Holzschrauben einzuhalten.

Tabelle 15 — Charakteristische Werte für die Ausziehparameter $f_{1,k}$ und die Kopfdurchziehparameter $f_{2,k}$ in N/mm² für Holzschrauben

	1	2	3	4
1	Tragfähigkeitsklasse	$f_{1,k}$	Tragfähigkeitsklasse	$f_{2,k}$
2	1	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	A	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
3	2	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	B	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
4	3	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	C	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$

Charakteristische Rohdichte ρ_k in kg/m³, jedoch höchstens 500 kg/m³

12.8.3 Klammern

- (1) Für einen Klammerschaft gelten die Bestimmungen wie für einen glattschaftigen Nagel. Die wirksame Einschlagtiefe ℓ_{ef} muss mindestens 12 d betragen. Dabei darf nicht mehr als die beharzte Länge, höchstens jedoch 20 d , in Rechnung gestellt werden.
- (2) Abweichend von 12.8.1 gilt:
- Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Klammer darf wie derjenige zweier Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 2 (Tabelle 14, Zeile 5) des gleichen Durchmessers angenommen werden, vorausgesetzt, dass der Winkel zwischen dem Klammercücken und der Faserrichtung des Holzes mindestens 30° beträgt.
 - Der charakteristische Wert $f_{1,k}$ des Ausziehparameters muss bei Klammerverbindungen, die mit einer Holzfeuchte über 20 % hergestellt werden, auf 1/3 abgemindert werden.
 - In Holz mit Holzfeuchten über 30 % eingetriebene Klammern dürfen nicht auf Herausziehen in Rechnung gestellt werden, auch wenn das Holz im Gebrauchszustand nachtrocknen kann.
- (3) Beträgt der Winkel zwischen Holzfazerrichtung und Klammercücken weniger als 30°, darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Klammer nur zu 70 % in Rechnung gestellt werden.
- (4) Beim Anschluss von Brettsperrholz und Sperrholz und von Faserplatten darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn die Platten mindestens 6 mm dick sind, für OSB-Platten oder kunstharzgebundene Spanplatten, wenn die Platten mindestens 8 mm dick sind. Bei versenkter Anordnung der Klammercücken sind die Mindestdicken der Holzwerkstoffplatten um 2 mm zu erhöhen.
- (5) Die Mindestabstände und Eindringtiefen sind wie bei rechtwinklig zu ihrer Achse beanspruchten Klammern einzuhalten.

12.9 Tragfähigkeit kombiniert beanspruchter Nägel, Holzschrauben und Klammern

- (1) Bei Verbindungen, die sowohl durch eine Einwirkung in Richtung der Stiftachse mit F_{ax} als auch rechtwinklig dazu mit $F_{\ell a}$ beansprucht werden, muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} \right)^m + \left(\frac{F_{\ell a,d}}{R_{\ell a,d}} \right)^m \leq 1 \quad (237)$$

Dabei ist

$R_{ax,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit auf Herausziehen (Beanspruchung in Richtung der Stiftachse),

$R_{ta,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren),

$m = 1$ für glattschaftige Nägel, Sonderägel der Tragfähigkeitsklasse 1 und Klammern,

$m = 2$ für Sonderägel mindestens der Tragfähigkeitsklasse 2 und für Holzschrauben.

- (2) Bei Koppelpfettenanschlüssen mit glattschaftigen Nägeln darf mit $m = 1,5$ gerechnet werden.

13 Verbindungen mit sonstigen mechanischen Verbindungsmitteln

13.1 Allgemeines

(1) Sonstige mechanische Verbindungsmittel im Sinne dieses Abschnittes sind Nagelplatten, Dübel besonderer Bauart und Stahlblechformteile.

(2) Alle Verbindungen mit derartigen Verbindungsmitteln führen zu lastabhängigen Verschiebungen der miteinander verbundenen Teile.

(3) Nagelplatten als mechanische Verbindungsmittel bedürfen eines Nachweises ihrer Verwendbarkeit durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Nagelplattenverbindungen dürfen mit den Nachweisverfahren nach 13.2 bemessen werden. Abweichungen davon bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer Zustimmung im Einzelfall.

(4) Dübel besonderer Bauart müssen hinsichtlich ihrer Form, ihrer Maße und ihrer Werkstoffeigenschaften den Anforderungen nach DIN EN 912:2001-02 entsprechen. Einige Dübel besonderer Bauart sind in Anhang G angegeben. Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart dürfen mit dem Nachweisverfahren nach 13.3 bemessen werden. Abweichungen davon bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer Zustimmung im Einzelfall.

(5) Stahlblechformteile sind kaltgeformte Stahlblechteile mit Blechdicken von höchstens 4 mm. Sie dienen zusammen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln zur Verbindung von Holzbauteilen. Wenn die Tragfähigkeit der Verbindung mit Stahlblechformteilen rechnerisch nicht eindeutig erfasst werden kann, muss ihre Verwendbarkeit auf andere Weise, z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, nachgewiesen werden.

(6) Eine Produktregelung für Blechformteile ist mit einer europäischen technischen Zulassung (ETA) aufgrund der „Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Blechformteile“ (ETAG 015) möglich.

HINWEIS Von der Europäischen Kommission wurde eine Koexistenzperiode mit bestehenden nationalen Regelungen bis zum 01. August 2007 festgelegt.

13.2 Verbindungen mit Nagelplatten

13.2.1 Allgemeines

(1) Die Festlegungen über Verbindungen mit Nagelplatten gelten für Bauteile aus Holz, insbesondere für Fachwerke. Soweit nachstehend nichts anderes bestimmt ist, gelten die Anforderungen der DIN EN 1059:2000-01.

(2) Die Festlegungen gelten für Nagelplatten aus verzinktem oder korrosionsbeständigem Stahlblech von mindestens 1 mm Nenndicke, die nagel- oder dübelartige Ausstanzungen besitzen, so dass einseitig etwa rechtwinklig zur Plattenebene abgebogene Nägel entstehen. Die nachfolgenden Bestimmungen gelten nur für Nagelplatten mit orthogonalem Aufbau.

(3) Nagelplattenverbindungen dürfen nur bei Bauteilen verwendet werden, die vorwiegend ruhend belastet sind.

(4) Bei der Herstellung von Verbindungen mit Nagelplatten für Bauteile in den Nutzungsklassen 1 und 2 dürfen die zu verbindenden Hölzer eine Feuchte von 20 % nicht überschreiten. Dabei dürfen die Feuchteunterschiede nicht mehr als sechs Prozentpunkte betragen. Beträgt die Holzfeuchte bei der Herstellung oder während der Nutzung mehr als 20 %, so sind die Verbindungen mit den Modifikationsbeiwerten k_{mod} der Nutzungsklasse 3 zu bemessen. Alle Hölzer eines Bauteils sollen gleiche Dicken, mit Unterschieden im Bereich der Nagelplatten von höchstens 1 mm, aufweisen. Die Hölzer sollen im Bereich der Verbindungen scharfkantig sein.

(5) An jedem Stoß oder Knotenpunkt müssen auf beiden Seiten die Nagelplatten gleich groß sein und symmetrisch angeordnet werden.

(6) Die Einbindetiefe s der Nagelplatten in Gurte muss folgende Bedingung erfüllen:

$$s \geq \max \left\{ 30 \text{ mm}; \frac{h_f}{6} \right\} \quad (238)$$

Dabei ist

h_f Gurthöhe,

s Abstand des Schwerpunktes der Anschlussfläche A_{ef} vom Gurtrand.

(7) Bei Stößen von Stäben sind mindestens 50 % der Stabhöhe durch die Nagelplatten abzudecken. Hierbei dürfen nicht abgedeckte Teile der Stoßfugen jeweils 30 % der Stoßfugenlänge nicht überschreiten.

(8) Bei Obergurtauflagerungen ist der aufgelagerte Gurt zu mindestens 90 % seiner Höhe durch die Nagelplatte des auflagernahen Knotens abzudecken, falls kein genauerer Nachweis erfolgt. Das Auflager soll unmittelbar am Knoten liegen. Es sind die erforderlichen Spannungsnachweise im Stab zwischen Auflager und Knoten zu führen. Eine Abminderung der Querkraft nach 10.2.9 (3) darf bei Obergurtauflagerung nicht in Ansatz gebracht werden.

(9) Sämtliche Verbindungen sind mindestens für eine kurzzeitig wirkende Kraft mit dem Bemessungswert F_d zu bemessen, die in jeder Richtung in der Tragwerksebene angreifen kann. Für F_d darf die folgende Zahlenwertgleichung verwendet werden:

$$F_d = 1,0 + 0,1 \cdot \ell \quad \text{kN} \quad (239)$$

Dabei ist

ℓ Gesamtlänge des Bauteils in m.

(10) Wird eine Kraftübertragung durch Kontakt in Rechnung gestellt, so sind die Druckstöße und Druckanschlüsse passgenau auszuführen. Der Spalt zwischen den Hölzern darf im Gebrauchszustand im Mittel nicht mehr als 1 mm betragen.

13.2.2 Bemessung der Nagelplatten

(1) Form, Materialkennwerte und Rechenwerte für die Nachweise der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit sind der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für die Nagelplatte zu entnehmen.

(2) Die Geometrie einer Nagelplatte ist in Bild 48 angegeben.

Dabei ist

x -Richtung	Hauptrichtung der Nagelplatte,
y -Richtung	Richtung rechtwinklig zur Hauptrichtung der Nagelplatte,
α	Winkel zwischen x -Richtung und der Kraftrichtung,
β	Winkel zwischen Faserrichtung des Holzes und der Kraftrichtung,
γ	Winkel zwischen x -Richtung und der Fugenrichtung, $0^\circ \leq \gamma \leq 90^\circ$,
ℓ_s	Länge des durch die Nagelplatten abgedeckten Teiles der Fuge, gemessen in Fugenrichtung; dabei dürfen zug- oder druckbeanspruchte freie Plattenbereiche höchstens mit der Länge $8 \cdot d$, scherbeanspruchte freie Plattenbereiche höchstens mit der Länge $40 \cdot d$ berücksichtigt werden mit d als Blechdicke der Nagelplatte.

(3) Als charakteristische Werte der Nagel- und Plattentragfähigkeiten werden verwendet:

$f_{a,\alpha,\beta}$	Nageltragfähigkeit pro Flächeneinheit in Abhängigkeit von α und β ,
$f_{t,0}$	Plattenzugtragfähigkeit pro Längeneinheit in der x -Richtung ($\alpha = 0^\circ$),
$f_{c,0}$	Plattendrucktragfähigkeit pro Längeneinheit in der x -Richtung ($\alpha = 0^\circ$),
$f_{v,0}$	Plattenschertragfähigkeit pro Längeneinheit in der x -Richtung ($\alpha = 0^\circ$),
$f_{t,90}$	Plattenzugtragfähigkeit pro Längeneinheit in der y -Richtung ($\alpha = 90^\circ$),
$f_{c,90}$	Plattendrucktragfähigkeit pro Längeneinheit in der y -Richtung ($\alpha = 90^\circ$),
$f_{v,90}$	Plattenschertragfähigkeit pro Längeneinheit in der y -Richtung ($\alpha = 90^\circ$).

(4) Bei der Berechnung der Bemessungswerte der Nageltragfähigkeiten ist der Modifikationsbeiwert k_{mod} entsprechend der zur Kombination der Einwirkungen gegebenen Lastdauer- und Nutzungsklassen zu wählen, als Teilsicherheitsbeiwert ist $\gamma_M = 1,3$ anzunehmen. Für die Bemessungswerte der Plattentragfähigkeiten darf $\gamma_M = 1,25$ angenommen werden.

(5) Anschlusssexzentritäten sind bei der Bemessung der Nagelplatten zu berücksichtigen.

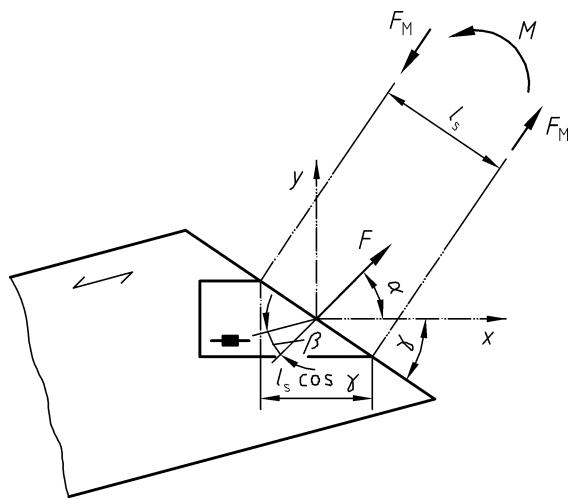


Bild 48 — Geometrie einer Nagelplattenverbindung, beansprucht durch eine Kraft F und ein Moment M

(6) Die Nagelbelastungen τ_F und τ_M ergeben sich zu:

$$\tau_F = \frac{F_A}{A_{ef}} \quad (240)$$

$$\tau_M = \frac{M_A \cdot r_{max}}{I_p} \quad (241)$$

Dabei ist

F_A auf die Nagelplatte einwirkende Kraft durch den Schwerpunkt der wirksamen Anschlussfläche A_{ef} ,

A_{ef} Anschlussfläche zwischen Nagelplatte und Holz, vermindert um diejenigen Teile der Flächen, die außerhalb der in der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung vorgegebenen Randabstände liegen,

M_A auf die Schwerpunkte der Anschlussteilflächen der Nagelplatte einwirkendes Moment,

I_p polares Flächenmoment zweiten Grades der wirksamen Anschlussfläche,

r_{max} Abstand zwischen dem Schwerpunkt und dem am weitesten von diesem entfernten Punkt der wirksamen Anschlussfläche.

(7) Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein:

$$\frac{\tau_{F,d}}{f_{a,\alpha,\beta,d}} \leq 1 \quad (242)$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} \leq 1 \quad (243)$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} \leq 1 \quad (244)$$

(8) Für jede Schnittlinie einer Nagelplatte sind die Kräfte in den beiden Hauptrichtungen nach folgenden Gleichungen zu bestimmen:

$$F_{x,d} = F_d \cdot \cos \alpha \pm 2 \cdot F_{M,d} \cdot \sin \gamma \quad (245)$$

$$F_{y,d} = F_d \cdot \sin \alpha \pm 2 \cdot F_{M,d} \cdot \cos \gamma \quad (246)$$

Dabei ist

F_d Bemessungswert der Kraft in einer Nagelplatte (d. h. die Hälfte der Gesamtkraft im Stab),

$F_{M,d}$ Bemessungswert der Kraft infolge des Momentes M_d auf eine Nagelplatte (d. h. die Hälfte des Gesamtmoments im Stab, $F_{M,d} = \frac{2 \cdot M_d}{\ell_s}$).

(9) Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\left(\frac{s_{x,d}}{f_{x,d}} \right)^2 + \left(\frac{s_{y,d}}{f_{y,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (247)$$

Dabei ist

$$s_{x,d} = \frac{F_{x,d}}{\ell_s} \quad (248)$$

$$s_{y,d} = \frac{F_{y,d}}{\ell_s} \quad (249)$$

die Bemessungswerte der Beanspruchungen pro Längeneinheit einer Nagelplatte in x - bzw. y -Richtung und die Bemessungswerte der Plattentragfähigkeiten.

$$f_{x,d} = \max \{ f_{n,0,d} \cdot \sin(\gamma - \gamma_0 \cdot \sin(2\gamma)); f_{v,0,d} \cdot |\cos \gamma| \} \quad \text{mit } f_{n,0,d} = f_{t,0,d} \text{ bei Zug in } x\text{-Richtung,} \\ f_{n,0,d} = f_{c,0,d} \text{ bei Druck in } x\text{-Richtung} \quad (250)$$

$$f_{y,d} = \max \{ f_{n,90,d} \cdot |\cos \gamma|; k \cdot f_{v,90,d} \cdot \sin \gamma \} \quad \text{mit } f_{n,90,d} = f_{t,90,d} \text{ bei Zug in } y\text{-Richtung,} \\ f_{n,90,d} = f_{c,90,d} \text{ bei Druck in } y\text{-Richtung} \quad (251)$$

Dabei ist

$$k = \begin{cases} 1 + k_v \cdot \sin(2\gamma) & \text{bei Zug in } x\text{-Richtung} \\ 1 & \text{bei Druck in } x\text{-Richtung} \end{cases} \quad (252)$$

Die Konstanten γ_0 und k_v sind Plattenkennwerte, die der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zu entnehmen sind. Sind diese Kennwerte nicht bekannt, dann sind sie mit dem Wert null in Rechnung zu stellen.

(10) Deckt die Nagelplatte mehrere Fugen ab, dann müssen die Kräfte in jedem geraden Fugenteil so bestimmt werden, dass das Gleichgewicht eingehalten ist und die Bedingung der Gleichung (247) in jeder geraden Fuge erfüllt wird. Alle maßgeblichen Schnitte sind zu überprüfen.

13.2.3 Transport- und Montagezustände

(1) Transport- und Montagezustände sind nachzuweisen. Für die Ermittlung der Bemessungswerte der Bauteilwiderstände darf dabei die Klasse der Lasteinwirkungsdauer „sehr kurz“ (siehe Tabelle 3, Zeile 6) zugrunde gelegt werden. Die Nachweise dürfen als erfüllt angesehen werden, wenn die Anforderungen nach den Absätzen (2) bis (6) eingehalten sind.

(2) Die Holzdicke der Stäbe beträgt mindestens

$$b = \frac{1,8 \cdot \ell^2}{f_{m,k}} \quad \text{mm} \quad (253)$$

Dabei ist

ℓ Gesamtlänge des Trägers in m,

$f_{m,k}$ charakteristischer Wert der Biegefestigkeit des Holzes in N/mm².

(3) Die Plattenbeanspruchungen von Firstknoten und von Stößen der Ober- und Untergurte sind mit den Bemessungswerten der Plattentragfähigkeit in Richtung der Plattenhauptachse für eine Mindestkraft F_d zu bemessen, soweit nicht Gleichung (239) maßgebend wird:

$$F_{x,d} = 0,4 \cdot h \cdot \ell^2 \quad \text{N} \quad (254)$$

Dabei ist

h Gurthöhe in mm,

ℓ Gesamtlänge des Trägers in m.

(4) Die Nagelbelastung ist mit den Bemessungswerten der Nageltragfähigkeit für eine Mindestkraft $F_{x,d}$ nach Gleichung (254) nachzuweisen. Zusätzlich ist eine Querkraft V_d rechtwinklig zur Binderebene von

$$V_d = 2,5 \cdot b \cdot h \cdot \ell \cdot 10^{-3} \quad \text{N} \quad (255)$$

zu berücksichtigen.

Dabei ist

b und h Querschnittsmaße des Gurtes in mm,

ℓ Gesamtlänge des Trägers in m.

(5) Für die gleichzeitige Beanspruchung der Nägel auf Abscheren und Herausziehen ist folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{\tau_{F,d}}{f_{a,0,\beta,d}} + \frac{s_{ax,d}}{f_{ax,d}} \leq 1 \quad (256)$$

Dabei ist

$\tau_{F,d}$ Bemessungswert der Einwirkung mit $F_{x,d}$ nach Gleichung (254),

$f_{a,0,\beta,d}$ Bemessungswert des Widerstandes auf Abscheren,

$s_{ax,d}$ Bemessungswert der Einwirkung mit V_d nach Gleichung (255), $s_{ax,d} = V_d / \ell_s$,

$f_{ax,d}$ Bemessungswert des Widerstandes gegen Herausziehen.

(6) Die charakteristischen Werte der Widerstände sind der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung der verwendeten Nagelplatten zu entnehmen.

13.3 Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart

13.3.1 Allgemeines

(1) Dübel besonderer Bauart sind in DIN EN 912:2001-02 genormt.

(2) Ringdübel (Typ A) sind zweiseitige Dübel besonderer Bauart, die als geschlossener Ring oder als Ring mit einem Spalt an einer Stelle des Umfanges ausgebildet sind.

(3) Scheibendübel (Typ B) sind einseitige Dübel besonderer Bauart, die aus einer Kreisscheibe mit einem Flansch entlang des Umfanges auf einer Seite der Scheibe bestehen.

(4) Scheibendübel mit Zähnen (Typ C) sind Dübel besonderer Bauart, die aus einer Scheibe mit dreieckförmigen Zähnen entlang des Scheibenrandes oder mit kegelförmigen Dornen auf der Scheibe bestehen; ein mit Zähnen oder Dornen versehener Scheibendübel kann zweiseitig oder einseitig sein.

(5) Zu den gebräuchlichen Dübeln besonderer Bauart gehören die Ringdübel des Typs A1 nach Bild G.1 und Tabelle G.14, die Scheibendübel des Typs B1 nach Bild G.2 und Tabelle G.15, die Scheibendübel mit Zähnen der Typen C1 bis C5 nach Bild G.3 bis Bild G.7 und Tabelle G.16 bis Tabelle G.20 sowie die Scheibendübel mit Dornen der Typen C10 und C11 nach Bild G.8 und Bild G.9 und Tabelle G.21 und Tabelle G.22.

(6) Ein zweiseitiger Dübel besonderer Bauart ist in beide Kontaktflächen von zwei nebeneinander liegenden Holzteilen gleich tief eingepresst/eingelassen. Ein einseitiger Dübel besonderer Bauart ist nur mit einer Seite in eine Holzfläche eingepresst/eingelassen.

(7) Dübel besonderer Bauart dürfen nur für die Verbindung von Vollholz nach 7.2, Brettschichtholz nach 7.3, Balkenschichtholz nach 7.4 sowie Furnierschichtholz ohne Querlagen nach 7.5 und mit charakteristischer Rohdichte $\rho_k < 500 \text{ kg/m}^3$, für die Verbindung von Laubhölzern jedoch nur Ring- und Scheibendübel nach Tabelle G.14 und Tabelle G.15 verwendet werden.

(8) Alle Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart müssen durch in der Regel nachziehbare Bolzen aus Stahl zusammengehalten werden, wobei jeder Dübel durch einen Bolzen gesichert sein muss (siehe Bild 49). Bei Verbindungen mit Dübeln durchmessern bzw. -seitenlängen $\geq 130 \text{ mm}$ sind, wenn zwei oder mehr Dübel in Kraftrichtung hintereinander angeordnet sind, an den Enden der Außenhölzer oder -laschen zusätzliche Bolzen als Klemmbolzen anzubringen (siehe Bild 49). Diese Klemmbolzen sind gleichzeitig ausziehfeste Verbindungsmittel nach 11.1.2 (2) (siehe Bild 31 unten). Alle Bolzen sind so anzuziehen, dass die Scheiben vollflächig am Holz anliegen. Bei Ringdübeln und zweiseitigen Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen dürfen an Stelle der Bolzen auch Gewindestangen oder Holzschrauben entsprechenden Durchmessers verwendet werden, bei einseitigen Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen jedoch nur dann, wenn die Verschiebungsmoduln nach Tabelle G.1, Zeilen 7 und 8, um 30 % abgemindert werden.

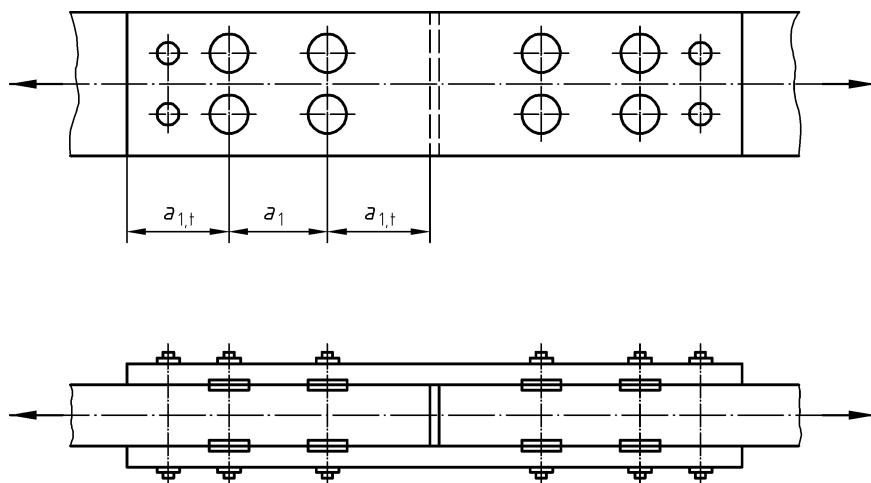


Bild 49 — Anordnung der Bolzen bei Dübelverbindungen

(9) Bolzen und Klemmbolzen von Dübelverbindungen sind nachzuziehen, wenn mit einem erheblichen Schwinden des Holzes gerechnet werden muss. Sie müssen hierzu genügend Gewindelänge aufweisen und bis zur Beendigung des Schwindens zugänglich bleiben. Auf ein Nachziehen darf dann verzichtet werden, wenn beim Einbau die Holzfeuchte nicht mehr als fünf Prozentpunkte über der zu erwartenden mittleren Ausgleichsfeuchte liegt.

(10) Als eine Verbindungseinheit werden bezeichnet:

- ein Dübel (Typ A1, C1, C3, C5 oder C10) in einer Holz-Holz-Verbindung zusammen mit dem zugehörigen Bolzen,
- ein Dübel (Typ B1, C2, C4 oder C11) in einer Stahlblech-Holz-Verbindung zusammen mit dem zugehörigen Bolzen,
- zwei Dübel, (Typ C2/C2, C4/C4 oder C11/C11), die Rückseite an Rückseite angeordnet werden, in einer Holz-Holz-Verbindung zusammen mit dem zugehörigen Bolzen,

Beim Ersatz der Bolzen durch andere Verbindungsmittel gelten diese Definitionen sinngemäß.

(11) Bei Ringdübeln mit Dübelndurchmessern $d_c \leq 95$ mm und bei zweiseitigen Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen mit Dübelndurchmessern $d_c \leq 117$ mm dürfen für den Anschluss von Bauteilen aus Holz an Brettschichtholz die Werte für die charakteristischen Tragfähigkeiten auch dann in Rechnung gestellt werden, wenn die Bolzen durch Sondernägel oder Holzschrauben ersetzt werden. Das gilt auch bei Scheibendübeln des Typs B1 und einseitigen Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen entsprechender Dübelndurchmesser für den Anschluss von Stahlteilen an Brettschichtholz. Der charakteristische Wert des Ausziehwiderstandes $R_{ax,k}$ der Sondernägel oder Holzschrauben muss mindestens das 0,25fache der charakteristischen Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit betragen. Bei Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen darf dabei jedoch der Anteil $R_{b,0,d}$ bzw. $R_{b,\alpha,d}$ in der Gleichung (269) bzw. (270) nicht in Rechnung gestellt werden.

(12) Bei der Ermittlung von Querschnittsschwächungen durch Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart sind die in Tabelle 16 angegebenen Dübelfehlflächen ΔA 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 16 — Dübelfehlflächen

Dübeltyp	Dübeldurchmesser d_c mm	Rechenwert für die Dübelfehlfläche ΔA mm ²
A1 und B1	65	980
	80	1 200
	95	1 430
	126	1 890
	128	2 880
	160	3 600
	190	4 280
C1 und C2	50	170
	62	300
	75	420
	95	670
	117	1 000
	140	1 240
	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
	130 (Seitenlänge)	690
C10	50	460
	65	590
	80	750
	95	900
	115	1 040
C11	50	540
	65	710
	80	870
	95	1 070
	115	1 240

13.3.2 Verbindungen mit Ring- und Scheibendübeln

(1) Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Absatz (2) für Verbindungen zwischen Bauteilen aus Holz gilt unter den folgenden Voraussetzungen:

- der Winkel α zwischen Kraft- und Faserrichtung des Holzes beträgt 0° ,
- der Endabstand $a_{1,t}$ des DüBELS vom belasteten Holzende in Faserrichtung beträgt mindestens $2 \cdot d_c$,
- der Randabstand $a_{2,t(c)}$ des DüBELS vom Holzrand rechtwinklig zur Faserrichtung beträgt mindestens $0,6 \cdot d_c$,
- die Dicke t_1 des Seitenholzes beträgt mindestens $3 \cdot h_e$,
- die Dicke t_2 des Mittelholzes (bei zwei- und mehrschnittigen Verbindungen) beträgt mindestens $5 \cdot h_e$,
- die charakteristische Rohdichte ρ_k der miteinander verbundenen Bauteile beträgt mindestens 350 kg/m^3 .

Dabei ist

d_c Dübeldurchmesser,

h_e Einlasstiefe des Dübels im Holz.

(2) Werden alle Bedingungen nach Absatz (1) erfüllt, dann darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit angenommen werden zu:

$$R_{c,0,k} = \min \{ 35 \cdot d_c^{1,5} ; 31,5 \cdot d_c \cdot h_e \} \quad N \quad (257)$$

mit d_c und h_e in mm.

(3) Für die Bolzen nach 13.3.1 (8) sind zusätzlich die Bedingungen der Tabelle 17 einzuhalten.

(4) Unter dem Kopf und der Mutter der Bolzen sind Unterlegscheiben mit einer Seitenlänge oder einem Durchmesser von mindestens $3 \cdot d_b$ und einer Dicke von mindestens $0,3 \cdot d_b$ zu verwenden. Die Unterlegscheiben müssen vollflächig anliegen.

(5) Ist der Winkel α zwischen Kraft- und Faserrichtung des Holzes $> 0^\circ$, dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (257) mit dem Beiwert k_α abzumindern:

$$R_{c,\alpha,k} = k_\alpha \cdot R_{c,0,k} \quad (258)$$

mit

$$k_\alpha = \frac{1}{(1,3 + 0,001 \cdot d_c) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (259)$$

mit d_c in mm.

(6) Ist der charakteristische Wert der Rohdichte ρ_k eines der verbundenen Bauteile kleiner als 350 kg/m^3 , dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (257) mit dem Faktor $\rho_k/350$ zu mindern.

(7) Ist der charakteristische Wert der Rohdichte ρ_k der verbundenen Bauteile größer als 350 kg/m^3 , dann darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (257) mit dem Beiwert k_ρ vergrößert werden:

$$k_\rho = \min \left\{ 1,75; \frac{\rho_k}{350} \right\} \quad (260)$$

Dabei ist ρ_k der kleinere Wert der charakteristischen Rohdichten der beiden durch die Verbindungseinheit verbundenen Bauteile.

Tabelle 17 — Anforderungen an die Bolzendurchmesser d_b in Verbindungen mit Ringdübeln (Typ A) und Scheibendübeln (Typ B)

	1	2	3	4
1	Dübeltyp nach Tabelle G.14 und Tabelle G.15	d_c mm	min d_b mm	max d_b mm
2	A1	≤ 130	12	24
3	A1	> 130	16	24
4	B1		$d_1 - 1$	d_1

d_1 ist der Durchmesser des Mittelloches

(8) Bei Dübelverbindungen mit nur einer Verbindungseinheit in Faserrichtung des Holzes und $\alpha \leq 30^\circ$ darf, wenn der Endabstand $a_{1,t}$ des DüBELS vom belasteten Hirnholzende mehr als $2 \cdot d_c$ beträgt, der charakteristische Wert der Tragfähigkeit der Verbindungseinheit nach Gleichung (257) mit dem Beiwert k_{a1} vergrößert werden.

$$k_{a1} = \min \left\{ 1,25; \frac{a_{1,t}}{2 \cdot d_c} \right\} \quad (261)$$

(9) Ist bei Dübelverbindungen mit $\alpha \leq 30^\circ$ der Endabstand $a_{1,t}$ des DüBELS vom beanspruchten Hirnholzende geringer als $2 \cdot d_c$, dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (257) mit dem Faktor $a_{1,t}/(2 \cdot d_c)$ zu mindern. Endabstände $a_{1,t} < 1,5 \cdot d_c$ sind unzulässig.

(10) Bei Dübelverbindungen mit nur einer Verbindungseinheit in Faserrichtung des Holzes und $\alpha \leq 30^\circ$ darf bei unbeanspruchtem Hirnholzende der erste Wert in Gleichung (257) unbeachtet bleiben.

(11) Weichen die Holzdicken t_1 des Seitenholzes und/oder t_2 des Mittelholzes (bei zwei- und mehrschnittigen Verbindungen) von den Bedingungen nach Absatz (1) ab, dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (257) mit dem Beiwert k_t zu mindern.

$$k_t = \min \left\{ 1; \frac{t_1}{3 \cdot h_e}; \frac{t_2}{5 \cdot h_e} \right\} \quad (262)$$

Holzdicken $t_1 < 2,25 \cdot h_e$ und $t_2 < 3,75 \cdot h_e$ sind unzulässig.

(12) Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit sind wie folgt zu berechnen:

$$R_{c,0(\alpha),d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{c,0(\alpha),k}}{\gamma_M} \quad (263)$$

Dabei ist

k_{mod} Modifikationsbeiwert für das Holz,

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für Holz und Holzwerkstoffe nach Tabelle 1.

(13) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{j,d}$ einer Dübelverbindung mit Ring- und Scheibendübeln ergibt sich aus der Summe der Bemessungswerte der Tragfähigkeiten $R_{c,0(\alpha),d}$ der Verbindungseinheiten. Dabei ist bei Verbindungen mit mehreren in Kraft- und Faserrichtung hintereinander angeordneten Verbindungseinheiten eine wirksame Anzahl $n_{\text{ef}} < n$ zu berücksichtigen:

$$R_{j,d} = n_{\text{ef}} \cdot R_{c,0(\alpha),d} \quad (264)$$

Die wirksame Anzahl n_{ef} der in Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungseinheiten ist wie folgt anzunehmen:

$$n_{\text{ef}} = \left[2 + \left(1 - \frac{n}{20} \right) \cdot (n - 2) \right] \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + n \cdot \frac{\alpha}{90} \quad (265)$$

Dabei bedeutet n die Anzahl der in Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungseinheiten ($n > 2$). Mehr als zehn Verbindungseinheiten hintereinander dürfen nicht in Rechnung gestellt werden.

(14) Die Mindestdübelabstände untereinander und von den Rändern sind in Tabelle 18 angegeben. Für die Bezeichnungen gilt Bild 41 sinngemäß.

Tabelle 18 — Mindestabstände für Ring- und Scheibendübel

	1	2
1	a_1 parallel zur Faserrichtung	$(1,2 + 0,8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$
2	a_2 rechtwinklig zur Faserrichtung	$1,2 \cdot d_c$
3	$a_{1,t}$ beanspruchtes Hirnholzende	$2 \cdot d_c^a$
4	$a_{1,c}$ unbeanspruchtes Hirnholzende	$\alpha \leq 30^\circ: 1,2 \cdot d_c$ $\alpha > 30^\circ: (0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
5	$a_{2,t}$ beanspruchter Rand	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
6	$a_{2,c}$ unbeanspruchter Rand	$0,6 \cdot d_c$

^a Siehe auch 13.3.2 (9); α ist der Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung

13.3.3 Verbindungen mit Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen

(1) Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Absatz (2) für Verbindungen zwischen Bauteilen aus Holz gilt unter den folgenden Voraussetzungen:

- der Winkel α zwischen Kraft- und Faserrichtung des Holzes beträgt 0° ,
- der Endabstand $a_{1,t}$ des DüBELS vom beanspruchten Holzende in Faserrichtung beträgt bei den Dübeltypen C1, C2 und C5 mindestens $1,5 \cdot d_c$, bei den Dübeltypen C3 und C4 mindestens $1,5 \cdot a_2$ und bei den Dübeltypen C10 und C11 mindestens $2 \cdot d_c$,
- der Randabstand $a_{2,t(c)}$ des DüBELS vom Holzrand rechtwinklig zur Faserrichtung beträgt bei den Dübeltypen C1, C2, C5, C10 und C11 mindestens $0,6 \cdot d_c$ und bei den Dübeltypen C3 und C4 mindestens $0,6 \cdot a_2$,
- die Dicke t_1 des Seitenholzes beträgt mindestens $3 \cdot h_e$,
- die Dicke t_2 des Mittelholzes (bei zwei- und mehrschnittigen Verbindungen) beträgt mindestens $5 \cdot h_e$,
- die charakteristische Rohdichte ρ_k der miteinander verbundenen Bauteile beträgt mindestens 350 kg/m^3 ; sie darf jedoch nicht mehr als 500 kg/m^3 betragen.

Dabei ist

d_c Dübeldurchmesser (für die Dübeltypen C1, C2, C5, C10 und C11),

a_2 größte Seitenlänge (für die Dübeltypen C3 und C4),

h_e Einpresstiefe des DüBELS im Holz.

(2) Werden alle Bedingungen nach Absatz (1) erfüllt, dann darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit mit Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen angenommen werden zu

$$R_{j,0,k} = R_{c,k} + R_{b,0,k} \quad (266)$$

Dabei ist

$$R_{c,k} = \begin{cases} 18 \cdot d_c^{1,5} & \text{N für die Dübeltypen C1 bis C5} \\ 25 \cdot d_c^{1,5} & \text{N für die Dübeltypen C10 bis C11} \end{cases} \quad (267)$$

mit d_c in mm,

$R_{b,0,k}$ charakteristischer Wert der Tragfähigkeit des Bolzens pro Scherfuge für $\alpha = 0^\circ$ (siehe 12.4).

In Gleichung (267) ist bei den Dübeltypen C3 und C4 (siehe Tabelle G.18 und Tabelle G.19) für d_c einzusetzen:

$$d_c = \sqrt{a_1 \cdot a_2} \quad (268)$$

In Gleichung (267) ist beim Dübeltyp C5 (siehe Tabelle G.20) für d_c die Seitenlänge d des DüBELS einzusetzen.

(3) Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit betragen:

$$R_{j,0,d} = R_{c,d} + R_{b,0,d} \quad (269)$$

Hierin ist $R_{c,d}$ aus $R_{c,k}$ nach Gleichung (267) mit dem Teilsicherheitsbeiwert für Holz und Holzwerkstoffe nach Tabelle 1 und dem Modifikationsbeiwert k_{mod} nach Tabelle F.1 zu berechnen.

(4) Ist der Winkel α zwischen Kraft- und Faserrichtung des Holzes $\neq 0^\circ$, dann darf der Bemessungswert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit mit Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen angenommen werden zu:

$$R_{j,\alpha,d} = R_{c,d} + R_{b,\alpha,d} \quad (270)$$

Dabei ist

$$R_{b,\alpha,d} \quad \text{Bemessungswert der Tragfähigkeit des Bolzens für } \alpha \neq 0^\circ.$$

(5) Für die Bolzen nach 13.3.1 (8) sind zusätzlich die Bedingungen der Tabelle 19 einzuhalten.

(6) Unter dem Kopf und der Mutter der Bolzen sind Unterlegscheiben mit einer Seitenlänge oder einem Durchmesser von mindestens $3 \cdot d_b$ und einer Dicke von mindestens $0,3 \cdot d_b$ zu verwenden. Die Unterlegscheiben müssen vollflächig anliegen.

(7) Ist der charakteristische Wert der Rohdichte ρ_k einer der verbundenen Bauteile kleiner als 350 kg/m^3 , dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit $R_{c,k}$ nach Gleichung (267) mit dem Faktor $\rho_k/350$ zu mindern.

(8) Ist der charakteristische Wert der Rohdichte ρ_k der verbundenen Bauteile größer als 350 kg/m^3 , dann darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit $R_{c,k}$ nach Gleichung (267) mit dem Beiwert k_p vergrößert werden:

$$k_p = \rho_k/350 \quad (271)$$

Dabei ist ρ_k der kleinere Wert der charakteristischen Rohdichten der beiden durch die Verbindungseinheit verbundenen Bauteile.

Tabelle 19 — Anforderungen an die Bolzendurchmesser d_b in Verbindungen mit Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen

	1	2	3	4
1	Dübeltyp nach Tabelle G.16 bis Tabelle G.22	d_c mm	min d_b mm	max d_b mm
2	C1	≤ 75	10	d_1
3	C1	≥ 95	10	30
4	C2		$d_1 - 1$	d_1
5	C3		10	d_1
6	C4		$d_1 - 1$	d_1
7	C5		10	30
8	C10		10	30
9	C11		$d_1 - 1$	d_1

(9) Ist bei Dübelverbindungen mit $\alpha \leq 30^\circ$ der Endabstand $a_{1,t}$ des DüBELS vom beanspruchten Holzende bei den Dübeltypen C1, C2 und C5 geringer als $1,5 \cdot d_c$, bei den Dübeltypen C3 und C4 geringer als $1,5 \cdot a_2$ oder bei den Dübeltypen C10 und C11 geringer als $2 \cdot d_c$, dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit $R_{c,k}$ nach Gleichung (267) mit dem Faktor $a_{1,t}/1,5 \cdot d_c$ bzw. $a_{1,t}/1,5 \cdot a_2$ bzw. $a_{1,t}/2 \cdot d_c$ zu mindern. Endabstände $a_{1,t}$ unter 80 mm und unter $7 \cdot d_b$ (mit d_b als Bolzendurchmesser in mm) sowie geringer als $1,1 \cdot d_c$ bei den Dübeltypen C1, C2 und C5, geringer als $1,1 \cdot a_2$ bei den Dübeltypen C3 und C4 sowie geringer als $1,5 \cdot d_c$ bei den Dübeltypen C10 und C11 sind unzulässig.

(10) Weichen die Holzdicken t_1 des Seitenholzes und/oder t_2 des Mittelholzes (bei zwei- und mehrschnittigen Verbindungen) von den Bedingungen nach Absatz (1) ab, dann ist der charakteristische Wert der Tragfähigkeit $R_{c,k}$ nach Gleichung (267) mit dem Faktor k_t nach Gleichung (262) zu mindern. Holzdicken $t_1 < 2,25 \cdot h_e$ und $t_2 < 3,75 \cdot h_e$ sind unzulässig.

(11) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{j,d}$ einer Dübelverbindung mit Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen ergibt sich aus der Summe der Bemessungswerte der Tragfähigkeiten $R_{j,0(\alpha),d}$ der Verbindungseinheiten. Dabei ist bei Verbindungen mit mehreren in Kraft- und Faserrichtung hintereinander angeordneten Verbindungseinheiten eine wirksame Anzahl $n_{ef} < n$ zu berücksichtigen:

$$R_{j,d} = n_{ef} \cdot R_{j,0(\alpha),d} \quad (272)$$

Für die wirksame Anzahl n_{ef} darf der Wert nach Gleichung (265) angenommen werden.

(12) Die Mindestdübelabstände untereinander und von den Rändern sind für die Dübeltypen C1 bis C5 in Tabelle 20 und für die Dübeltypen C10 und C11 in Tabelle 21 angegeben. Für die Bezeichnungen gilt Bild 41 sinngemäß.

Tabelle 20 — Mindestabstände von Scheibendübeln mit Zähnen der Typen C1 bis C5

	1	2
1	a_1 parallel zur Faserrichtung	$(1,2 + 0,3 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$
2	a_2 rechtwinklig zur Faserrichtung	$1,2 \cdot d_c$
3	$a_{1,t}$ beanspruchtes Hirnholzende	$1,5 \cdot d_c^a$
4	$a_{1,c}$ unbeanspruchtes Hirnholzende	$\alpha \leq 30^\circ: 1,2 \cdot d_c$ $\alpha > 30^\circ: (0,9 + 0,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
5	$a_{2,t}$ beanspruchter Rand	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
6	$a_{2,c}$ unbeanspruchter Rand	$0,6 \cdot d_c$

Bei den Dübeltypen C3 und C4 ist für d_c die größte Seitenlänge a_2 des DüBELS, bei Dübeltyp C5 für d_c die Seitenlänge d des DüBELS einzusetzen.

^a Siehe auch 13.3.3 (9); α ist der Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung

Tabelle 21 — Mindestabstände von Scheibendübeln mit Dornen der Typen C10 und C11

	1	2
1	a_1 parallel zur Faserrichtung	$(1,2 + 0,8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$
2	a_2 rechtwinklig zur Faserrichtung	$1,2 \cdot d_c$
3	$a_{1,t}$ beanspruchtes Hirnholzende	$2 \cdot d_c^a$
4	$a_{1,c}$ unbeanspruchtes Hirnholzende	$\alpha \leq 30^\circ: 1,2 \cdot d_c$ $\alpha > 30^\circ: (0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
5	$a_{2,t}$ beanspruchter Rand	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
6	$a_{2,c}$ unbeanspruchter Rand	$0,6 \cdot d_c$

^a siehe auch Abschnitt 13.3.3 (9); α ist der Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung

13.3.4 Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart in Hirnholzflächen

(1) Ringdübel des Typs A1 mit Durchmessern $d_c \leq 126$ mm, Scheibendübel mit Zähnen des Typs C1 mit Durchmessern $d_c \leq 140$ mm sowie Scheibendübel mit 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 50). Zum Zusammenhalten der Verbindung sind die nach Tabelle 17, Zeile 2 und Tabelle 19, Zeilen 2, 3 und 8 zu den jeweiligen Dübeln besonderer Bauart gehörenden Bolzendurchmesser zu verwenden. Das Vollholz muss bei Herstellung der Verbindung eine Feuchte unterhalb 20 % besitzen.

(2) Die Lagesicherung wird durch Bolzen über zugehörige Unterlegscheiben nach Tabelle G.13 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 22 angegebenen Mindestwerte nicht unterschreiten. Die Dübel besonderer Bauart sind mittig in die Hirnholzflächen der anzuschließenden Träger (Nebenträger) unter Beachtung der in Tabelle 22 angegebenen Mindestwerte für die Randabstände und die Abstände untereinander einzubauen.

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

$$R_{c,H,k} = \frac{k_H}{(1,3 + 0,001 \cdot d_c)} \cdot R_{c,0,k} \quad (273)$$

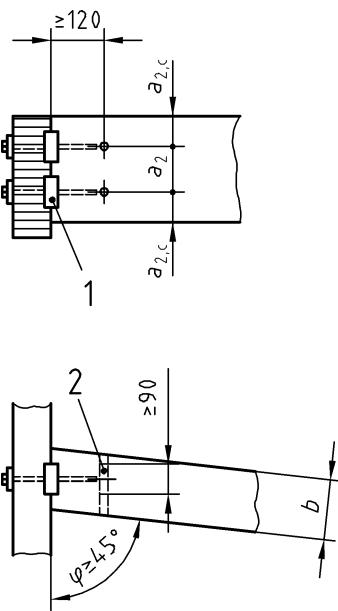
Dabei ist

$R_{c,0,k}$ charakteristischer Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach Gleichung (257),

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 13.3.4 (1)
- 2 Rundstahl Ø 24 — 40 mm

Bild 50 — Ausbildung eines Hirnholzanschlusses mit Dübeln besonderer Bauart

- (5) Der Beiwert k_H in Gleichung (273) darf angenommen werden zu:

$k_H = 0,65$ bei einem oder zwei Dübeln hintereinander,

$k_H = 0,80$ bei drei, vier oder fünf Dübeln hintereinander.

- (6) Hirnholzanschlüsse mit charakteristischen Rohdichten der zu verbindenden Bauteile unter 350 kg/m^3 sowie eine Vergrößerung des charakteristischen Wertes der Tragfähigkeit mit k_p nach Gleichung (260) sind unzulässig.

- (7) Beträgt die charakteristische Rohdichte der miteinander verbundenen Bauteile mindestens 350 kg/m^3 , jedoch nicht mehr als 500 kg/m^3 , dann darf für Scheibendübel mit Zähnen des Typs C1 und Scheibendübel mit Dornen des Typs C10 der charakteristische Wert $R_{c,H,k}$ der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit in einem Hirnholzanschluss angenommen werden zu:

$$R_{c,H,k} = 14 \cdot d_c^{1,5} + 0,8 \cdot R_{b,90,k} \quad (274)$$

Dabei ist

$R_{b,90,k}$ charakteristische Tragfähigkeit des verwendeten Bolzens oder der Gewindestange nach Gleichung (199) mit der charakteristischen Lochleibungsfestigkeit $f_{h,1,k}$ nach Gleichung (202) für $\alpha = 90^\circ$.

(8) Die Bemessungswerte der Tragfähigkeiten von Hirnholzanschlüssen mit Dübeln besonderer Bauart betragen:

$$R_{c,H,d} = n_c \cdot \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_{c,H,k}}{\gamma_M} \quad (275)$$

Dabei ist

$R_{c,H,k}$ charakteristischer Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach der Gleichung (273) bzw. (274),

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

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für Holz und Holzwerkstoffe nach Tabelle 1.

Tabelle 22 — 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	Mindestrandabstand $a_{2,c}$ 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

14 Klebungen

14.1 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 Anhang A). Für geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz gilt zusätzlich Anhang B.

(3) Der Klebstoff darf als geeignet angesehen werden, wenn es sich bei dem Klebstoff um ein geregeltes Bauprodukt nach DIN EN 301:1992-08 und DIN 68141 handelt. 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 14.2 bis 14.7 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° betragen.

(7) Bei Verbindungen nach 14.2, 14.4, 14.5 und 14.6 gelten die Anforderungen an die Dicken der Klebfugen nach DIN EN 302-1:1992-08. Die Klebfugen zwischen den Einzelquerschnitten von Verbundbauteilen nach 14.7 dürfen eine Dicke bis zu 2 mm haben.

(8) Die Raumtemperatur beim Kleben und Aushärten muss mindestens 20 °C betragen. Die Temperatur der Baustoffe muss mindestens 18 °C betragen.

(9) Bei flächigen Klebungen ist als Bemessungswert der Scherfestigkeit der Klebfuge der jeweils kleinere Bemessungswert der Schubfestigkeit bzw. der Rollschubfestigkeit der zu verklebenden Bauteile anzunehmen. Dies gilt nicht für den Nachweis der Klebfuge für Verstärkungen nach 11.4.

(10) Bei eingeklebten Stahlstäben sind vor dem Einkleben der Stäbe die Bohrlöcher zu reinigen. Ist der Bohrlochdurchmesser 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.

14.2 Schraubenpressklebung

(1) Beim Aufkleben von Brettlamellen aus Vollholz bis zu einer Dicke von 35 mm und Holzwerkstoffplatten nach 14.1 (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.

14.3 Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben

14.3.1 Allgemeines

(1) Die Festlegungen gelten für Verbindungen in Bauteilen aus Holz mit eingeklebten Gewindegelenken 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 Gewindegelenken, 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 Gewindegelenken gleichmäßig verteilt sind.

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

14.3.2 Beanspruchung rechtwinklig zur Stabachse

(1) Für den Nachweis der Tragfähigkeit auf Abscheren (Beanspruchung rechtwinklig zur Stabachse) gelten die Bestimmungen des Abschnittes 12.2. 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 12.4) sinngemäß.

(3) Die Mindestabstände untereinander und von den Rändern sind in Tabelle 23 (siehe Bild 51) angegeben.

(4) Bei rechtwinklig zur Faserrichtung eingeklebten Stahlstäben dürfen die charakteristischen Werte der Lochleibungsfestigkeit nach 12.3 mit um 25 % erhöhten Werten in Rechnung gestellt werden.

Tabelle 23 — 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) 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.

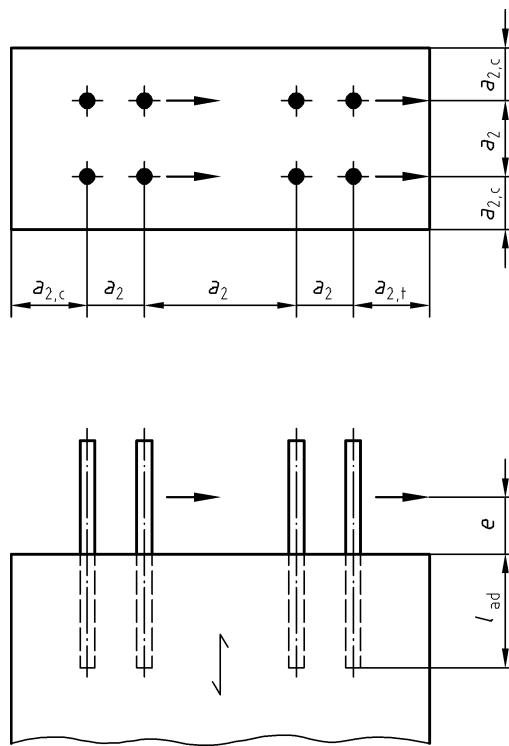


Bild 51 — Definition der Mindestabstände von rechtwinklig zur Stabachse beanspruchten, parallel zur Faserrichtung eingeklebten Stahlstäben

- (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 51), ist dies bei der Ermittlung der Tragfähigkeit der Verbindung zu berücksichtigen.

14.3.3 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 24 (siehe Bild 52) angegeben.

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

$$R_{ax,d} = \min \{f_{y,d} \cdot A_{ef}; \pi \cdot d \cdot \ell_{ad} \cdot f_{k1,d}\} \quad (276)$$

Dabei ist

- $f_{y,d}$ Bemessungswert der Streckgrenze des Stahlstabes,
- A_{ef} Spannungsquerschnitt des Stahlstabes,
- ℓ_{ad} Einkleblänge des Stahlstabes,
- $f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit mit $f_{k1,k}$ nach Tabelle F.23.

Tabelle 24 — 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:

$$\ell_{ad,min} = \max \{0,5 \cdot d^2; 10 \cdot d\} \quad (277)$$

Dabei ist

- d Nenndurchmesser des Stahlstabes in mm.

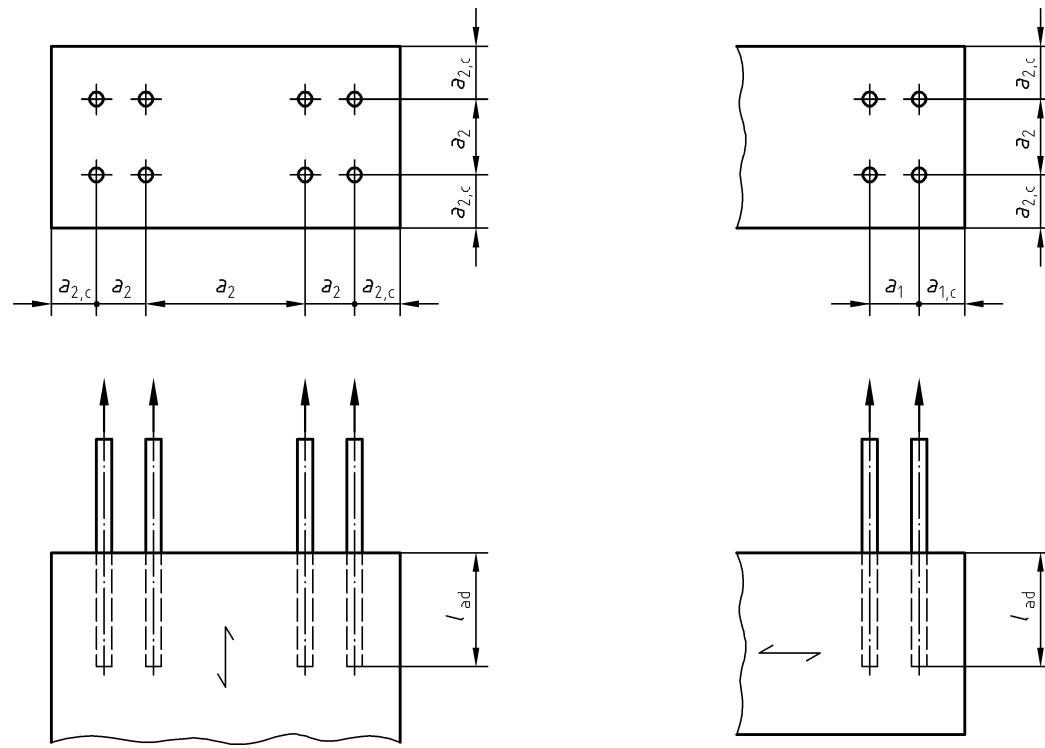


Bild 52 — Definition der Mindestabstände von in Stabachse beanspruchten eingeklebten Stahlstäben

(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 Querzugsspannungen im Bauteil nach 11.1.5 nachzuweisen. Anstelle von k_r nach Gleichung (142) darf angenommen werden:

$$k_r = \frac{h}{h_1} \quad (278)$$

Dabei ist

h Höhe des Bauteiles,

h_1 Abstand des Endes des Stahlstabes vom unbeanspruchten Bauteilrand ($h_1 = h - l_{ad}$).

14.3.4 Kombinierte Beanspruchung

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

$$\left(\frac{F_{\ell a,d}}{R_{\ell a,d}} \right)^2 + \left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (279)$$

14.4 Geklebte Tafelemente

- (1) Die Feuchte der Holzrippen darf höchstens 15 %, die Feuchtedifferenz der einzelnen Hölzer höchstens 4 % betragen.
- (2) Die Dickendifferenz der Holzrippen darf höchstens 1 mm betragen.
- (3) Der Pressdruck beim Verkleben muss mindestens $0,6 \text{ N/mm}^2$ und darf höchstens $0,8 \text{ N/mm}^2$ betragen.

14.5 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 53), muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,\alpha,d}} \cdot \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \right) \leq 1 \quad (280)$$

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

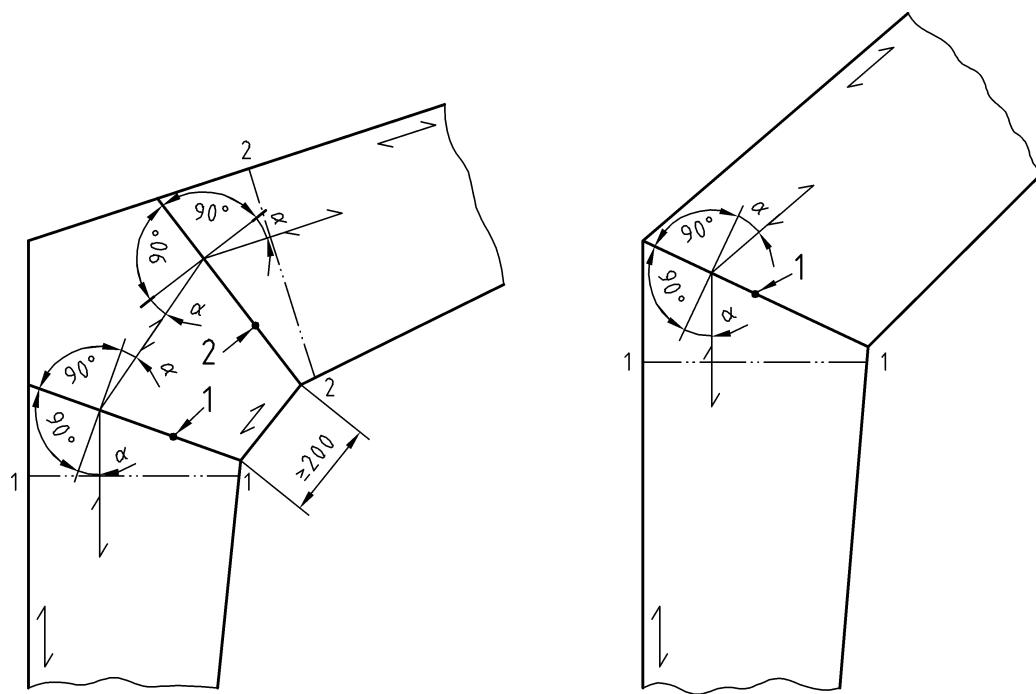
Dabei ist

$f_{c,\alpha,d}$ Druckfestigkeit unter dem Winkel α nach Gleichung (284),

k_c Knickbeiwert nach Gleichung (64).

Die Spannungen $\sigma_{c,0}$ und σ_m sind mit den Schnittgrößen an den Stellen 1 und 2 (siehe Bild 53) und mit Querschnitten rechtwinklig zur Faserrichtung unmittelbar neben der Universal-Keilzinkenverbindung zu ermitteln (siehe Schnitte 1-1 und 2-2 in Bild 53).

Maße in Millimeter

**Legende**

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

Bild 53 — 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.

14.6 Schäftsverbindungen

- (1) Schäftsverbindungen sind faserparallele Stoße in Bauteilen aus Holz mit Klebeflächenneigungen 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.

14.7 Verbundbauteile aus Brettschichtholz

- (1) Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz müssen die Anforderungen nach Anhang B erfüllen.

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

(3) Bei gekrümmten geklebten Verbundbauteilen aus Brettschichtholz mit einem Krümmungsradius R der Einzelbauteile von $R \leq 1\,000 \cdot a$ (a = Dicke des Einzelbauteils) sind die Biegespannungen infolge äußerer Einwirkungen mit denjenigen infolge des Krümmens der Einzelbauteile zu überlagern.

15 Zimmermannsmäßige Verbindungen für Bauteile aus Holz

15.1 Versätze

(1) Bei Versätzen sollte die Einschnitttiefe t_v die Bedingungen

$$t_v \leq \begin{cases} h/4 & \text{für } \gamma \leq 50^\circ \\ h/6 & \text{für } \gamma > 60^\circ \end{cases} \quad (281)$$

erfüllen.

Dabei ist

h Höhe des eingeschnittenen Holzes,

γ Anschlusswinkel.

Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden. Bei zweiseitigem Versatzeinschnitt (siehe Bild 54) 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 10.2.5 darf für die Druckspannungen in der Stirnfläche des Versatzes folgender Nachweis geführt werden:

$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{f_{c,\alpha,d}} \leq 1 \quad (282)$$

Dabei ist

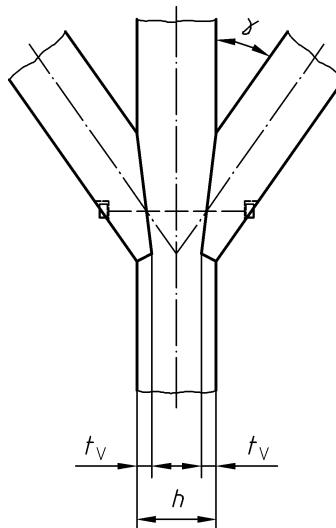
$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{F_{c,\alpha,d}}{A} \quad (283)$$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{v,d}} \sin \alpha \cdot \cos \alpha\right)^2 + \cos^4 \alpha}} \quad (284)$$

und

A Stirnfläche des Versatzes,

α Winkel zwischen Beanspruchungsrichtung und Faserrichtung des Holzes.

**Bild 54 — 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.

15.2 Zapfenverbindungen

(1) Für Träger bis 300 mm Höhe mit Zapfen nach Bild 55 beträgt der charakteristische Wert der Zapfentragfähigkeit

$$R_k = \min \left\{ \frac{2}{3} \cdot b \cdot h_e \cdot k_z \cdot k_v \cdot f_{v,k}; 1,7 \cdot b \cdot \ell_{z,ef} \cdot f_{c,90,k} \right\} \quad (285)$$

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

Dabei ist

k_v Beiwert nach Gleichung (145),

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 $\beta = h_z/h_e$,

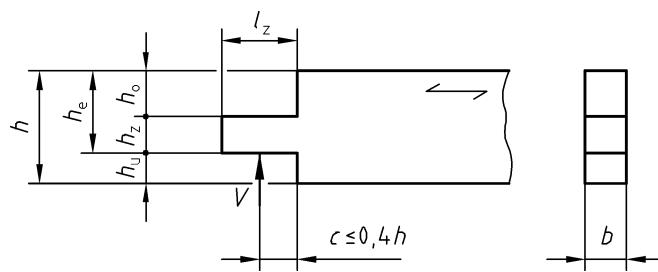
b, h_e, h_z, h, ℓ_z Maße nach Bild 55.

Außerdem gelten die folgenden Mindest- und Höchstmaße:

15 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 55.

Der Zapfen muss über die ganze Länge ℓ_z im Zapfenloch aufliegen.

**Bild 55 — Zapfen**

(2) Die Regelungen über Queranschlüsse (siehe 11.1.5) sind sinngemäß anzuwenden. Hierbei ist $t_{\text{ef}} = \ell_z$ anzunehmen.

15.3 Holznagelverbindungen

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

$$R_k = 9,5 \cdot d^2 \text{ in N} \quad (286)$$

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

(2) Die Gleichung (286) ist für Bauteile aus Holz mit $\rho_k \geq 380 \text{ kg/m}^3$ unabhängig vom Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung gültig.

(3) Die erforderliche Mindestholzdicke t_{req} beträgt $2 \cdot d$. Für geringere Holzdicken t ist der Wert R_k nach Gleichung (286) mit dem kleineren der Verhältniswerte t_1/t_{req} bzw. t_2/t_{req} zu multiplizieren.

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

16 Kennzeichnungen

(1) Vollholz ist mit der Sortierklasse (visuelle Sortierung) bzw. der Festigkeitsklasse (maschinelle Sortierung) sowie dem Zeichen des Sortierwerkes zu kennzeichnen. Darüber hinaus muss bei maschinell sortiertem Schnittholz die Zuordnung zur Sortierung durch eine entsprechende Kennzeichnung sichergestellt sein.

(2) Brettschichtholz ist mit der Festigkeitsklasse sowie dem Zeichen des Herstellwerkes zu kennzeichnen. Darüber hinaus muss die Zuordnung zur Herstellung durch eine entsprechende Kennzeichnung sichergestellt sein.

(3) Bei Brettschichtholz mit anderem Querschnittsaufbau als nach Tabelle F.10, siehe 7.3.1 (3), ist dieser auf dem Bauteil anzugeben.

(4) Balkenschichtholz ist mit der Festigkeitsklasse sowie dem Zeichen des Herstellwerkes zu kennzeichnen. Darüber hinaus muss die Zuordnung zur Herstellung durch eine entsprechende Kennzeichnung sichergestellt sein.

Anhang A

(normativ)

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.

Tabelle A.1 — Bescheinigungen für den Nachweis der Eignung zum Kleben von tragenden Holzbauteilen

	1	2	3
1	Bescheinigung	Qualifikation	Mögliche Zusatzqualifikationen mit gesondertem Nachweis
2	A	<p>Brettschichtholz aller Maße, einschließlich Keilzinkungen von Lamellen für Brettschichtholz sowie</p> <ul style="list-style-type: none"> — Geklebte Holztafeln für Holzhäuser in Tafelbauart — Flächenklebungen für Balkenschichtholz — Eingeklebte Stahlstangen — Aufgeklebte Verstärkungen — Universalkeilzinkverbindungen in Brettschichtholz und Balkenschichtholz — Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz — Schäftsverbindungen 	<ul style="list-style-type: none"> — Keilzinkungen in einteiligen Querschnitten aus Vollholz mit Dicken über 45 mm — Bauprodukte und Bauarten mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung^a

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

	1	2	3
1	Bescheinigung	Qualifikation	Mögliche Zusatzqualifikationen mit gesondertem Nachweis
3	B	<p>Brettschichtholz begrenzter Abmessungen, einschließlich Keilzinkungen von Lamellen für Brettschichtholz</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. gerade Balken und Träger mit Längen bis zu 18 m 2. gekrümmte Balken und Träger mit Stützweiten bis zu 12 m 3. Dreigelenkbinder bis zu 15 m Stützweite 4. Einhüftiger Rahmen mit einer Abwicklungslänge bis 12 m sowie <ul style="list-style-type: none"> — Geklebte Holztafeln für Holzhäuser in Tafelbauart — Flächenklebungen für Balkenschichtholz — Eingeklebte Stahlstäbe — Aufgeklebte Verstärkungen 	<ul style="list-style-type: none"> — Keilzinkungen in einteiligen Querschnitten aus Vollholz mit Dicken über 45 mm — Bauprodukte und Bauarten mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung^a — Universalkeilzinkenverbindungen in Brettschichtholz und Balkenschichtholz — Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz — Schäftsverbindung
4	C	<ul style="list-style-type: none"> — Bauprodukte und Bauarten mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung^a oder — Geklebte Holztafeln für Holzhäuser in Tafelbauart 	<ul style="list-style-type: none"> — Keilzinkungen in Lamellen für Brettschichtholz — Keilzinkungen in einteiligen Querschnitten aus Vollholz mit Dicken über 45 mm — Eingeklebte Stahlstäbe — Aufgeklebte Verstärkungen — Schäftsverbindung

^a Es wird in der Bescheinigung spezifiziert, welche Zulassungen abgedeckt sind.

(3) Bei Eignung des Betriebes stellt die Prüfstelle eine entsprechende zeitlich befristete Bescheinigung aus. Der Inhaber der Bescheinigung hat der Prüfstelle Änderungen der Werkseinrichtungen oder des Klebverfahrens und jeden Wechsel der verantwortlichen Fachkräfte mitzuteilen. Die Bescheinigung wird ungültig, wenn die Voraussetzungen, unter denen sie erteilt wurde, nicht mehr gegeben sind.

(4) Zusatzqualifikationen nach Tabelle A.1 müssen in die Bescheinigung eingetragen sein.

(5) Bauprodukte und Bauarten mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung nach Tabelle A.1 müssen in der Bescheinigung spezifiziert werden.

(6) Die Begrenzung der Bauteilmaße für Brettschichtholz in Bescheinigung B gilt auch für die Zusatzqualifikationen.

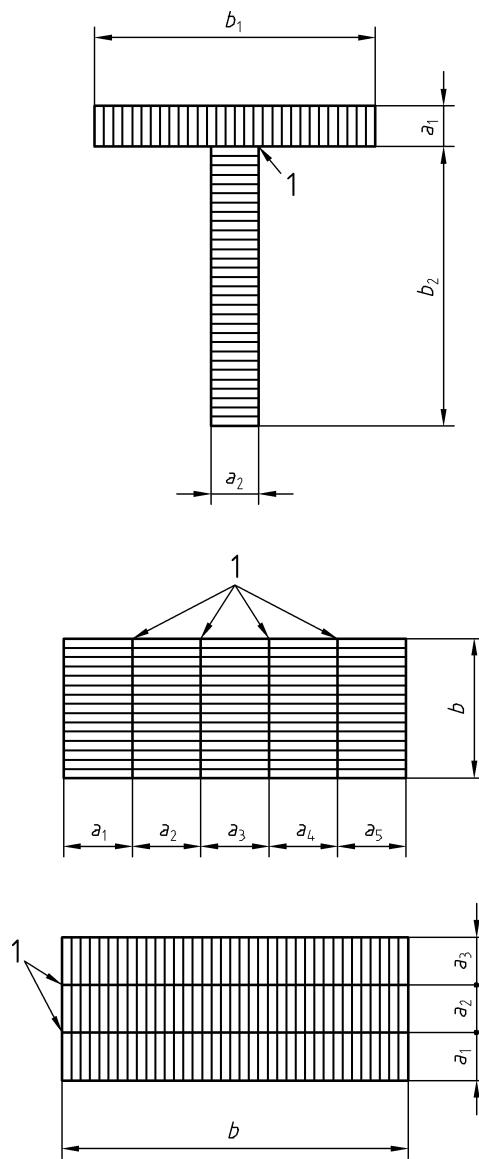
Anhang B (normativ)

Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz

B.1 Allgemeines

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

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



Legende
1 Blockfuge

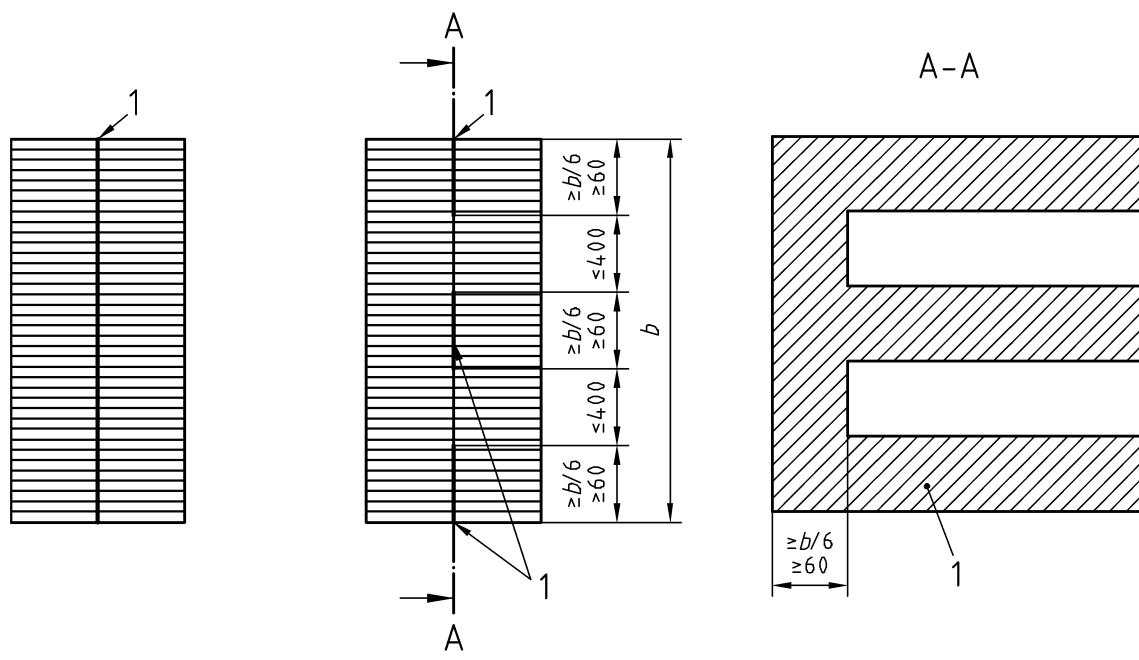
Bild B.1 — Beispiele für mögliche Querschnittsformen von Verbundbauteilen aus Brettschichtholz

B.2 Anforderungen an die Herstellung

- (1) Der Unterschied der durchschnittlichen Holzfeuchten der Einzelbauteile darf höchstens 3 % betragen.
- (2) Die Einzelbauteile dürfen entweder vollflächig über die gesamte Breite oder streifenförmig über Teilbereiche der Breite der Kontaktflächen miteinander verklebt werden (siehe Bild B.2).
- (3) Die Eignung der für die Klebung der Blockfugen verwendeten Klebstoffe muss — unter Beachtung der zulässigen Fugendicke — nachgewiesen sein.
- (4) Das Auftragverfahren des Klebstoffes muss sicherstellen, dass eine ausreichende Klebstoffmenge gleichmäßig auf den Fugenoberflächen verteilt wird.

ANMERKUNG Bei großen Fugenbreiten wird die Anordnung von Entlastungsnuten oder nicht mit Klebstoff benetzten Entlastungsflächen zur Aufnahme von überschüssigem Klebstoff beim Pressvorgang empfohlen.

Maße in Millimeter



a) Vollflächige Verklebung b) streifenförmige Verklebung

Legende

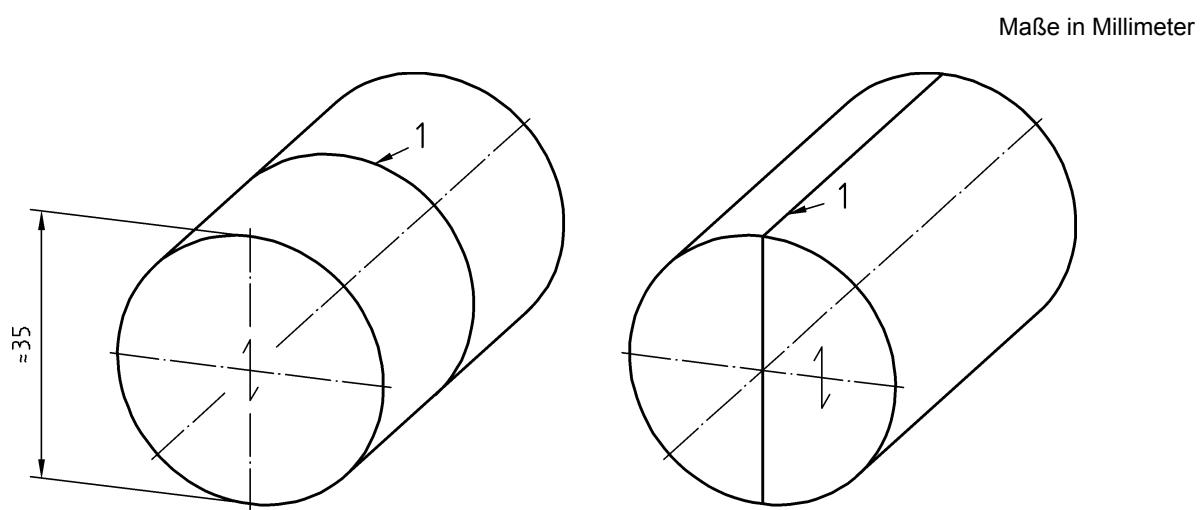
1 Blockfuge

Bild B.2 — Klebung der Blockfugen

- (5) Die Einzelbauteile müssen beim Pressen in ihrer Lage fixiert werden. Der Pressdruck ist der gestalt aufzubringen, dass die Fugen in den vorgesehenen Klebeflächen vollflächig verklebt sind und die für den verwendeten Klebstoff zulässige Fugendicke nicht überschritten wird.
- (6) Die für das Aufbringen des Pressdruckes erforderlichen Vorrichtungen sind für den Pressdruck und erforderlichenfalls zusätzlich für die Rückstellkräfte aus dem Krümmen der Einzelbauteile zu bemessen.

B.3 Werkseigene Produktionskontrolle

- (1) Zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Klebung der Einzelbauteile hat der Hersteller mindestens zwei Bohrkerne pro Bauteil zu entnehmen und zu prüfen.
- (2) Die Bohrkerne müssen der in Bild B.3 dargestellten Form entsprechen. Die Bohrlöcher sind nach der Entnahme der Bohrkerne z. B. durch Verguss mit Epoxydharz dauerhaft dicht zu verschließen.
- (3) Bei nicht gekrümmten Bauteilen und solchen mit einem Krümmungsradius $R \geq 1\,000 \cdot a$ 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 schmäleren 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 392:1996-04 herzustellen und zu prüfen. Die Prüfergebnisse sind nach DIN EN 386:2002-04 zu bewerten.
- (6) Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle sind in einem Prüfbericht zu dokumentieren. Der Prüfbericht muss neben den geforderten Angaben nach DIN EN 392:1996-04 zusätzlich die gemessenen Klebfugendicken enthalten.
- (7) Die Prüfberichte sind mindestens sieben Jahre aufzubewahren.



Legende
1 Blockfuge

Bild B.3 — Geometrie der Bohrkerne

B.4 Fremdüberwachung

- (1) Im Rahmen der Fremdüberwachung dürfen Proben für Stichprobenprüfungen nach Abschnitt B.3, Absätze (2) bis (5) entnommen werden.

Anhang C (normativ)

Eignungsprüfung und Einstufung von stiftförmigen Verbindungsmittern in Tragfähigkeitsklassen

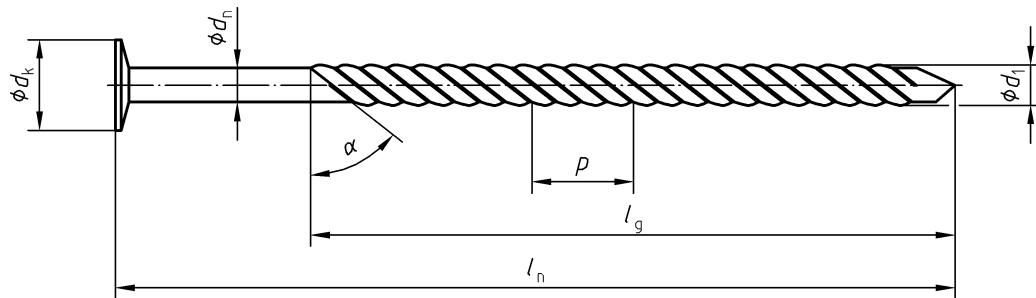
C.1 Nägel

C.1.1 Anwendungsbereich

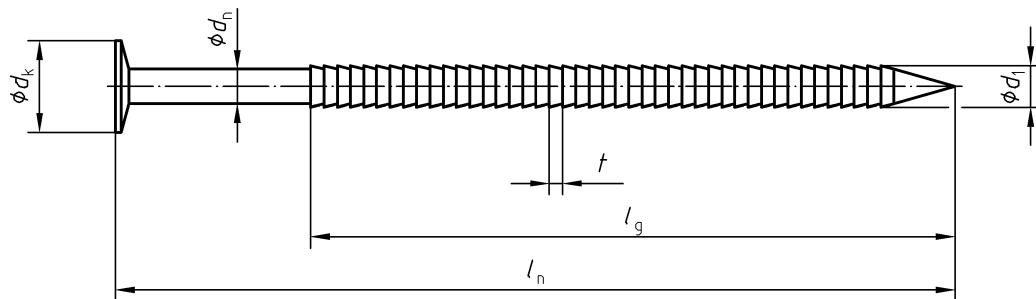
(1) Diese Eignungsprüfung gilt nur für Nägel mit angerolltem Schaft aus Stahl oder anderen metallischen Werkstoffen mit einem Nenndurchmesser $d \leq 8$ mm.

C.1.2 Unterlagen

- (1) Vom Antragsteller sind der Prüfstelle Unterlagen vorzulegen, insbesondere über
- den Werkstoff des Nagelrohdrahtes (z. B. Bezeichnung, Zugfestigkeit, Härte),
 - gegebenenfalls den Korrosionsschutz,
 - die Maße und Abmaße (Werkszeichnung),
 - den Verwendungszweck,
 - eine etwaige Beharzung.
- (2) In der Werkszeichnung sind neben der Form des Nagels einschließlich des Kopfes und der Spitze insbesondere folgende Maße einschließlich deren Abmaße anzugeben (siehe auch Bild C.1):



a) Nagel mit spiralförmig angerolltem Schaft



b) Nagel mit angerolltem Ringschaft

Bild C.1 — Form und Maße von Sondernägeln (schematisch)

d_n Nageldurchmesser,

d_1 Außendurchmesser des angerollten Schafteiles,

d_k Kopfdurchmesser,

l_n Nagellänge,

l_g Länge des angerollten Schafteiles,

α Gewindesteigung bei Nägeln mit spiralförmig angerolltem Schaft,

p Ganghöhe bei Nägeln mit spiralförmig angerolltem Schaft,

t Rillenteilung bei Nägeln mit Ringschaft.

(3) Außerdem sind vom Antragsteller anzugeben:

- Hersteller und Herstellwerke,
- Bezeichnung des Nagels,
- gegebenenfalls Werkzeichen (Herstellerzeichen).

C.1.3 Eignungsprüfung

C.1.3.1 Allgemeines

(1) Folgende Eigenschaften sind unter Berücksichtigung des Verwendungszwecks zu prüfen:

- Werkstoff des Nagelrohdrahtes (Bezeichnung, Zugfestigkeit und Bruchdehnung),
- gegebenenfalls Korrosionsschutz,
- Maße,
- gegebenenfalls Werkzeichen (Herstellerzeichen),
- gegebenenfalls zugehöriger Durchmesser der Löcher in Stahlblechen und Stahlteilen,
- Ausziehwiderstand bei Beanspruchung in Schaftrichtung,
- Fließmoment des angerollten und gegebenenfalls des glatten Schaftbereiches,
- Kopfdurchziehwiderstand,
- bei Nägeln für die Stahlblech-Holz-Nagelung: Zugfestigkeit des Nagels.

C.1.3.2 Werkstoff und Korrosionsschutz

(1) Die Werkstoffeigenschaften und der Korrosionsschutz sind nach den einschlägigen Normen zu prüfen.

C.1.3.3 Ausziehwiderstand bei Beanspruchung in Schaftrichtung

(1) Der Ausziehwiderstand ist nach DIN EN 1382:2000-03 an unbeharzten Nägeln zu ermitteln. Für die Auswahl des Holzes der Prüfkörper ist DIN EN 28970:1991-07 maßgebend. Das Holz oder der Holzwerkstoff ist vor der Herstellung der Prüfkörper im Normalklima 20/65-1 nach DIN 50014 bis zum Erreichen der Ausgleichsfeuchte zu lagern.

(2) Die Nägel werden auf eine Einschlagtiefe von mindestens $8 \cdot d_n$, jedoch höchstens $20 \cdot d_n$ eingeschlagen.

(3) Für jeden Nageldurchmesser sind mindestens 20 Einzelversuche durchzuführen. Dabei beträgt der Winkel zwischen Nagelachse und Faserrichtung des Holzes 90° . Sollen die Nägel für Winkel zwischen Schaftrichtung und Faserrichtung eingesetzt werden, die mehr als 10° von der geprüften Anordnung abweichen, sind für diese Winkel ebenfalls mindestens 20 Einzelversuche durchzuführen. Die Prüfung darf frühestens 24 Stunden nach dem Einschlagen der Nägel erfolgen.

(4) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Nageldurchmesser und jeden Winkel zwischen Nagelachse und Faserrichtung der charakteristische Wert $f_{1,k}$ des Ausziehparameters zu berechnen. Wurden die Hölzer entsprechend Verfahren 2 nach DIN EN 28970:1991-07 ausgewählt, ist die Höchstlast jedes Versuches vor der Ermittlung des charakteristischen Wertes mit dem Wert k_p zu korrigieren.

$$k_p = \frac{\rho_k}{\rho} \quad (C.1)$$

Dabei ist

ρ_k charakteristische Rohdichte der Festigkeitsklasse des Holzes oder Holzwerkstoffes,

ρ Rohdichte des Prüfkörpers.

(5) Als charakteristischer Wert R_k gilt der 5%-Quantilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf wie folgt ermittelt werden:

$$R_k = \mu - k_n \cdot \sigma_x \quad (\text{C.2})$$

Dabei ist

μ Mittelwert,

k_n Beiwert nach Tabelle C.1,

σ_x Standardabweichung, mindestens $0,1 \cdot \mu$,

n Anzahl der Versuchsergebnisse.

Tabelle C.1 — Beiwerte k_n

n	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
k_n	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

C.1.3.4 Fließmoment

(1) Das Fließmoment ist nach DIN EN 409:1993-10 zu ermitteln. Das Fließmoment ist für den profilierten Schaftbereich und gegebenenfalls für den glatten Schaftbereich zu bestimmen.

(2) Für jeden Nageldurchmesser sind mindestens 10 Einzelversuche durchzuführen. Das Fließmoment ist das Biegemoment bei der Höchstlast, die ein Nagel bei der Prüfung aufnehmen kann, oder das Biegemoment bei einer Verformung des Nagels von α nach Gleichung (C.3), wobei jeweils der geringere Wert gilt.

$$\alpha = \min \{45^\circ; 110^\circ/d\} \quad (\text{C.3})$$

Dabei ist

d Nageldurchmesser in mm.

(3) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Nageldurchmesser und gegebenenfalls getrennt für den profilierten und glatten Schaftbereich der charakteristische Wert des Fließmomentes in Nm zu berechnen. Als charakteristischer Wert gilt der 5%-Quantilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (C.2) ermittelt werden.

C.1.3.5 Kopfdurchziehwiderstand

(1) Der Kopfdurchziehwiderstand des Sondernagels ist nach DIN EN 1383:2000-03 zu ermitteln. Für die Auswahl des Holzes der Prüfkörper ist DIN EN 28970:1991-07 maßgebend. Das Holz oder der Holzwerkstoff ist vor der Herstellung der Prüfkörper im Normalklima 20/65-1 nach DIN 50014 bis zum Erreichen der Ausgleichsfeuchte zu lagern.

(2) Für jeden Nageldurchmesser und jede Kopfform sind mindestens 20 Einzelversuche durchzuführen. Als Kopfform gilt auch die Anordnung einer Unterlegscheibe unter dem Nagelkopf.

(3) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Nageldurchmesser und jede Kopfform der charakteristische Wert des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$ zu berechnen. Wurden die Hölzer entsprechend Verfahren 2 nach DIN EN 28970:1991-07 ausgewählt, ist die Höchstlast jedes Versuches vor der Ermittlung des charakteristischen Wertes mit dem Wert k_p nach Gleichung (C.1) zu korrigieren.

(4) Als charakteristischer Wert gilt der 5%-Quantilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (C.2) ermittelt werden.

C.1.3.6 Zugfestigkeit des Nagels

(1) Die Zugfestigkeit des Nagels ist in Anlehnung an Bild 4 in DIN EN 1383:2000-03 zu ermitteln. Anstelle des Holzes oder Holzwerkstoffes ist eine Stahlplatte zu verwenden, die zur Aufnahme des Nagels vorgebohrt ist. Der Bohrlochdurchmesser im Stahlblech muss größer sein als der Außendurchmesser d_1 des profilierten Schafteils. Der Übergang zwischen dem profilierten und dem glatten Schafteil muss sich innerhalb der freien Prüflänge befinden und vom Beginn der Spannbacken der Prüfvorrichtung einen lichten Abstand von mindestens $3 \cdot d_1$ besitzen.

(2) Für jeden Nageldurchmesser sind mindestens 10 Einzelversuche durchzuführen. Die Belastungsgeschwindigkeit ist so zu wählen, dass die Bruchlast innerhalb von $10\text{ s} \pm 5\text{ s}$ erreicht wird. Die Höchstlast ist mit einer Fehlertoleranz von 1 % zu bestimmen.

(3) Aus den Versuchsergebnissen ist der charakteristische Wert der Zugfestigkeit des Nagels in N zu berechnen. Als charakteristischer Wert R_k gilt der 5%-Quantilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (C.2) ermittelt werden.

C.1.4 Bewertung der Prüfergebnisse und Einstufung

C.1.4.1 Allgemeines

(1) Aufgrund der Prüfergebnisse der Eignungsprüfungen ist eine Bewertung der Prüfergebnisse und gegebenenfalls eine Einstufung in Tragfähigkeitsklassen vorzunehmen. Die Ergebnisse der Bewertung und der Einstufung sind in einem den jeweiligen bauaufsichtlichen Regelungen entsprechenden Bericht anzugeben.

C.1.4.2 Ausziehwiderstand bei Beanspruchung in Schaftrichtung

(1) Der charakteristische Wert des Ausziehparameters $f_{1,k}$ nach C.1.3.3 ist für die Einstufung maßgebend, wobei der zur jeweiligen Tragfähigkeitsklasse gehörende Rechenwert nach 12.8.1, Tabelle 14, Spalte 2 mindestens erreicht werden muss.

C.1.4.3 Fließmoment

(1) Der charakteristische Wert des Fließmomentes des Sondernagels ist für jeden geprüften Durchmesser, gegebenenfalls getrennt nach profiliertem und glattem Schaftbereich, auf drei signifikante Stellen anzugeben.

C.1.4.4 Kopfdurchziehwiderstand

(1) Der charakteristische Wert des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$ nach C.1.3.3 ist für die Einstufung maßgebend, wobei der zur jeweiligen Tragfähigkeitsklasse gehörende Rechenwert nach 12.8.1, Tabelle 14, Spalte 4 mindestens erreicht werden muss.

C.1.4.5 Zugfestigkeit des Nagels

(1) Der charakteristische Wert der Zugfestigkeit des Nagels ist für jeden geprüften Durchmesser auf drei signifikante Stellen anzugeben.

C.2 Klemmern

C.2.1 Anwendungsbereich

(1) Diese Eignungsprüfung gilt nur für Klemmern aus Stahl mit einem Nenndurchmesser $1,0 \leq d \leq 2,1$ mm.

C.2.2 Unterlagen

- (1) Vom Antragsteller sind der Prüfstelle Unterlagen vorzulegen, insbesondere über
- den Werkstoff des Klammerrohdrahtes (z. B. Bezeichnung, Zugfestigkeit, Härte),
 - gegebenenfalls den Korrosionsschutz,
 - die Beharzung,
 - die Maße und Abmaße (Werkszeichnung),
 - den Verwendungszweck.

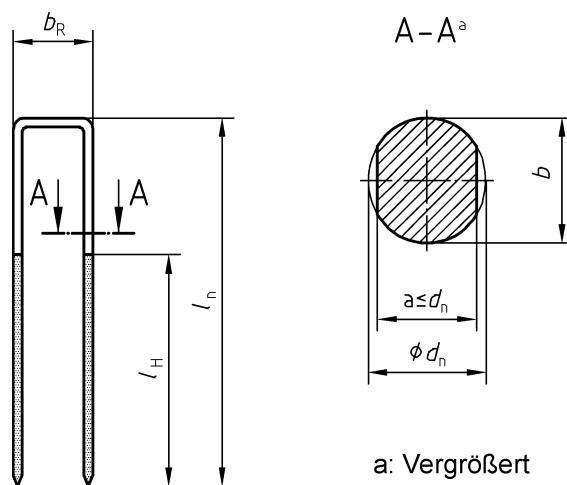


Bild C.2 — Form und Maße von Klemmern (schematisch)

(2) In der Werkszeichnung sind neben der Form der Klammer einschließlich der Spitze insbesondere folgende Maße und deren Abmaße anzugeben (siehe auch Bild C.2):

- | | |
|----------|------------------------------------|
| d_n | Durchmesser des Klammerrohdrahtes, |
| a, b | Querschnittsmaße des Schafteiles, |
| b_r | Rückenbreite, |
| ℓ_n | Schaftlänge, |
| ℓ_H | Länge des beharzten Schafteiles. |

(3) Außerdem sind vom Antragsteller anzugeben:

- Hersteller und Herstellwerke,
- Bezeichnung der Klammer,
- gegebenenfalls Werkzeichen (Herstellerzeichen).

C.2.3 Eignungsprüfung

C.2.3.1 Allgemeines

(1) Folgende Eigenschaften sind unter Berücksichtigung des Verwendungszwecks zu prüfen:

- Bezeichnung, Zugfestigkeit und Bruchdehnung des Klammerrohdrahtes,
- gegebenenfalls Korrosionsschutz,
- Maße,
- gegebenenfalls Werkzeichen (Herstellerzeichen),
- Ausziehwiderstand bei Beanspruchung in Schafrichtung,
- Fließmoment.

C.2.3.2 Werkstoff und Korrosionsschutz

(1) Die Werkstoffeigenschaften und der Korrosionsschutz sind nach den einschlägigen Normen zu prüfen.

C.2.3.3 Ausziehwiderstand bei Beanspruchung in Schafrichtung

(1) Der Ausziehwiderstand ist nach DIN EN 1382:2000-03 zu ermitteln. Für die Auswahl des Holzes der Prüfkörper ist DIN EN 28970:1991-07 maßgebend. Das Holz oder der Holzwerkstoff ist vor der Herstellung der Prüfkörper im Normalklima 20/65-1 nach DIN 50014 bis zum Erreichen der Ausgleichsfeuchte zu lagern.

(2) Die Klammern werden auf eine Einschlagtiefe von mindestens 20 mm bzw. $12 \cdot d_n$, jedoch höchstens $20 \cdot d_n$ eingeschlagen.

(3) Für jeden Rohdrahtdurchmesser sind mindestens 20 Einzelversuche durchzuführen. Dabei beträgt der Winkel zwischen Schaft und Faserrichtung des Holzes 90° . Die Prüfung darf frühestens 24 Stunden nach dem Einschlagen der Klammern erfolgen.

(4) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Klammerdurchmesser der charakteristische Wert $f_{1,k}$ des Ausziehparameters zu berechnen. Wurden die Hölzer entsprechend Verfahren 2 nach DIN EN 28970:1991-07 ausgewählt, ist die Höchstlast jedes Versuches vor der Ermittlung des charakteristischen Wertes mit dem Wert k_p nach Gleichung (C.1) zu korrigieren.

(5) Als charakteristischer Wert gilt der 5%-Quantilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (C.2) ermittelt werden.

C.2.3.4 Fließmoment

- (1) Das Fließmoment ist nach DIN EN 409:1993-10 zu ermitteln.
- (2) Für jeden Klammerdurchmesser sind mindestens 10 Einzelversuche durchzuführen. Das Fließmoment ist das Biegemoment bei der Höchstlast, die ein Klammerschaft bei der Prüfung aufnehmen kann, oder das Biegemoment bei einer Verformung des Klammerschaftes von 45° , wobei jeweils der geringere Wert gilt.
- (3) Aus den Versuchsergebnissen ist für jeden Klammerdurchmesser der charakteristische Wert des Fließmomentes in Nm zu berechnen. Als charakteristischer Wert gilt der 5%-Quantilwert unter der Annahme einer Normalverteilung. Dieser darf nach Gleichung (C.2) ermittelt werden.

C.2.4 Bewertung der Prüfergebnisse

C.2.4.1 Allgemeines

- (1) Aufgrund der Prüfergebnisse der Eignungsprüfungen ist eine Bewertung der Prüfergebnisse vorzunehmen. Die Ergebnisse der Bewertung und der Einstufung sind in einem den jeweiligen bauaufsichtlichen Regelungen entsprechenden Bericht anzugeben.

C.2.4.2 Ausziehwiderstand bei Beanspruchung in Schaftrichtung

- (1) Der auf einen Klammerschaft bezogene charakteristische Wert des Ausziehparameters $f_{1,k}$ nach C.2.3.3 muss mindestens den Wert $f_{1,k} = 40 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$ (mit ρ_k in kg/m^3 und $f_{1,k}$ in N/mm^2) erreichen.

C.2.4.3 Fließmoment

- (1) Der charakteristische Wert des Fließmomentes des Klammerschaftes ist für jeden geprüften Durchmesser auf drei signifikante Stellen anzugeben. Er muss den Wert nach 12.7, Gleichung (232) mindestens erreichen.

Anhang D

(informativ)

Flächen aus Schichten — Steifigkeitswerte und Spannungsberechnung

D.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 Bieglehre 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-Bearbeitung ist nach Tabelle F.5 anzunehmen.
- (5) Für den Elastizitätsmodul, den Schubmodul und die Verbindungsmittelesteifigkeiten sind für den Nachweis der Tragsicherheit die durch den Sicherheitsbeiwert geteilten Mittelwerte zu verwenden.

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

D.2 Flächen aus zusammengeklebten Schichten

D.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 8.9, Bild 16. Für die Schicht i sind die entsprechenden Elastizitäts- und Schubmodulen sowie die Koordinate z_i einzusetzen.
- (5) Grundlage ist die technische Bieglehre mit Berücksichtigung der Schubverformung.

D.2.2 Plattenbeanspruchung

(1) Die Biegesteifigkeiten und die Drillsteifigkeit werden auf eine Breite 1 bezogen (Kraft · Länge²/Länge). z_i ist der Abstand der Mittelfläche der Schicht i von der Mittelfläche des Gesamtquerschnitts. Bei der Spannungsberechnung ist z der Abstand von der Mittelfläche des Gesamtquerschnitts. Für eine Schicht i gilt $z_i - d_i/2 \leq z \leq z_i + d_i/2$. 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:

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

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

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

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

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

(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:

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

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

(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 16).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

D.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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bezeichnungen siehe Bild D.3

D.3 Flächen aus nachgiebig miteinander verbundenen Schichten

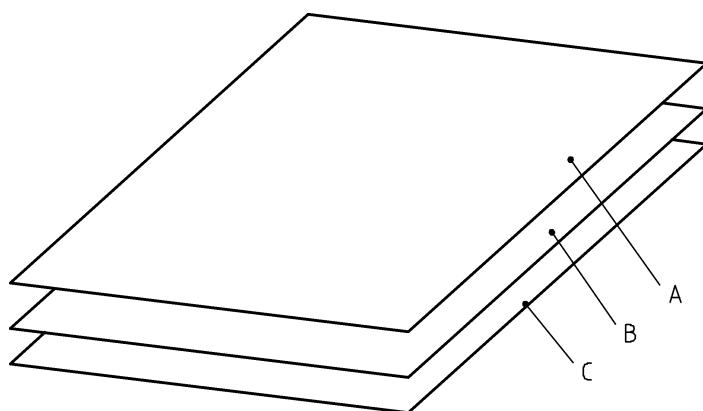
D.3.1 Berechnungsmodell

(1) Die Schichten des Flächentragwerks sind nachgiebig miteinander verbunden. Die Nachgiebigkeit mechanischer Verbindungsmittel ist mit den in Anhang G angegebenen Verschiebungsmoduln zu bestimmen. Der Verschiebungsmodul eines Verbindungsmittels ist mit den Abständen auf die Fläche 1 zu beziehen (Kraft/Länge³). Das Flächentragwerk wird nach Bild D.1 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 D.1 — 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 Querkräften q_x und q_y berechnet.

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

D.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:

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

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

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

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

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

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

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

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

D.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:

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

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

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

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

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

(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 τ_{xz} :

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

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

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

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

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

ANMERKUNG Zur Schubverformung der einzelnen Schichten kommt noch die Verformung infolge Nachgiebigkeit der Verbindungen zwischen den Schichten hinzu. Nach Bild D.2 wird die Verschiebung u aus einem über die Höhe konstanten Schubfluss t ermittelt und daraus die Steifigkeit S berechnet.

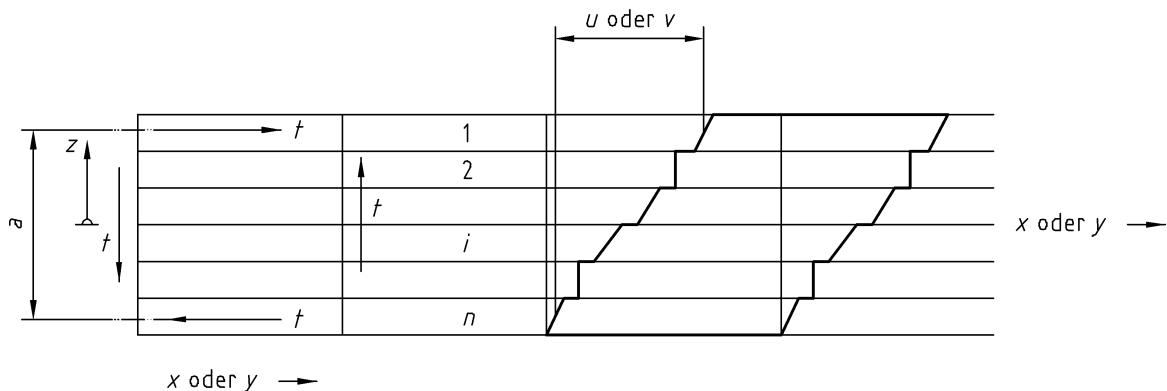


Bild D.2 — Ersatzsteifigkeit S (S_{xz} oder S_{yz}) für nachgiebigen Verbund (Näherung)

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

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

Dabei ist

n Anzahl der Schichten,

k_i Verschiebungsmodul infolge Nachgiebigkeit der Verbindungen zwischen der Schicht i und $i + 1$, (Kraft/Länge³),

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 (D.11) oder (D.16).

D.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:

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

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

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

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

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

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

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

mit

Lamellen in x -Richtung:

$d_{i,x}$ Dicke

b_y Breite

Lamellen in y -Richtung

$d_{i,y}$ Dicke

b_x Breite

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

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

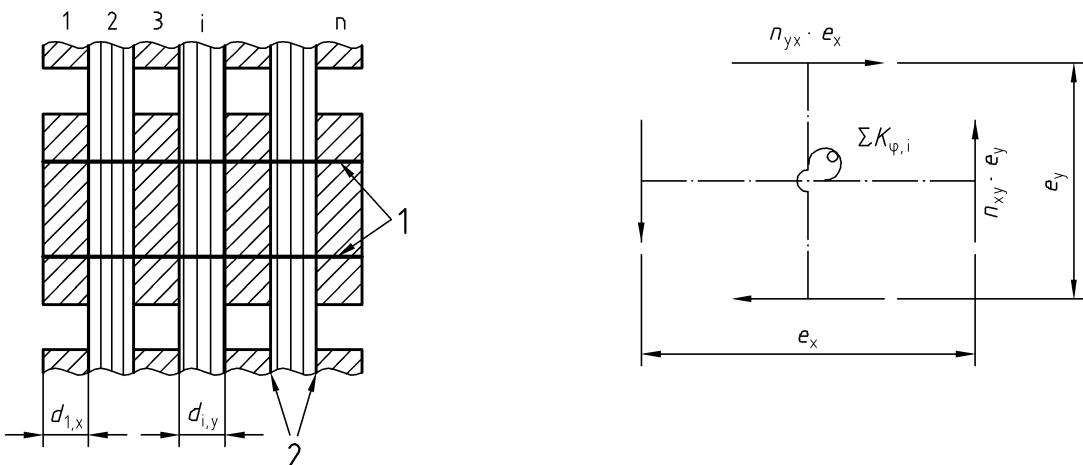
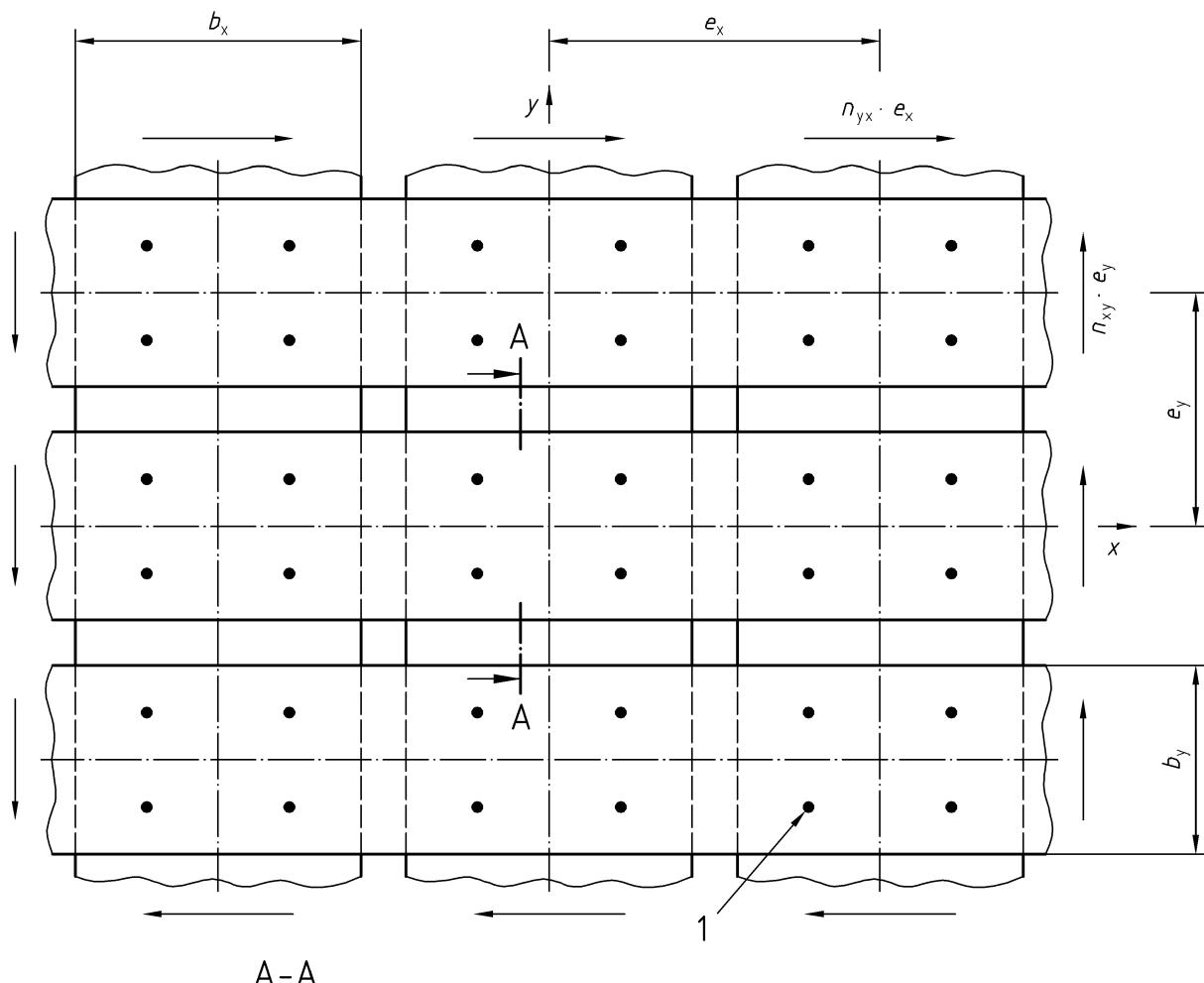
$$\frac{1}{D_{xy}} = \frac{e_x \cdot e_y}{\sum K_{\varphi,i}} + \frac{e_x}{G \cdot d \cdot b_x \cdot \left(\frac{n+1}{2} \right)} + \frac{e_y}{G \cdot d \cdot b_y \cdot \left(\frac{n-1}{2} \right)} \quad (\text{D.48})$$

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

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

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

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



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

Legende

- 1 Befestigungsmittel
- 2 Fuge

Bild D.3 —Ersatzschubfestigkeit D_{xy} (Näherung)

Anhang E (normativ)

Knicklängenbeiwerte und Kipplängenbeiwerte für Nachweise nach dem Ersatzstabverfahren

E.1 Allgemeines

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

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

E.2 Knicklängenbeiwerte (Biegeknicken)

- (1) Die Ersatzstablänge ℓ_{ef} wird mit dem Knicklängenbeiwert β nach Tabelle E.1 berechnet:

$$\ell_{\text{ef}} = \beta \cdot s \quad \text{oder} \quad \ell_{\text{ef}} = \beta \cdot h \quad (\text{E.2})$$

- (2) Bei Berücksichtigung der Schubsteifigkeit S wird die Ersatzstablänge:

$$\ell_{\text{ef}} = \beta \cdot s \cdot \sqrt{1 + \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{(\beta \cdot s)^2 \cdot S}} \quad \text{oder} \quad \ell_{\text{ef}} = \beta \cdot h \cdot \sqrt{1 + \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{(\beta \cdot h)^2 \cdot S}} \quad (\text{E.3})$$

Für den Rechteckquerschnitt ist:

$$S = G \cdot A / 1,2 \quad (\text{E.4})$$

Für den I-Träger ist:

$$S = G_w \cdot b_w \cdot h_{w,\text{ef}} \quad (\text{E.5})$$

Dabei ist

G_w Schubmodul des Steges für Scheibenbeanspruchung,

b_w Gesamtbreite des Steges,

$h_{w,\text{ef}}$ wirksame Höhe des Steges (Schwerpunktsabstand der Gurte).

Tabelle E.1 — Knicklängenbeiwerte β für Stäbe

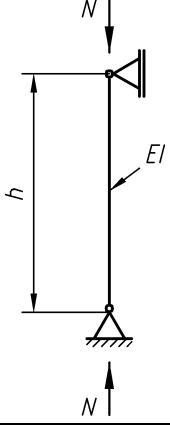
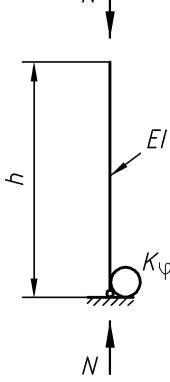
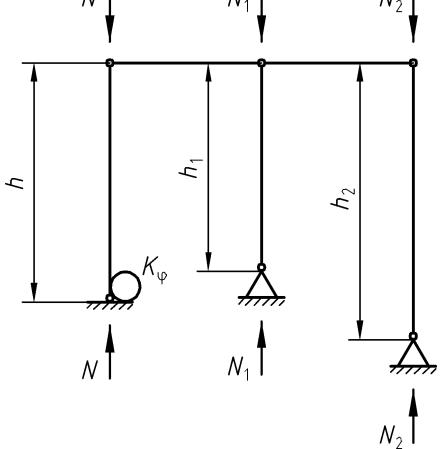
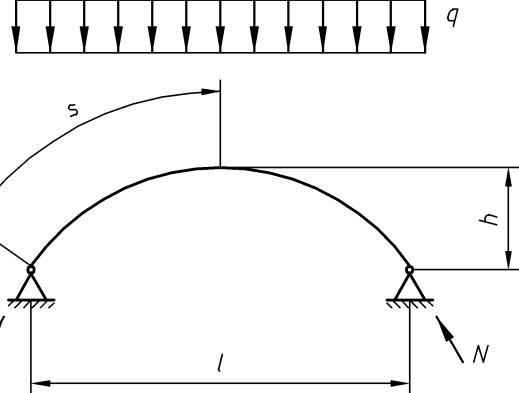
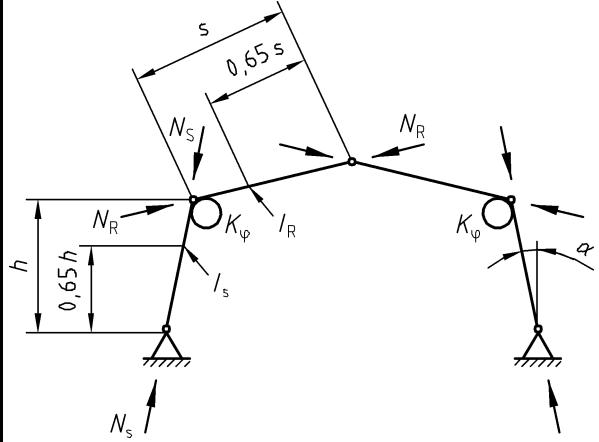
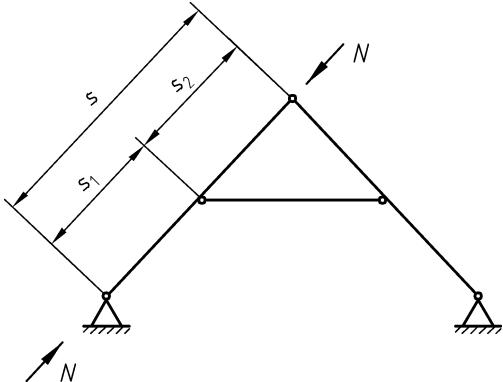
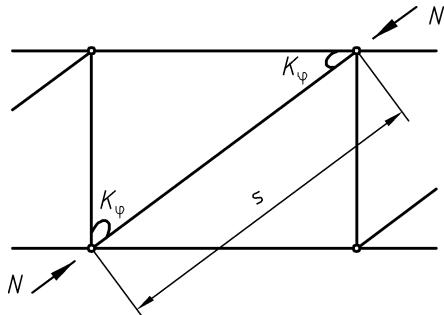
	1 System	2 Knicklängenbeiwert
1		$\beta = 1$
2		$\beta = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{h \cdot K_\phi}}$ <p>K_ϕ: Federkonstante der elastischen Einspannung (Kraft · Länge/Winkel)</p>
3		$\beta = \sqrt{\left(4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{h \cdot K_\phi}\right) \cdot (1 + \alpha)}$ <p>für eingespannte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

Tabelle E.1 (fortgesetzt)

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

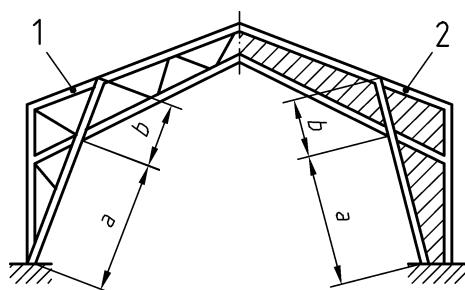
(3) Falls kein genauerer Nachweis geführt wird, ist als Ersatzstablänge der Gurtstäbe für das Knicken in Fachwerkebene die Länge der Systemlinien einzusetzen. Für Füllstäbe gilt Tabelle E.1, Zeile 7, wobei für Anschlüsse mittels Versatz oder durch Dübel besonderer Bauart mit einem Bolzen oder nur durch Bolzen eine gelenkige Lagerung anzunehmen ist.

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

(5) 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 ≤ 15 m,
- Abstand der Aussteifungsverbände ≤ 10 m,
- Breite der Sparren und Gurte $b \geq 40$ mm,
- Höhe der Sparren und Gurte $\leq 4 \cdot b$,
- 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.

(6) Bei Fachwerkrahmen ist für das Knicken aus der Rahmenebene (siehe Bild E.1) für die inneren gedrückten Stäbe der Rahmenstiele als Ersatzstablänge (Knicklänge) der Abstand zwischen dem Fußpunkt und der Unterkante der Dachhaut anzunehmen ($\ell_{ef} = a + b$), 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.



Legende

- 1 Fachwerkrahmen
2 Vollwandrahmen mit I-Querschnitt

Bild E.1 — Knicken von Rahmenstielen aus der Rahmenebene

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

(8) Weitere Knicklängenbeiwerte β dürfen der Fachliteratur entnommen werden.

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

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

Dabei ist

h Querschnittshöhe des an die Feder angeschlossenen Stabes,

k_c Knickbeiwert nach 10.3.1, Gleichung (64) des an die Feder angeschlossenen Stabes.

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

E.3 Kipplängenbeiwerte (Biegendrillknicken, Kippen)

(1) Die Ersatzstablänge ℓ_{ef} wird mit den Kipplängenbeiwerten a_1 und a_2 nach Tabelle E.2 berechnet:

$$\ell_{ef} = \frac{\ell}{a_1 \cdot \left[1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{\ell} \cdot \sqrt{\frac{B}{T}} \right]} \quad (\text{E.7})$$

Dabei ist

ℓ Länge des Trägers,

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

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

9

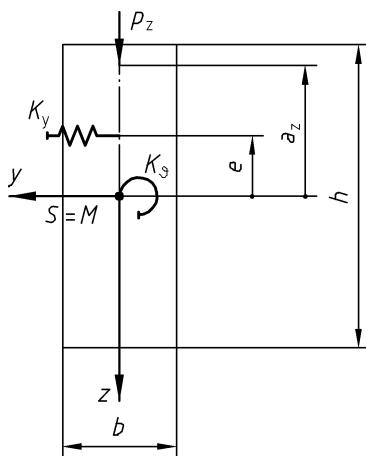
a_z Abstand des Lastangriffes vom Schubmittelpunkt (siehe Bild E.2).

(2) 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_9 gegen Verdrehen durch Beiwerte α und β berücksichtigt werden:

$$\ell_{ef} = \frac{\ell}{a_1 \cdot \left[1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{\ell} \cdot \sqrt{\frac{B}{T}} \right] \cdot \alpha \cdot \beta} \quad (\text{E.8})$$

Dabei ist

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{3,5 \cdot T}{K_G \cdot \ell}}} ; \beta = \sqrt{\left(1 + \frac{K_y \cdot \ell^4}{B \cdot \pi^4} \right) \cdot \left(1 + \frac{(K_9 + e^2 \cdot K_y) \cdot \ell^2}{T \cdot \pi^2} \right)} + \frac{e \cdot K_y \cdot \ell^3}{\sqrt{B \cdot T} \cdot \pi^3}$$

**Bild E.2 — Bezeichnungen am Rechteckquerschnitt**

Dabei ist

M Schubmittelpunkt,

S Schwerpunkt,

K_g elastische Bettung (Verdrehung) in N,

K_y elastische Bettung (Verschiebung) in N/mm²,

K_G Drehfeder am Auflager in Nmm,

e Abstand Schubmittelpunkt/Bettung in mm,

ϑ Verdrehung um die z-Achse.

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

$$M_{y,crit}^0 = \frac{\pi}{\ell_{ef}} \cdot \sqrt{B \cdot T} \quad (\text{E.9})$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}^0}{W_y} \quad (\text{E.10})$$

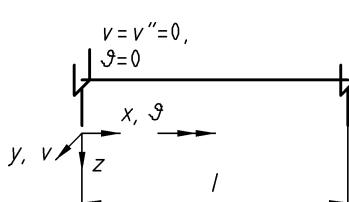
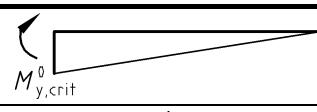
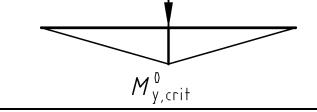
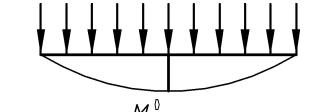
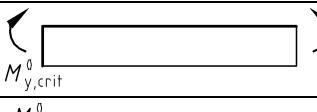
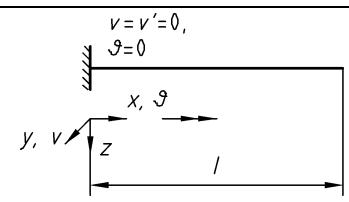
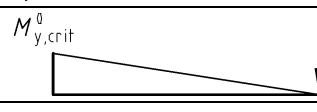
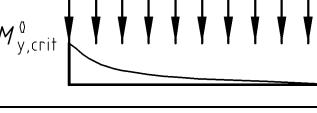
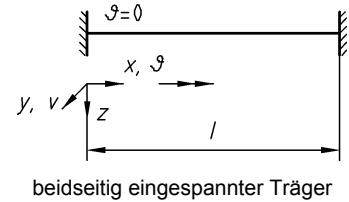
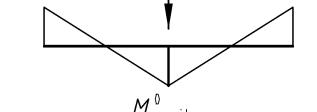
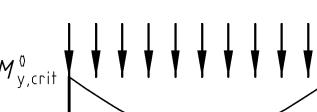
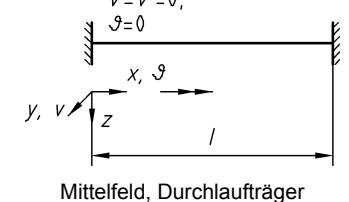
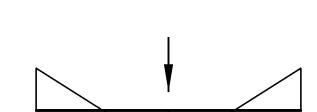
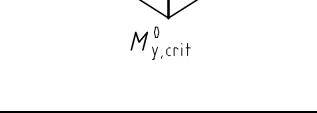
Dabei ist

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.

Tabelle E.2 — Kipplängenbeiwerte a_1 und a_2

	System	Momentverlauf	a_1	a_2
1.1	 <p>$v = v'' = 0, \vartheta = 0$</p> <p>$y, v$</p> <p>$x, \vartheta$</p> <p>$z$</p> <p>$l$</p> <p>gabelgelagerter Einfeldträger Draufsicht</p> <p>8 8</p>		1,77	0
1.2			1,35	1,74
1.3			1,13	1,44
1.4			1	0
2.1	 <p>$v = v' = 0, \vartheta = 0$</p> <p>$y, v$</p> <p>$x, \vartheta$</p> <p>$z$</p> <p>$l$</p> <p>Kragarm</p>		1,27	1,03
2.2			2,05	1,50
3.1	 <p>$v = v' = 0, \vartheta = 0$</p> <p>$y, v$</p> <p>$x, \vartheta$</p> <p>$z$</p> <p>$l$</p> <p>beidseitig eingespannter Träger Draufsicht:</p>		6,81	0,40
3.2			5,12	0,40
4.1	 <p>$v = v' = 0, \vartheta = 0$</p> <p>$y, v$</p> <p>$x, \vartheta$</p> <p>$z$</p> <p>$l$</p> <p>Mittelfeld, Durchlaufträger Draufsicht:</p>		1,70	1,60
4.2			1,30	1,60

(4) Dachlatten und Brettschalung dürfen ohne genauen Nachweis im Zusammenwirken mit einem Aussteifungsverband (z. B. Windrispe und Sparren) unter den Bedingungen entsprechend E.2 (5) für Sparren und Gurte von Fachwerkkonstruktionen als gegen Kippen aussteifend angenommen werden.

Anhang F

(normativ)

Materialeigenschaften

Tabelle F.1 — Rechenwerte für die Modifikationsbeiwerte k_{mod}

1	Baustoff und Klasse der Lasteinwirkungsdauer	2			3	4	
		Nutzungsklasse				Nutzungsklasse	
2		1	2	3		1	2
3	Vollholz Brettschichtholz Balkenschichtholz Furnierschichtholz Brettsperrholz Sperrholz						Kunstharzgebundene Spanplatten Zementgebundene Spanplatten Faserplatten (Typ HB.HLA2 DIN EN 622-2:1997-08)
4	ständig	0,60	0,60	0,50	ständig	0,30	0,20
5	lang	0,70	0,70	0,55	lang	0,45	0,30
6	mittel	0,80	0,80	0,65	mittel	0,65	0,45
7	kurz	0,90	0,90	0,70	kurz	0,85	0,60
8	sehr kurz	1,10	1,10	0,90	sehr kurz	1,10	0,80
9	OSB-Platten (Typen OSB/2 ^a , OSB/3 und OSB/4 DIN EN 300:1997-06)						Faserplatten ^a (Typ MBH.LA2 DIN EN 622-3:1997-08) Gipskartonplatten (Typen GKB ^a , GKF ^a , GKBI und GKFI DIN 18180)
10	ständig	0,40	0,30	—	ständig	0,20	0,15
11	lang	0,50	0,40	—	lang	0,40	0,30
12	mittel	0,70	0,55	—	mittel	0,60	0,45
13	kurz	0,90	0,70	—	kurz	0,80	0,60
14	sehr kurz	1,10	0,90	—	sehr kurz	1,10	0,80

^a Nur Nutzungsklasse 1

Tabelle F.2 — Rechenwerte für die Verformungsbeiwerte k_{def} für Holzbaustoffe und ihre Verbindungen bei ständiger und quasi-ständiger Lasteinwirkung

1	Baustoff	2			Baustoff	3			4			
		Nutzungsklasse				Nutzungsklasse						
		1	2	3		1	2	3				
2	Vollholz ^a Brettschichtholz Furnierschichtholz ^b Balkenschichtholz Brettsperrholz	0,60	0,80	2,00	kunstharzgebundene Spanplatten ^d zementgebundene Spanplatten Faserplatten ^d (Typ HB.HLA2 DIN EN 622-2:1997-08)	2,25	3,00	4,00				
3	Sperrholz Furnierschichtholz ^c	0,80	1,00	2,50	Faserplatten (Typ MBH.LA2 DIN EN 622-3:1997-08)	3,00	4,00	—				
4	OSB-Platten	1,50	2,25	—	Gipskartonplatten							

^a Die Werte für k_{def} für Vollholz, dessen Feuchte beim Einbau im Fasersättigungsbereich oder darüber liegt und im eingebauten Zustand austrocknen kann, sind um 1,0 zu erhöhen.
^b Mit allen Furnieren faserparallel.
^c Mit Querfurnieren.
^d Nicht in der Nutzungsklasse 3 zugelassen.

Tabelle F.3 — Ausgleichsfeuchten von Holzbaustoffen

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

Tabelle F.4 — Rechenwerte für das Schwind- und Quellmaß rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes bzw. in Plattenebene^{a b} bei unbehindertem Quellen und Schwinden

	1 Baustoff	2 Schwind- und Quellmaß in % für Änderung der Holzfeuchte um 1 % unterhalb des Fasersättigungsbereiches
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

^a Werte gelten für etwa gleichförmige Feuchteänderung über den Querschnitt.

^b Für Hölzer nach den Zeilen 1 bis 4 gilt in Faserrichtung des Holzes ein Rechenwert von 0,01 %/‰.

Tabelle F.5 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Nadelholz der Festigkeitsklassen C14 bis C50

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Festigkeitsklasse	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Festigkeitskennwerte in N/mm ²													
2	Biegung $f_{m,k}^a$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
3	Zug parallel $f_{t,0,k}^a$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
4	Zug rechtwinklig $f_{t,90,k}$	0,4											
5	Druck parallel $f_{c,0,k}^a$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
6	Druck rechtwinklig $f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
7	Schub und Torsion $f_{v,k}^c$	2,7											
Steifigkeitskennwerte in N/mm ²													
8	Elastizitätsmodul parallel $E_{0,mean}^{a, b}$	7 000	8 000	9 000	9 500	10 000	11 000	11 500	12 000	13 000	14 000	15 000	16 000
9	rechtwinklig $E_{90,mean}^b$	230	270	300	320	330	370	380	400	430	470	500	530
10	Schubmodul $G_{mean}^{b, c}$	440	500	560	590	630	690	720	750	810	880	940	1 000
Rohdichtekennwerte in kg/m ³													
11	Rohdichte ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460

^a Bei nur von Rinde und Bast befreitem Nadelrundholz dürfen in den Bereichen ohne Schwächung der Randzone um 20 % erhöhte Werte in Rechnung gestellt werden.

^b Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$, $E_{90,05}$ und G_{05} gelten die Rechenwerte:
 $E_{0,05} = 2/3 \cdot E_{0,mean}$ $E_{90,05} = 2/3 \cdot E_{90,mean}$ $G_{05} = 2/3 \cdot G_{mean}$.

^c Die charakteristische Rollschubfestigkeit $f_{R,k}$ darf für alle Festigkeitsklassen zu 1,0 N/mm² in Rechnung gestellt werden.
Der zur Rollschubbeanspruchung gehörende Schubmodul darf mit $G_{R,mean} = 0,10 \cdot G_{mean}$ angenommen werden.

ANMERKUNG Die Rechenwerte für die charakteristische Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung $f_{t,90,k}$ und für die charakteristische Schub- und Torsionsfestigkeit $f_{v,k}$ weichen von den Rechenwerten nach DIN EN 338:2003-09 ab und dürfen nur mit den hier angegebenen Werten in Rechnung gestellt werden.

Tabelle F.6 — Zuordnung von Nadelholzarten und Sortierklassen nach DIN 4074-1 und Güteklassen nach DIN 4074-2 zu den Festigkeitsklassen der Tabelle F.5

	1 Holzart (Handelsname)	2 Herkunft	3 Botanische Bezeichnung nach DIN EN 1912:1998-08, Tabelle 3	4 Sortierklasse ^{a,b,c} nach DIN 4074-1 bzw. Güteklaasse nach DIN 4074-2	5 Festigkeits- klasse
1					
2	Fichte Tanne	CNE — Europa ^d CNE — Europa ^d	22 1	S7/C16M III	C16
3	Kiefer Lärche	CNE — Europa ^d CNE — Europa ^d	47 15	S10/C24M II	C24
4	Douglasie Southern Pine	Deutschland USA	54 35, 36, 43, 48	S13/C30M I	C30
5	Western Hemlock	USA & Kanada	62	C35M	C35
6	Yellow Cedar	USA & Kanada	e	C40M	C40

^a Diese Zuordnung gilt für trocken sortiertes Holz (TS).
^b Vorwiegend hochkant biegebeanspruchte Bretter und Bohlen sind wie Kantholz zu sortieren und entsprechend zu kennzeichnen (K).
^c Grundsätzlich kann Nadelholz maschinell in jede gewünschte Festigkeitsklasse sortiert werden.
^d CNE – Europa ist eine Abkürzung für Mittel-, Nord- und Osteuropa.
^e Botanische Bezeichnung: Chamaecyparis nootkatensis.

Tabelle F.7 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Laubholz der Festigkeitsklassen D30 bis D70

	1	2	3	4	5	6	7
1	Festigkeitsklasse	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Festigkeitskennwerte in N/mm ²							
2	Biegung $f_{m,k}$	30	35	40	50	60	70
3	Zug parallel $f_{t,0,k}$	18	21	24	30	36	42
4	Zug rechtwinklig $f_{t,90,k}$	0,5					
5	Druck parallel $f_{c,0,k}$	23	25	26	29	32	34
6	Druck rechtwinklig $f_{c,90,k}$	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
7	Schub und Torsion $f_{v,k}$	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Steifigkeitskennwerte in N/mm ²							
8	Elastizitätsmodul parallel $E_{0,mean}^a$	10 000	10 000	11 000	14 000	17 000	20 000
9	rechtwinklig $E_{90,mean}^a$	640	690	750	930	1 130	1 330
10	Schubmodul G_{mean}^a	600	650	700	880	1 060	1 250
Rohdichtekennwerte in kg/m ³							
11	Rohdichte ρ_k	530	560	590	650	700	900
<p>^a Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$, $E_{90,05}$ und G_{05} gelten die Rechenwerte:</p> $E_{0,05} = 5/6 \cdot E_{0,mean} \quad E_{90,05} = 5/6 \cdot E_{90,mean} \quad G_{05} = 5/6 \cdot G_{mean}.$ <p>ANMERKUNG Die Rechenwerte für die charakteristische Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung $f_{t,90,k}$ weichen von den Rechenwerten nach DIN EN 338:2003-09 ab und dürfen nur mit den hier angegebenen Werten in Rechnung gestellt werden.</p>							

Tabelle F.8 — Zuordnung von Laubholzarten und Sortierklassen nach DIN 4074-5 zu den Festigkeitsklassen der Tabelle F.7

1	2	3	4	
1	Holzart ^d (Handelsname)	Herkunft	Sortierklasse ^{a, b, c} nach DIN 4074-5	Festigkeitsklasse
2	Eiche	Europa		
2	Teak	Südostasien	LS10	D30
2	Keruing	Südostasien		
3	Buche	Europa	LS10	D35
4	Buche	Europa	LS13	D40
5	Afzelia	Westafrika		
5	Merbau	Südostasien	LS10	D40
5	Angelique (Basralocus)	Südamerika		
6	Azobé (Bongossi)	Westafrika, Guyana	LS10	D60
7	Ipe	Mittelamerika, Südamerika	LS10	D60 ^e

^a Diese Zuordnung gilt für trocken sortiertes Holz (TS).
^b Vorwiegend hochkant biegebeanspruchte Bretter und Bohlen sind wie Kantholz zu sortieren und entsprechend zu kennzeichnen (K).
^c Grundsätzlich kann Laubholz maschinell in jede gewünschte Festigkeitsklasse sortiert werden.
^d Botanische Namen siehe DIN 4076-1.
^e Rohdichte mindestens 1 000 kg/m³.

Tabelle F.9 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für homogenes und kombiniertes Brettschichtholz der Festigkeitsklassen GL24 bis GL36

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Festigkeitsklasse ^a	GL24h	GL24c	GL28h	GL28c	GL32h	GL32c	GL36h	GL36c
Festigkeitskennwerte in N/mm²									
2	Biegung $f_{m,k}$ ^{b, c}	24	24	28	28	32	32	36	36
3	Zug parallel $f_{t,0,k}$	16,5	14	19,5	16,5	22,5	19,5	26	22,5
4	Zug rechtwinklig $f_{t,90,k}$	0,5							
5	Druck parallel $f_{c,0,k}$	24	21	26,5	24	29	26,5	31	29
6	Druck rechtwinklig $f_{c,90,k}$	2,7	2,4	3,0	2,7	3,3	3,0	3,6	3,3
7	Schub und Torsion $f_{v,k}$ ^d	3,5							
Steifigkeitskennwerte in N/mm²									
8	Elastizitätsmodul parallel $E_{0,mean}$ ^e	11 600	11600	12 600	12 600	13 700	13 700	14 700	14 700
9	rechtwinklig $E_{90,mean}$ ^e	390	320	420	390	460	420	490	460
10	Schubmodul G_{mean} ^{d,e}	720	590	780	720	850	780	910	850
Rohdichtekennwerte in kg/m³									
11	Rohdichte ρ_k	380	350	410	380	430	410	450	430
<p>^a Frühere Bezeichnungen: GL24 = BS11; GL28 = BS14; GL32 = BS16; GL36 = BS18; homogenes Brettschichtholz erhält die Zusatzkennzeichnung „h“, kombiniertes Brettschichtholz erhält die Zusatzkennzeichnung „c“.</p> <p>^b Bei Flachkant-Biegebeanspruchung der Lamellen von Brettschichtholzträgern mit $h \leq 600$ mm darf der charakteristische Festigkeitswert mit dem Beiwert $k_h = \min \left\{ \left(\frac{600}{h} \right)^{0,14}; 1,1 \right\}$ multipliziert werden.</p> <p>^c Bei Hochkant-Biegebeanspruchung der Lamellen von homogenem Brettschichtholz aus mindestens vier nebeneinander liegenden Lamellen darf der charakteristische Festigkeitswert mit dem Systembeiwert $k_\ell = 1,2$ multipliziert werden.</p> <p>^d Die charakteristische Rollschubfestigkeit $f_{R,k}$ darf für alle Festigkeitsklassen zu $1,0 \text{ N/mm}^2$ in Rechnung gestellt werden. Der zur Rollschubbeanspruchung gehörende Schubmodul darf mit $G_{R,mean} = 0,10 \cdot G_{mean}$ angenommen werden.</p> <p>^e Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$, $E_{90,05}$ und G_{05} gelten die Rechenwerte:</p> $E_{0,05} = 5/6 \cdot E_{0,mean} \quad E_{90,05} = 5/6 \cdot E_{90,mean} \quad G_{05} = 5/6 \cdot G_{mean}$ <p>ANMERKUNG Die Rechenwerte für die charakteristische Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung $f_{t,90,k}$ und für die charakteristische Schub- und Torsionsfestigkeit $f_{v,k}$ weichen von den Rechenwerten nach DIN EN 1194:1999-05 ab und dürfen nur mit den hier angegebenen Werten in Rechnung gestellt werden.</p>									

Tabelle F.10 — Zuordnung der Festigkeitsklassen von Lamellen zu Festigkeitsklassen von Brettschichtholz nach Tabelle F.9

	1	2	3	4	5
1	homogenes Brettschichtholz		kombiniertes Brettschichtholz		
2	Festigkeitsklasse der Lamellen	Festigkeitsklasse des Brettschicht-holzes	Festigkeitsklasse der äußeren Lamellen	Festigkeitsklasse der inneren Lamellen	Festigkeitsklasse des Brettschicht-holzes
3	C24 innere 10 %: C16 ^a	GL24h	C24	C16	GL24c
4	C30 innere 10 %: C24 ^a	GL28h	C30	C24 innere 10 %: C16 ^a	GL28c
5	C35 innere 10 %: C30 ^a	GL32h	C35	C24 innere 10 %: C16 ^a	GL32c
6	C40 innere 10 %: C35 ^a	GL36h	C40	C35 innere 10 %: C24 ^a	GL36c

^a Bei Brettschichtholzbauteilen mit überwiegender Flachkant-Biegebeanspruchung der Lamellen dürfen die inneren Lamellen innerhalb eines Bereiches von 10 % der Querschnittshöhe um die Querschnittssachse einer niedrigeren Festigkeitsklasse angehören.

Tabelle F.11 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Sperrholz der Biegefestigkeitsklassen F 25/10 nach DIN EN 636:2003-11 mit einer charakteristischen Rohdichte von mindestens 400 kg/m³

	1	2	3
1	Beanspruchung	parallel zur Faserrichtung der Deckfurniere	rechtwinklig zur Faserrichtung der Deckfurniere
Festigkeitskennwerte in N/mm ²			
Plattenbeanspruchung			
2	Biegung $f_{m,k}$	25	10
3	Druck $f_{c,90,k}$		6,5
4	Schub $f_{v,k}$	1,1	0,65
Scheibenbeanspruchung			
5	Biegung $f_{m,k}$	22	14
6	Zug $f_{t,k}$	18	9
7	Druck $f_{c,k}$	18	9
8	Schub $f_{v,k}$		8 (5) ^a
Steifigkeitskennwerte in N/mm ²			
Plattenbeanspruchung			
9	Elastizitätsmodul E_{mean}^b	5 500 (8 000) ^a	1 500 (400) ^a
10	Schubmodul G_{mean}^b	250	250
Scheibenbeanspruchung			
11	Elastizitätsmodul E_{mean}^b	4 500	2 500 (1 000) ^a
12	Schubmodul G_{mean}^b		500
Rohdichtekennwerte in kg/m ³			
13	Rohdichte ρ_k		400

^a Werte in Klammern () gelten für Sperrholz mit nur drei Lagen.

^b Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte E_{05} und G_{05} gelten die Rechenwerte:
 $E_{05} = 0,8 \cdot E_{mean}$ und $G_{05} = 0,8 \cdot G_{mean}$.

Tabelle F.12 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Sperrholz der Biegefestigkeits- (F) und Biege-Elastizitätsmodul-Klassen (E) F40/40 E60/40, F50/25 E70/25 und F60/10 E90/10 nach DIN EN 636:2003-11 mit einer charakteristischen Rohdichte von mindestens 600 kg/m^3

		1	2		3		
1	Klasse	F40/40 E60/40	F50/25 E 70/25		F60/10 E90/10		
2	Beanspruchung	parallel ^a	recht-winklig ^a	parallel ^a	recht-winklig ^a	parallel ^a	recht-winklig ^a
Festigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
3	Biegung $f_{m,k}$	40	40	50	25	60	10
4	Druck $f_{c,90,k}$				10		
5	Schub $f_{v,k}$				2,5		
Scheibenbeanspruchung							
6	Biegung $f_{m,k}$	29	31	36	24	36	24
7	Zug $f_{t,k}$	29	31	36	24	36	24
8	Druck $f_{c,k}$	21	22	36	17	26	18
9	Schub $f_{v,k}$				11 (8) ^b		
Steifigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
10	Elastizitätsmodul $E_{\text{mean}}^{\text{c}}$	6 000	4 000	7 000	2 500	9 000	1 000
11	Schubmodul $G_{\text{mean}}^{\text{c}}$				200		
Scheibenbeanspruchung							
12	Elastizitätsmodul $E_{\text{mean}}^{\text{c}}$	4 400	4 700	5 500	3 650	5 500	3 700
13	Schubmodul $G_{\text{mean}}^{\text{c}}$				700		
Rohdichte in kg/m³							
14	Rohdichte ρ_k				600		

^a Zur Faserrichtung der Deckfurniere

^b Die Werte in Klammern () gelten für Sperrholz mit drei Lagen.

^c Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte E_{05} und G_{05} gelten die Rechenwerte:
 $E_{05} = 0,8 \cdot E_{\text{mean}}$ und $G_{05} = 0,8 \cdot G_{\text{mean}}$.

Tabelle F.13 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für OSB-Platten der technischen Klassen OSB/2 und OSB/3 nach DIN EN 13986:2002-09

	1	2	3	4	5	6	7
1	Beanspruchung	parallel zur Spanrichtung der Deckschicht				rechtwinklig zur Spanrichtung der Deckschicht	
2	Nenndicke der Platten in mm	> 6 bis 10	> 10 bis 18	> 18 bis 25	> 6 bis 10	> 10 bis 18	> 18 bis 25
Festigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
3	Biegung $f_{m,k}$	18,0	16,4	14,8	9,0	8,2	7,4
4	Druck $f_{c,90,k}$			10			
5	Schub $f_{v,k}$			1,0			
Scheibenbeanspruchung							
6	Biegung $f_{m,k}$	9,9	9,4	9,0	7,2	7,0	6,8
7	Zug $f_{t,k}$	9,9	9,4	9,0	7,2	7,0	6,8
8	Druck $f_{c,k}$	15,9	15,4	14,8	12,9	12,7	12,4
9	Schub $f_{v,k}$			6,8			
Steifigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
10	Elastizitätsmodul E_{mean}^a		4 930		1 980		
11	Schubmodul G_{mean}^a			50			
Scheibenbeanspruchung							
12	Elastizitätsmodul E_{mean}^a		3 800		3 000		
13	Schubmodul G_{mean}^a			1 080			
Rohdichtekennwerte in kg/m³							
14	Rohdichte ρ_k		550		550		

^a Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte E_{05} und G_{05} gelten die Rechenwerte:
 $E_{05} = 0,85 \cdot E_{mean}$ $G_{05} = 0,85 \cdot G_{mean}$.

Tabelle F.14 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für OSB-Platten der technischen Klasse OSB/4 nach DIN EN 13986:2002-09

	1	2	3	4	5	6	7
1	Beanspruchung	parallel zur Spanrichtung der Deckschicht			rechtwinklig zur Spanrichtung der Deckschicht		
2	Nenndicke der Platten in mm	> 6 bis 10	> 10 bis 18	> 18 bis 25	> 6 bis 10	> 10 bis 18	> 18 bis 25
Festigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
3	Biegung $f_{m,k}$	24,5	23,0	21,0	13,0	12,2	11,4
4	Druck $f_{c,90,k}$			10,0			
5	Schub $f_{v,k}$			1,1			
Scheibenbeanspruchung							
6	Biegung $f_{m,k}$	11,9	11,4	10,9	8,5	8,2	8,0
7	Zug $f_{t,k}$	11,9	11,4	10,9	8,5	8,2	8,0
8	Druck $f_{c,k}$	18,1	17,6	17,0	14,3	14,0	13,7
9	Schub $f_{v,k}$			6,9			
Steifigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
10	Elastizitätsmodul E_{mean}^a		6 780		2 680		
11	Schubmodul G_{mean}^a			60			
Scheibenbeanspruchung							
12	Elastizitätsmodul E_{mean}^a		4 300		3 200		
13	Schubmodul G_{mean}^a			1 090			
Rohdichtekennwerte in kg/m³							
14	Rohdichte ρ_k			550			

^a Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte E_{05} und G_{05} gelten die Rechenwerte:
 $E_{05} = 0,85 \cdot E_{mean}$ $G_{05} = 0,85 \cdot G_{mean}$.

Tabelle F.15 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kunstharzgebundene Spanplatten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich der technischen Klasse P4 nach DIN EN 13986:2002-09

	1	2	3	4	5	6	7
1	Nenndicke der Platten in mm	> 6 bis 13	> 13 bis 20	> 20 bis 25	> 25 bis 32	> 32 bis 40	> 40 bis 50
Festigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
2	Biegung $f_{m,k}$	14,2	12,5	10,8	9,2	7,5	5,8
3	Druck $f_{c,90,k}$	10,0	10,0	10,0	8,0	6,0	6,0
4	Schub $f_{v,k}$	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Scheibenbeanspruchung							
5	Biegung $f_{m,k}$	8,9	7,9	6,9	6,1	5,0	4,4
6	Zug $f_{t,k}$	8,9	7,9	6,9	6,1	5,0	4,4
7	Druck $f_{c,k}$	12,0	11,1	9,6	9,0	7,6	6,1
8	Schub $f_{v,k}$	6,6	6,1	5,5	4,8	4,4	4,2
Steifigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
9	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	3 200	2 900	2 700	2 400	2 100	1 800
10	Schubmodul G_{mean}^a	200			100		
Scheibenbeanspruchung							
11	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	1 800	1 700	1 600	1 400	1 200	1 100
12	Schubmodul G_{mean}^a	860	830	770	680	600	550
Rohdichtekennwerte in kg/m³							
13	Rohdichte ρ_k	650	600	550	500		

^a Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte E_{05} und G_{05} gelten die Rechenwerte:
 $E_{05} = 0,8 \cdot E_{mean}$ $G_{05} = 0,8 \cdot G_{mean}$.

Tabelle F.16 — Rechenwerte für die charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kunstharzgebundene Spanplatten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich der technischen Klasse P5 nach DIN EN 13986:2002-09

	1	2	3	4	5	6	7
1	Nenndicke der Platten in mm	> 6 bis 13	> 13 bis 20	> 20 bis 25	> 25 bis 32	> 32 bis 40	> 40 bis 50
Festigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
2	Biegung $f_{m,k}$	15,0	13,3	11,7	10,0	8,3	7,5
3	Druck $f_{c,90,k}$	10,0	10,0	10,0	8,0	6,0	6,0
4	Schub $f_{v,k}$	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0
Scheibenbeanspruchung							
5	Biegung $f_{m,k}$	9,4	8,5	7,4	6,6	5,6	5,6
6	Zug $f_{t,k}$	9,4	8,5	7,4	6,6	5,6	5,6
7	Druck $f_{c,k}$	12,7	11,8	10,3	9,8	8,5	7,8
8	Schub $f_{v,k}$	7,0	6,5	5,9	5,2	4,8	4,4
Steifigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
9	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	3 500	3 300	3 000	2 600	2 400	2 100
10	Schubmodul G_{mean}^a	200			100		
Scheibenbeanspruchung							
11	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	2 000	1 900	1 800	1 500	1 400	1 300
12	Schubmodul G_{mean}^a	960	930	860	750	690	660
Rohdichtekennwerte in kg/m³							
13	Rohdichte ρ_k	650	600	550	500		

^a Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte E_{05} und G_{05} gelten die Rechenwerte:
 $E_{05} = 0,8 \cdot E_{mean}$ $G_{05} = 0,8 \cdot G_{mean}$.

Tabelle F.17 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kunstharzgebundene Spanplatten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich der technischen Klasse P6 nach DIN EN 13986:2002-09

	1	2	3	4	5	6	7
1	Nenndicke der Platten in mm	> 6 bis 13	> 13 bis 20	> 20 bis 25	> 25 bis 32	> 32 bis 40	> 40 bis 50
Festigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
2	Biegung $f_{m,k}$	16,5	15,0	13,3	12,5	11,7	10,0
3	Druck $f_{c,90,k}$	10,0	10,0	10,0	8,0	6,0	6,0
4	Schub $f_{v,k}$	1,9			1,7		
Scheibenbeanspruchung							
5	Biegung $f_{m,k}$	10,5	9,5	8,5	8,3	7,8	7,5
6	Zug $f_{t,k}$	10,5	9,5	8,5	8,3	7,8	7,5
7	Druck $f_{c,k}$	14,1	13,3	12,8	12,2	11,9	10,4
8	Schub $f_{v,k}$	7,8	7,3	6,8	6,5	6,0	5,5
Steifigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
9	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	4 400	4 100	3 500	3 300	3 100	2 800
10	Schubmodul G_{mean}^a		200			100	
Scheibenbeanspruchung							
11	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	2 500	2 400	2 100	1 900	1 800	1 700
12	Schubmodul G_{mean}^a	1 200	1 150	1 050	950	900	880
Rohdichtekennwerte in kg/m³							
13	Rohdichte ρ_k	650	600	550		500	

^a Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte E_{05} und G_{05} gelten die Rechenwerte:
 $E_{05} = 0,8 \cdot E_{mean}$ $G_{05} = 0,8 \cdot G_{mean}$.

Tabelle F.18 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für kunstharzgebundene Spanplatten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich der technischen Klasse P7 nach DIN EN 13986:2002-09

	1	2	3	4	5	6	7
1	Nenndicke der Platten in mm	> 6 bis 13	> 13 bis 20	> 20 bis 25	> 25 bis 32	> 32 bis 40	> 40 bis 50
Festigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
2	Biegung $f_{m,k}$	18,3	16,7	15,4	14,2	13,3	12,5
3	Druck $f_{c,90,k}$	10,0	10,0	10,0	8,0	6,0	6,0
4	Schub $f_{v,k}$	2,4	2,2	2,0	1,9	1,9	1,8
Scheibenbeanspruchung							
5	Biegung $f_{m,k}$	11,5	10,6	9,8	9,4	9,0	8,0
6	Zug $f_{t,k}$	11,5	10,6	9,8	9,4	9,0	8,0
7	Druck $f_{c,k}$	15,5	14,7	13,7	13,5	13,2	13,0
8	Schub $f_{v,k}$	8,6	8,1	7,9	7,4	7,2	7,0
Steifigkeitskennwerte in N/mm²							
Plattenbeanspruchung							
9	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	4 600	4 200	4 000	3 900	3 500	3 200
10	Schubmodul G_{mean}^a	200			100		
Scheibenbeanspruchung							
11	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	2 600	2 500	2 400	2 300	2 100	2 000
12	Schubmodul G_{mean}^a	1 250	1 200	1 150	1 100	1 050	1 000
Rohdichtekennwerte in kg/m³							
13	Rohdichte ρ_k	650	600	550	500		

^a Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte E_{05} und G_{05} gelten die Rechenwerte:
 $E_{05} = 0,8 \cdot E_{mean}$ $G_{05} = 0,8 \cdot G_{mean}$.

Tabelle F.19 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für zementgebundene Spanplatten der technischen Klassen 1 und 2 nach DIN EN 13986:2002-09

	1	2
1	Nenndicke der Platten in mm	alle Dicken von 8 bis 30 mm
Festigkeitskennwerte in N/mm ²		
Plattenbeanspruchung		
2	Biegung $f_{m,k}$	9
3	Druck $f_{c,90,k}$	12
4	Schub $f_{v,k}$	2
Scheibenbeanspruchung		
5	Biegung $f_{m,k}$	8
6	Zug $f_{t,k}$	2,5
7	Druck $f_{c,k}$	11,5
8	Schub $f_{v,k}$	6,5
Steifigkeitskennwerte in N/mm ²		
Plattenbeanspruchung		
9	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	4 500
Scheibenbeanspruchung		
10	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	4 500
11	Schubmodul G_{mean}^a	1 500
Rohdichtekennwerte in kg/m ³		
12	Rohdichte ρ_k	1 000
^a Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte E_{05} und G_{05} gelten die Rechenwerte: $E_{05} = 0,8 \cdot E_{mean}$ $G_{05} = 0,8 \cdot G_{mean}$.		

Tabelle F.20 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte für Faserplatten der technischen Klassen HB.HLA2 und MBH.LA2 nach DIN EN 13986:2002-09

	1	2	3	4	5
1	Technische Klasse	HB.HLA2 (harte Platten)		MBH.LA2 (mittelharte Platten)	
2	Nenndicke der Platten in mm	> 3,5 bis 5,5	> 5,5	≤ 10	> 10
Festigkeitskennwerte in N/mm²					
Plattenbeanspruchung					
3	Biegung $f_{m,k}$	35,0	32,0	17,0	15,0
4	Druck $f_{c,90,k}$	12,0	12,0	8,0	8,0
5	Schub $f_{v,k}$	3,0	2,5	0,3	0,25
Scheibenbeanspruchung					
6	Biegung $f_{m,k}$	26,0	23,0	9,0	8,0
7	Zug $f_{t,k}$	26,0	23,0	9,0	8,0
8	Druck $f_{c,k}$	27,0	24,0	9,0	8,0
9	Schub $f_{v,k}$	18	16	5,5	4,5
Steifigkeitskennwert in N/mm²					
Plattenbeanspruchung					
10	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	4 800	4 600	3 100	2 900
11	Schubmodul G_{mean}^a	200	200	100	100
Scheibenbeanspruchung					
12	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	4 800	4 600	3 100	2 900
13	Schubmodul G_{mean}^a	2 000	1 900	1 300	1 200
Rohdichtekennwerte in kg/m³					
14	Rohdichte ρ_k	850	800	650	600

^a Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte E_{05} und G_{05} gelten die Rechenwerte: $E_{05} = 0,8 \cdot E_{mean}$ $G_{05} = 0,8 \cdot G_{mean}$.

Tabelle F.21 — Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits- und Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Gipskartonplatten nach DIN 18180

	1	2	3	4	5	6	7						
1	Beanpruchung	parallel zur Herstellrichtung			rechtwinklig zu Herstellrichtung								
2	Nenndicke der Platten in mm	12,5	15,0	18,0	12,5	15,0	18,0						
Festigkeitskennwerte in N/mm ²													
Plattenbeanspruchung													
3	Biegung $f_{m,k}$	6,5	5,4	4,2	2,0	1,8	1,5						
4	Druck $f_{c,k}$	3,5 (5,5) ^b			4,2 (4,8) ^b								
Scheibenbeanspruchung													
5	Biegung $f_{t,k}$	4,0	3,8	3,6	2,0	1,7	1,4						
6	Zug $f_{t,k}$	1,7	1,4	1,1	0,7								
7	Druck $f_{c,k}$	3,5 (5,5) ^b			4,2 (4,8) ^b								
8	Schub $f_{v,k}$	1,0											
Steifigkeitskennwerte in N/mm ²													
Plattenbeanspruchung													
9	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	2 800			2 200								
Scheibenbeanspruchung													
10	Elastizitätsmodul E_{mean}^a	1 200			1 000								
11	Schubmodul G_{mean}^a	700											
Rohdichtekennwerte in kg/m ³													
12	Rohdichte ρ_k	680 (800) ^b											
^a Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte E_{05} und G_{05} gelten die Rechenwerte: $E_{05} = 0,9 \cdot E_{mean}$ $G_{05} = 0,9 \cdot G_{mean}$.													
^b Werte in Klammern gelten für GKF- und GKFI-Platten													

Tabelle F.22 — Verhältnisse der mittleren Steifigkeitswerte von Flächen aus Nadelholzlamellen

	1	2	3	4	5
1	Lamellen ^a	E_y/E_x	G_{xz}/E_x	G_{xy}/G_{xz}	G_{yz}/G_{xz}
2	genagelt	0	0,06	0,10	0,05
3	vorgespannt				
4	sägerau gehobelt	0,015 0,02	0,06 0,06	0,30 0,50	0,08 0,09
5	geklebt	0,03	0,06	1,0	0,10

^a Die Werte für E_y und G_{yz} und G_{xy} sind Systemwerte für Platten aus Lamellen.

Tabelle F.23 — Rechenwerte für charakteristische Festigkeitskennwerte in N/mm² für Klebefugen bei Verstärkungen^a

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

^a Die Angaben der Tabelle dürfen nur angewendet werden, wenn die Eignung des Klebersystems nachgewiesen ist.

Anhang G

(normativ)

Angaben für Verbindungsmittel und Verbindungen

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

Tabelle G.1 — Rechenwerte (Mittelwerte) für die Verschiebungsmoduln K_{ser} in N/mm je Scherfuge stiftförmiger Verbindungsmittel und je Verbindungseinheit mit Dübeln besonderer Bauart

	1	2
1	Verbindungsmittel	Verbindung Holz-Holz, Holz-Holzwerkstoff, Stahl-Holz
2	Stabdübel, Passbolzen, Bolzen und Gewindestangen ^a	$\frac{\rho_k}{20} \cdot d^{1,5}$
3	Nägel und Holzschrauben in vorgebohrten Löchern	$\frac{\rho_k}{20} \cdot d^{1,5}$
4	Nägel und Holzschrauben in nicht vorgebohrten Löchern ^b	$\frac{\rho_k}{25} \cdot d^{0,8}$
5	Klammern ^b	$\frac{\rho_k}{60} \cdot d^{0,8}$
6	Ringdübel Typ A1 und Scheibendübel Typ B1	$0,6 \cdot d_c \cdot \rho_k$
7	Scheibendübel mit Zähnen Typen C1 bis C5	$0,3 \cdot d_c \cdot \rho_k$
8	Scheibendübel mit Dornen Typen C10, C11	$0,45 \cdot d_c \cdot \rho_k$

^a Bei mit Übermaß gebohrten Löchern im Holz ist bei Bolzen- und Gewindestangen (nicht bei eingeklebten Gewindestangen und Passbolzen) mit einem zusätzlichen Schlupf von 1 mm zu rechnen. Daher ist zu den mit Hilfe des Verschiebungsmoduls ermittelten rechnerischen Verschiebungen jeweils ein Anteil von 1 mm hinzuzurechnen.
^b Bei Verbindungen von Holz mit Gipskartonplatten sind die Verschiebungsmoduln um 40 % zu reduzieren.
 ρ_k charakteristische Rohdichte der miteinander verbundenen Teile in kg/m³,
 $\rho_k = \sqrt{\rho_{k,1} \cdot \rho_{k,2}}$ bei unterschiedlichen Werten $\rho_{k,1}$ und $\rho_{k,2}$ der charakteristischen Rohdichte der beiden miteinander verbundenen Teile,
 $\rho_{k,\text{Holz}}$ bei Stahl-Holz-Verbindungen und bei Holzwerkstoff-Holz-Verbindungen,
 d Stiftdurchmesser in mm,
 d_c Dübeldurchmesser in mm; bei Dübeltypen C3 und C4 ist $d_c = \sqrt{a_1 \cdot a_2}$.

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

G.2.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt enthält genauere Nachweisverfahren für die Ermittlung der Rechenwerte von charakteristischen Tragfähigkeiten R_k pro Scherfuge und Verbindungsmittel (siehe 12.2.1 (2)). Diese Werte dürfen anstelle der Werte nach 12.2 in Rechnung gestellt werden.

(2) Zur Berechnung der Bemessungswerte aus den charakteristischen Werten der Tragfähigkeit sind der jeweilige Modifikationsbeiwert k_{mod} und der dem jeweiligen Versagensfall entsprechende Teilsicherheitsbeiwert γ_M zu berücksichtigen.

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

Tabelle G.2 — Charakteristische Werte R_k pro Scherfuge von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen (der kleinste Wert ist maßgebend)

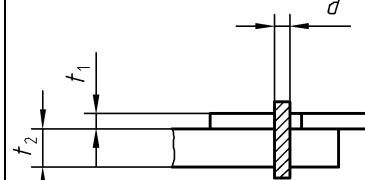
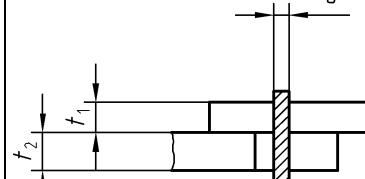
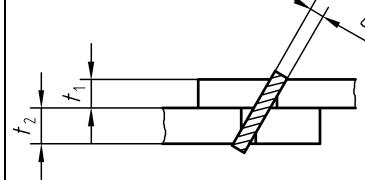
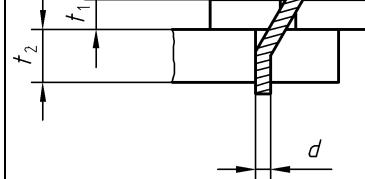
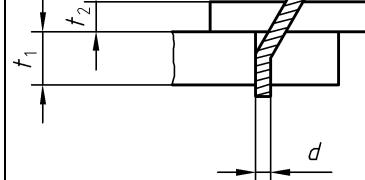
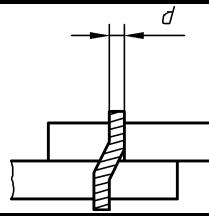
$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d$ $\gamma_M = 1,3$	 <p style="text-align: center;">(G.1)</p>
$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta$ $\gamma_M = 1,3$	 <p style="text-align: center;">(G.2)</p>
$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \left\{ \sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right]} + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right\}$ $\gamma_M = 1,3$	 <p style="text-align: center;">(G.3)</p>
$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right]$ $\gamma_M = 1,2$	 <p style="text-align: center;">(G.4)</p>
$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2\beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right]$ $\gamma_M = 1,2$	 <p style="text-align: center;">(G.5)</p>

Tabelle G.2 (fortgesetzt)

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (G.6)$$

$\gamma_M = 1,1$

(G.6)



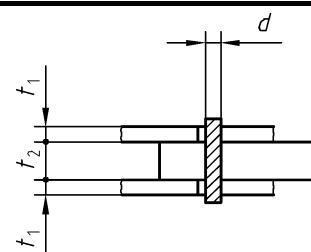
G.2.3 Zweischnittige Verbindungen von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen

**Tabelle G.3 — Charakteristische Werte R_k pro Scherfuge von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen
(der kleinste Wert ist maßgebend)**

$$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad (G.7)$$

$\gamma_M = 1,3$

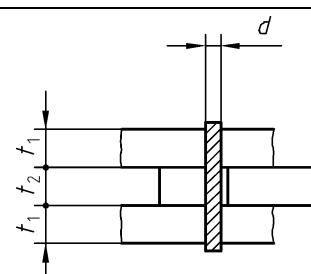
(G.7)



$$R_k = 0,5 \cdot f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \quad (G.8)$$

$\gamma_M = 1,3$

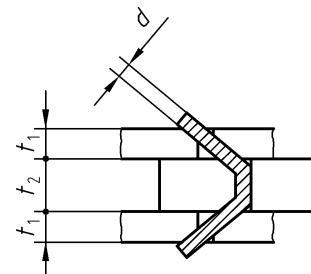
(G.8)



$$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \quad (G.9)$$

$\gamma_M = 1,2$

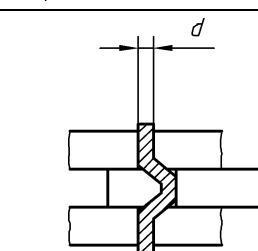
(G.9)



$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad (G.10)$$

$\gamma_M = 1,1$

(G.10)



G.2.4 Einschnittige Stahlblech-Holz-Verbindungen

Tabelle G.4 — Charakteristische Werte R_k für Blechdicke $t \leq 0,5 \cdot d$
 (der kleinere Wert ist maßgebend)

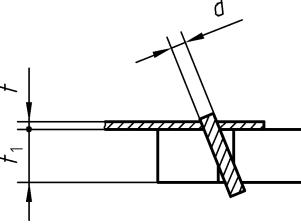
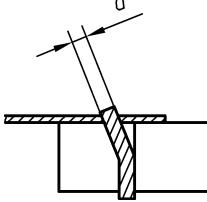
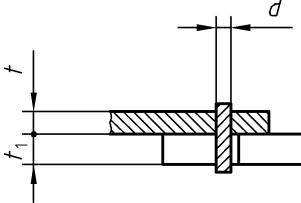
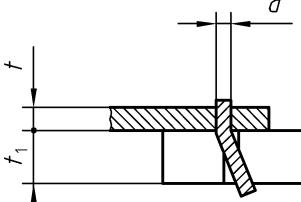
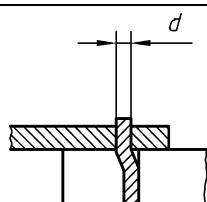
$R_k = (\sqrt{2} - 1) \cdot f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d$ $\gamma_M = 1,3$	 <p>(G.11)</p>
$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k}} \cdot f_{h,1,k} \cdot d$ $\gamma_M = 1,1$	 <p>(G.12)</p>

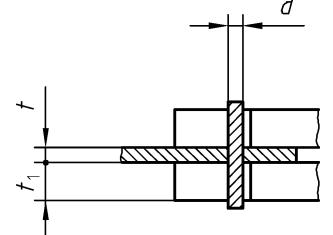
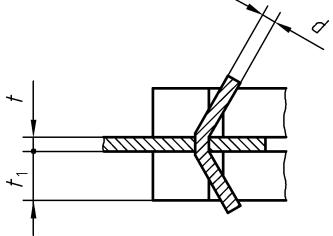
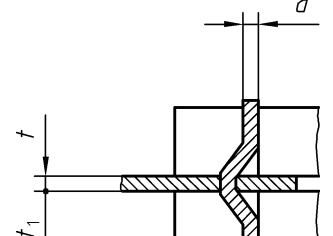
Tabelle G.5 — Charakteristische Werte R_k für Blechdicke $t \geq d$
 (der kleinste Wert ist maßgebend)

$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d$ $\gamma_M = 1,3$	 <p>(G.13)</p>
$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right]$ $\gamma_M = 1,2$	 <p>(G.14)</p>
$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k}} \cdot f_{h,1,k} \cdot d$ $\gamma_M = 1,1$	 <p>(G.15)</p>

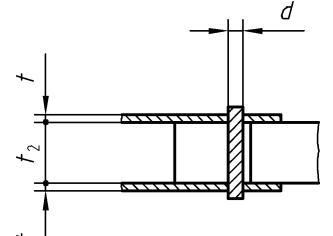
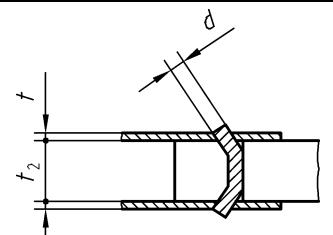
Für $0,5 \cdot d < t < d$ darf geradlinig zwischen den Werten aus Tabelle G.4 und Tabelle G.5 interpoliert werden.

G.2.5 Zweischnittige Stahlblech-Holz-Verbindungen

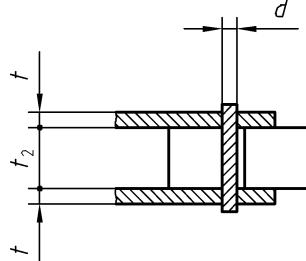
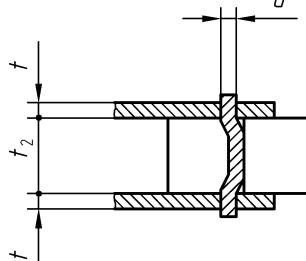
**Tabelle G.6 — Charakteristische Werte R_k pro Scherfuge für Mittelteil aus Stahlblech
(der kleinste Wert ist maßgebend)**

$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d$ $\gamma_M = 1,3$	
$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right]$ $\gamma_M = 1,2$	
$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d}$ $\gamma_M = 1,1$	

**Tabelle G.7 — Charakteristischer Wert R_k pro Scherfuge für Seitenteile aus dünnem Stahlblech
($t \leq 0,5 \cdot d$) (der kleinere Wert ist maßgebend)**

$R_k = 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d$ $\gamma_M = 1,3$	
$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,2,k} \cdot d}$ $\gamma_M = 1,1$	

**Tabelle G.8 — Charakteristische Werte R_k pro Scherfuge für Seitenteile aus dickem Stahlblech
($t \geq d$) (der kleinere Wert ist maßgebend)**

$R_k = 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d$ $\gamma_M = 1,3$	
$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,2,k} \cdot d}$ $\gamma_M = 1,1$	

Für $0,5 \cdot d < t < d$ darf geradlinig zwischen den Werten aus Tabelle G.7 und Tabelle G.8 interpoliert werden.

G.3 Kenngrößen für stiftförmige metallische Verbindungsmitte

G.3.1 Stabdübel

(1) Stabdübel sollen aus Stahl S 235, S 275 oder S 355 nach DIN EN 10025:1994-03 bestehen. Tabelle G.9 enthält charakteristische Festigkeitskennwerte.

Tabelle G.9 — Charakteristische Festigkeitskennwerte für Stabdübel

	1	2
1	Stahlsorte nach DIN EN 10025:1994-03	Charakteristische Festigkeit $f_{u,k}$ N/mm²
2	S 235	360
3	S 275	430
4	S 355	510

(2) Vorzugsmaße für Stabdübel sind in Tabelle G.10 angegeben. Längen sind zu je 5 mm gestuft möglich.

Tabelle G.10 — Vorzugsmaße für Stabdübel

	1	2
1	Durchmesser d [mm]	Abfasung f [mm]
2	6	1
3	8	1
4	10	1,5
5	12	2
6	16	2,5
7	20	3
8	24	3,5

G.3.2 Bolzen und Passbolzen

(1) Bolzen und Passbolzen sollen aus Stahl mindestens der Festigkeitsklasse 3.6 nach DIN EN ISO 898-1:1999-11 bestehen. Die charakteristischen Festigkeitskennwerte $f_{u,k}$ und $f_{y,k}$ sind in Tabelle G.11 angegeben.

Tabelle G.11 — Charakteristische Festigkeitskennwerte für Bolzen und Passbolzen

	1	2	3
1	Festigkeitsklasse nach DIN EN ISO 898-1:1999-11	Charakteristische Festigkeit $f_{u,k}$ [N/mm ²]	Charakteristische Streckgrenze $f_{y,k}$ [N/mm ²]
2	3.6	300	180
3	4.6 bzw. 4.8	400	240 bzw. 320
4	5.6 bzw. 5.8	500	300 bzw. 400
5	8.8	800	640

G.3.3 Gewindestangen

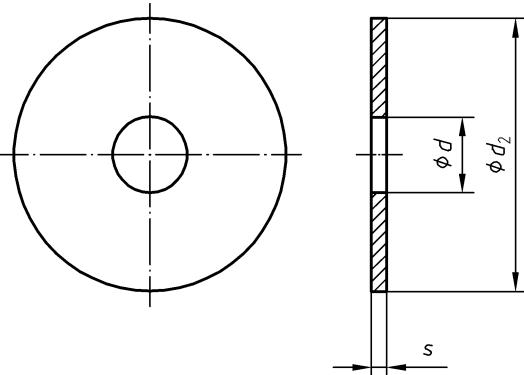
(1) Gewindestangen im Sinne dieser Norm sind Gewindegelenken nach DIN 976-1. Die charakteristischen Festigkeitskennwerte $f_{u,k}$ und $f_{y,k}$ sind in Tabelle G.12 angegeben.

Tabelle G.12 — Charakteristische Festigkeitskennwerte für Gewindestangen

	1	2	3
1	Festigkeitsklasse nach DIN EN ISO 898-1:1999-11	Charakteristische Festigkeit $f_{u,k}$ [N/mm ²]	Charakteristische Streckgrenze $f_{y,k}$ [N/mm ²]
2	4.8	400	320
3	5.8	500	400
4	8.8	800	640

G.3.4 Scheiben

(1) Vorzugsmaße für Scheiben aus Stahl für die Verwendung als Unterlegscheiben in Bolzen- und Passbolzenverbindungen sind in Tabelle G.13 angegeben.

Tabelle G.13 — Vorzugsmaße für Scheiben für Bolzen und Passbolzen


	1	2	3	4
1	Innendurchmesser d mm	Außendurchmesser d_2 mm	Scheibendicke s mm	Zu verwenden für Schraubenbolzen
2	14	58	6	M12
3	18	68	6	M16
4	22	80	8	M20
5	25	92	8	M22
6	27	105	8	M24

G.4 Anforderungen an Dübel besonderer Bauart**G.4.1 Allgemeines**

(1) Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart sind nach 13.3 zu bemessen. Dabei wird unterschieden nach Verbindungen mit

- Ring- und Scheibendübeln mit den Typenbezeichnungen A und B,
- Scheibendübel mit Zähnen oder Dornen mit den Typenbezeichnungen C.

- (2) Die Typenbezeichnungen entsprechen den Bezeichnungen nach DIN EN 912:2001-02.
- (3) Voraussetzung für die Anwendung der Bemessungsverfahren nach 13.3 ist, dass die Dübel besonderer Bauart hinsichtlich Gestalt, Abmessungen und Werkstoff die Anforderungen nach DIN EN 912:2001-02 erfüllen.
- (4) Nachfolgend sind die gebräuchlichen Dübel besonderer Bauart hinsichtlich Gestalt, Abmessungen und Werkstoff aufgeführt. Zusätzlich sind die für die Bemessung benötigten Einlass- bzw. Einpressstiefen h_e angegeben.

G.4.2 Ringdübel des Typs A 1

- (1) Ringdübel des Typs A 1 (siehe Bild G.1) sind geschlossene Ringdübel mit einer linsenförmigen Querschnittsfläche. Die Maße müssen der Tabelle G.14 entsprechen.
- (2) Ringdübel des Typs A 1 werden aus Aluminium-Gusslegierung EN AC-AlSi9Cu3(Fe) nach DIN EN 1706:1998-06 hergestellt.

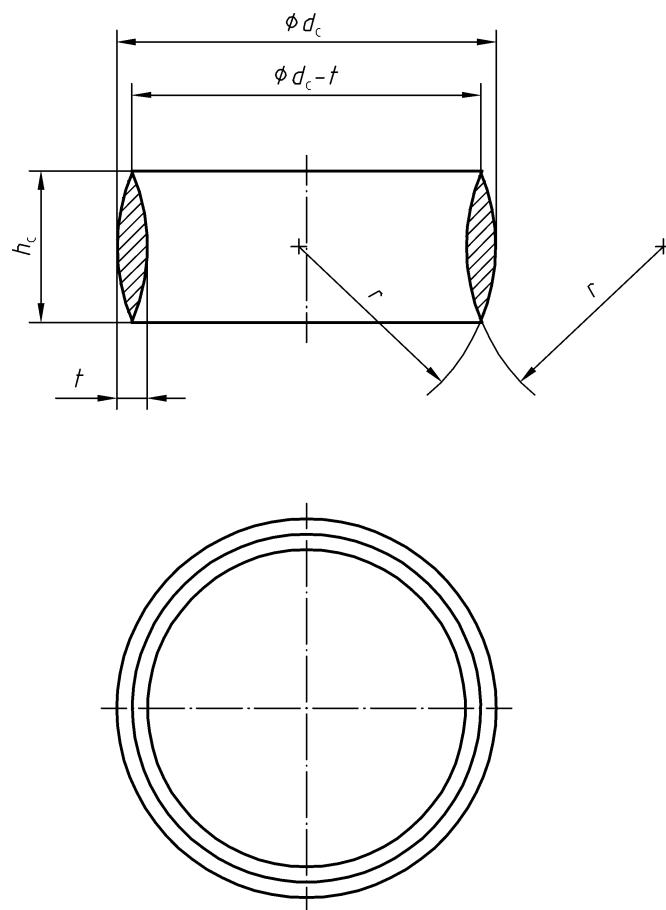


Bild G.1 — Ringdübel des Typs A 1

Tabelle G.14 — Maße der Ringdübel des Typs A 1

Maße in Millimeter

	1	2	3	4	5
1	Durchmesser d_c	Höhe h_c	Einlasstiefe h_e	Dicke t	Radius $\approx r$
2	65	30	15	5	50
3	80	30	15	6	50
4	95	30	15	6	60
5	126	30	15	6	60
6	128	45	22,5	8	60
7	160	45	22,5	10	60
8	190	45	22,5	10	60
Abmaße für sämtliche Maße: $\pm 0,5$					

G.4.3 Scheibendübel des Typs B 1

(1) Scheibendübel des Typs B 1 (siehe Bild G.2) sind Dübel, die aus einer kreisrunden Scheibe mit umlaufendem Flansch und einer zylindrischen Nabe mit einem konzentrischen Bolzenloch in der Scheibenmitte bestehen. Der Flansch und die Nabe befinden sich auf gegenüberliegenden Flächen der Scheibe. Jeder Dübel besitzt auf gegenüberliegenden Seiten des Bolzenloches zwei durch die Scheibe durchgehende Schraubenlöcher. Die Maße müssen der Tabelle G.15 entsprechen.

(2) Scheibendübel des Typs B 1 werden aus Aluminium-Gusslegierung EN AC-AlSi9Cu3(Fe) nach DIN EN 1706:1998-06 hergestellt.

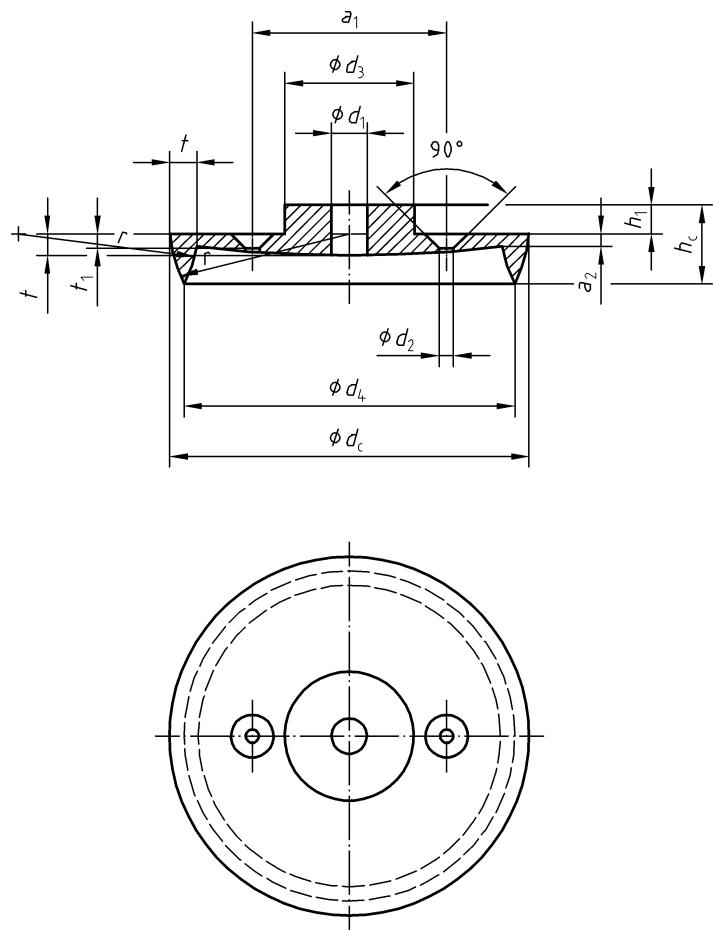


Bild G.2 — Scheibendübel des Typs B 1

Tabelle G.15 — Maße der Scheibendübel des Typs B 1

Maße in Millimeter

	1	2	3	4	5	6	7
1	Scheiben-durch-messer d_c	Einlass-tiefe h_e	Gesamthöhe h_c	Größte Dicke von Scheibe und Flansch t	Kleinste Scheiben-dicke t_1	Durch-messer des Mittel-loches d_1	Schrauben-loch-durch-messer d_2
2	65	15	23	5	3,5	13	6,5
3	80	15	23	6	3,5	13	6,5
4	95	15	23	6	4,5	13	6,5
5	128	22,5	32,5	7,5	4,5	13	6,5
6	160	22,5	34,5	9	5,5	16,5	6,5
7	190	22,5	34,5	9	6	16,5	6,5

Abmaße für sämtliche Maße: $\pm 0,5$

	1	8	9	10	11	12	13
1	Scheiben-durch-messer d_c	Außen-durch-messer der Nabe d_3	Flansch-durch-messer d_4	Radius $\approx r$	Höhe der Nabe oberhalb der Scheibe h_1	Schrauben-lochabstand a_1	Versenkmaß a_2
2	65	22,5	60	50	8	42	3
3	80	25,5	74	50	8	46	3
4	95	33,5	89	60	8	55	3
5	128	45	120	60	10	74	4
6	160	50	150	60	12	108	4
7	190	60	180	60	12	129,5	4

Abmaße für sämtliche Maße: $\pm 0,5$

G.4.4 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1

(1) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1 (siehe Bild G.3) sind zweiseitige Dübel, die aus einer kreisförmigen Scheibe bestehen, deren Ränder derart eingeschnitten und aufgebogen sind, dass auf den gegenüberliegenden Seiten wechselweise dreieckige Zähne unter 90° zur Scheibenfläche hervorstehen. Die Zähne sind gleichmäßig über den Scheibenumfang und, bei Dübeln mit einem Durchmesser $d_c \geq 95$ mm, über den Bolzenlochumfang in der Scheibenmitte verteilt. Jede Scheibe besitzt zwischen dem Scheibenmittelpunkt und dem Scheibenrand auf den gegenüberliegenden Seite des Bolzenloches zwei Nagellöcher. Die Maße müssen der Tabelle G.16 entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1 werden aus kaltgewalztem Band ohne Überzug aus weichen Stählen zum Kaltumformen hergestellt. Der Werkstoff muss der Stahlsorte DC01 + C390 (Werkstoffnummer: 1.0330) nach DIN EN 10139:1997-12 entsprechen. Zusätzlich muss die Mindestdehnung des Werkstoffs 10 % betragen oder es ist kaltgewalzter Stahl mit höherer Streckgrenze zum Kaltumformen H320M nach DIN EN 10268:1999-02 zu verwenden.

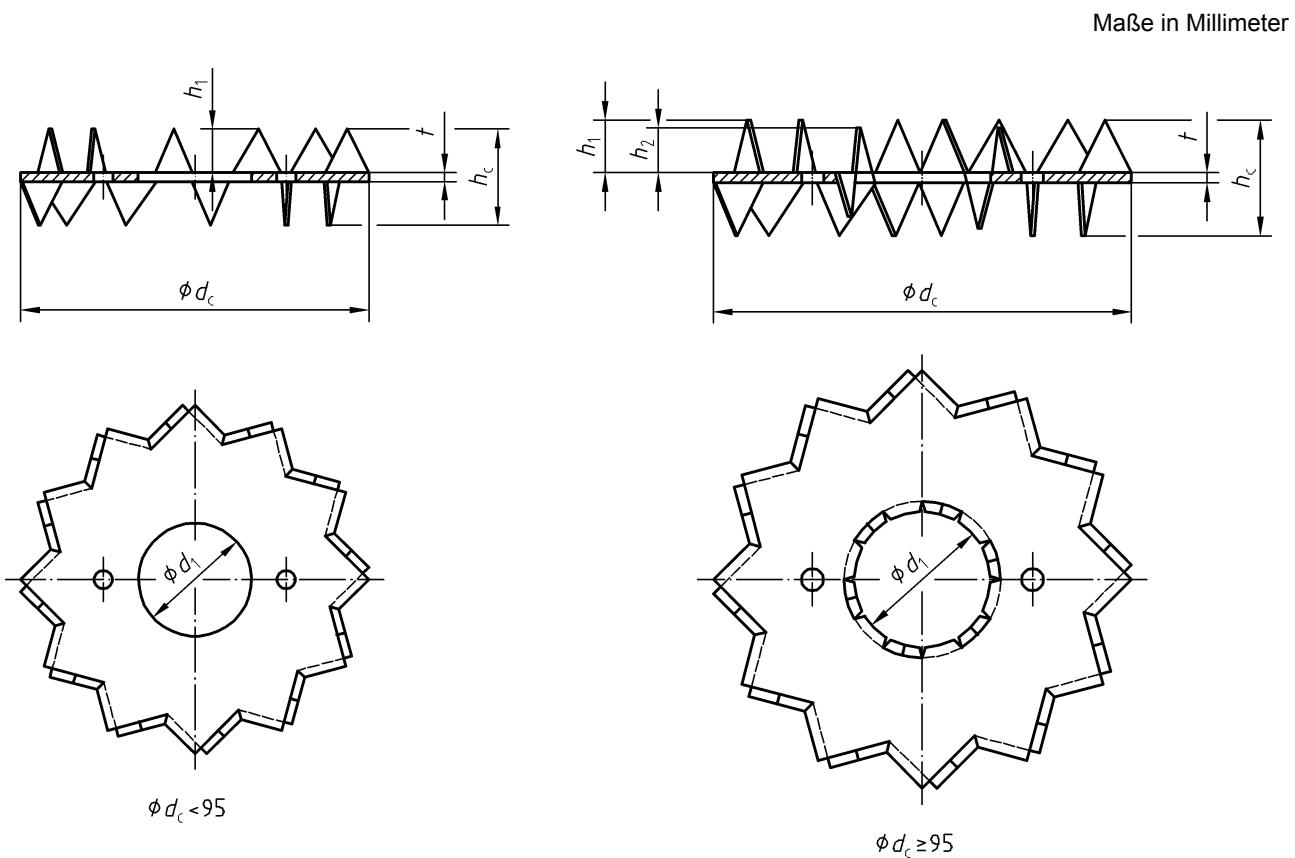


Bild G.3 — Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1

Tabelle G.16 — Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 1

Maße in Millimeter

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Durch-messer d_c	Höhe h_c	Einpress-tiefe h_e	Dicke ^a t	Durch-messer des Mittel-loches d_1	Anzahl der äußeren Zähne	Anzahl der inneren Zähne	Höhe der inneren Zähne ^b h_2
2	50	13	6,0	1,0	17	24	—	—
3	62	16	7,4	1,2	21	24	—	—
4	75	19,5	9,1	1,25	26	24	—	—
5	95	24	11,3	1,35	33	24	12	9,5
6	117	30	14,3	1,5	48	24	12	12,5
7	140	31	14,7	1,65	58	28	14	10,5
8	165	33	15,6	1,8	68	32	16	11,0

Abmaße: Dicke t nach DIN EN 10131:1992-01; übrige Maße $\pm 0,8$

^a Dicke ohne Zinküberzug.
^b Höhe der äußeren Zähne $h_1 = h_e$.

G.4.5 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2

(1) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2 (siehe Bild G.4) sind einseitige Dübel, die aus einer kreisrunden Scheibe bestehen, deren Ränder derart eingeschnitten und aufgebogen sind, dass auf einer Scheibenseite dreieckige Zähne unter 90° zur Scheibenfläche hervorstehten. Die Zähne sind gleichmäßig um den Schebenumfang und, bei Dübeln mit einem Durchmesser $d_c \geq 95$ mm, zusätzlich zwischen dem Schebenumfang und dem Bolzenloch in der Scheibenmitte verteilt. Am Bolzenlochrand steht zur selben Seite wie die Zähne ein Flansch hervor. Jede Scheibe besitzt zwischen dem Schebenmittelpunkt und dem Schebenrand auf den gegenüberliegenden Seiten des Bolzenloches zwei Nagellocher. Die Maße müssen der Tabelle G.17 entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2 werden aus kaltgewalztem Band ohne Überzug aus weichen Stählen zum Kaltumformen hergestellt. Der Werkstoff muss der Stahlsorte DC01 + C390 (Werkstoffnummer: 1.0330) nach DIN EN 10139:1997-12 entsprechen. Zusätzlich muss die Mindestdehnung des Werkstoffs 10 % betragen oder es ist kaltgewalzter Stahl mit höherer Streckgrenze zum Kaltumformen H320M nach DIN EN 10268:1999-02 zu verwenden.

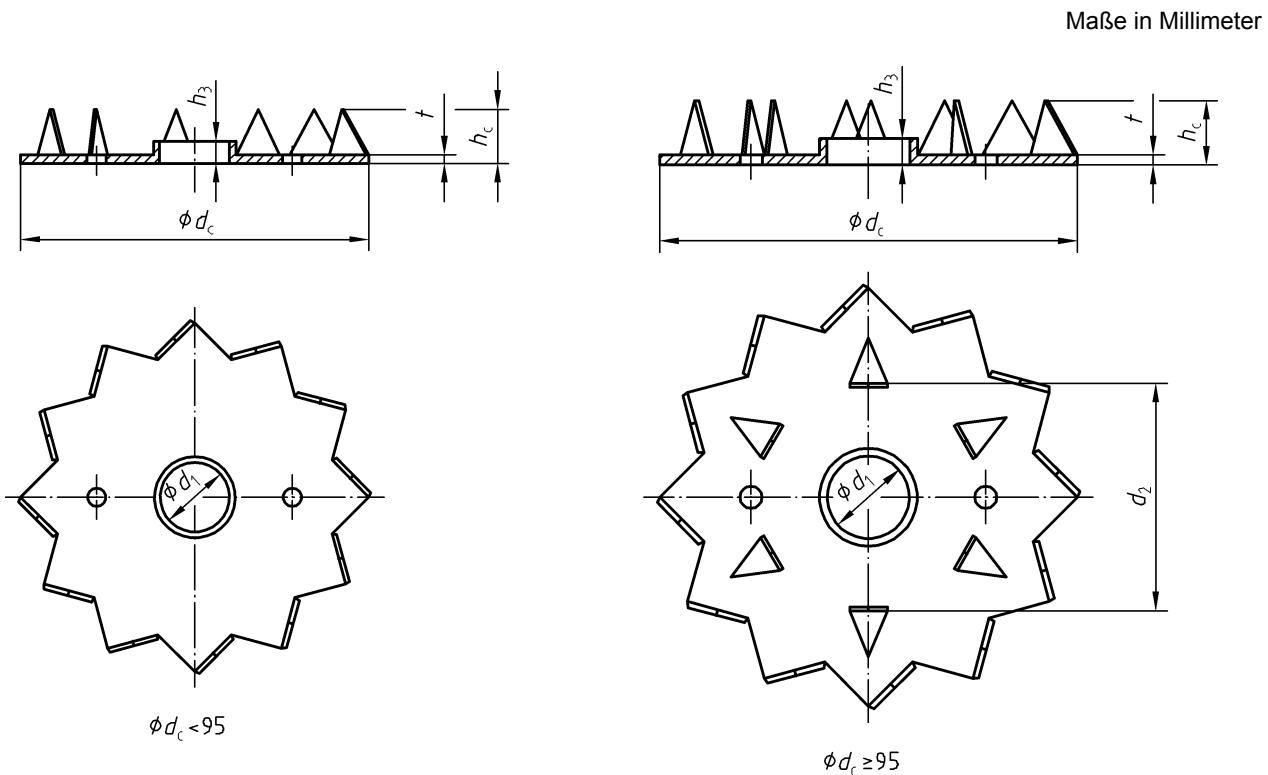


Bild G.4 — Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2

Tabelle G.17 — Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 2

Maße in Millimeter

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Durch-messer d_c	Höhe h_c	Einpress-tiefe h_e	Dicke ^a t	Durch-messer des Mittel-loches d_1	Flansch-höhe h_3	Anzahl der äußereren Zähne	Anzahl der inneren Zähne	Durch-messer des inneren Zahn- kreises d_2
2	50	6,6	5,6	1,0	10,4; 12,4; 16,4; 20,4	4	12	—	—
3	62	8,7	7,5	1,2	12,4; 16,4; 20,4	4	12	—	—
4	75	10,4	9,2	1,25	12,4; 16,4; 20,4; 22,4; 24,4	4	12	—	—
5	95	12,7	11,4	1,35	16,4; 20,4; 22,4; 24,4	4	12	6	49
6	117	16,0	14,5	1,5	16,4; 20,4; 22,4; 24,4	4	12	6	58

Abmaße: Dicke t nach DIN EN 10131:1992-01; Durchmesser $d_1 +0,3/-0,0$; übrige Maße $\pm 0,8$ ^a Dicke ohne Zinküberzug.

G.4.6 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3

(1) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3 (siehe Bild G.5) sind zweiseitige Dübel, die aus einer ovalen Scheibe bestehen, deren Ränder derart eingeschnitten und aufgebogen sind, dass auf den gegenüberliegenden Seiten wechselweise dreieckige Zähne unter 90° zur Scheibenfläche hervorstehen. Es müssen 28 Zähne sein. Die Höhe von je sechs Zähnen, die mittig an den längeren Scheibenrändern angeordnet sind, ist geringer als die Höhe der übrigen Zähne. Jede Scheibe besitzt drei durchgehende Löcher, und zwar ein größeres in der Scheibenmitte und zwei kleinere zwischen der Scheibenmitte und dem Scheibenrand auf gegenüberliegenden Seiten des Mittelloches in der längeren Richtung. Die Maße müssen Tabelle G.18 entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3 werden aus kaltgewalztem Band ohne Überzug aus weichen Stählen zum Kaltumformen hergestellt. Der Werkstoff muss der Stahlsorte DC01 + C390 (Werkstoffnummer: 1.0330) nach DIN EN 10139:1997-12 entsprechen. Zusätzlich muss die Mindestdehnung des Werkstoffs 10 % betragen oder es ist kaltgewalzter Stahl mit höherer Streckgrenze zum Kaltumformen H320M nach DIN EN 10268:1999-02 zu verwenden.

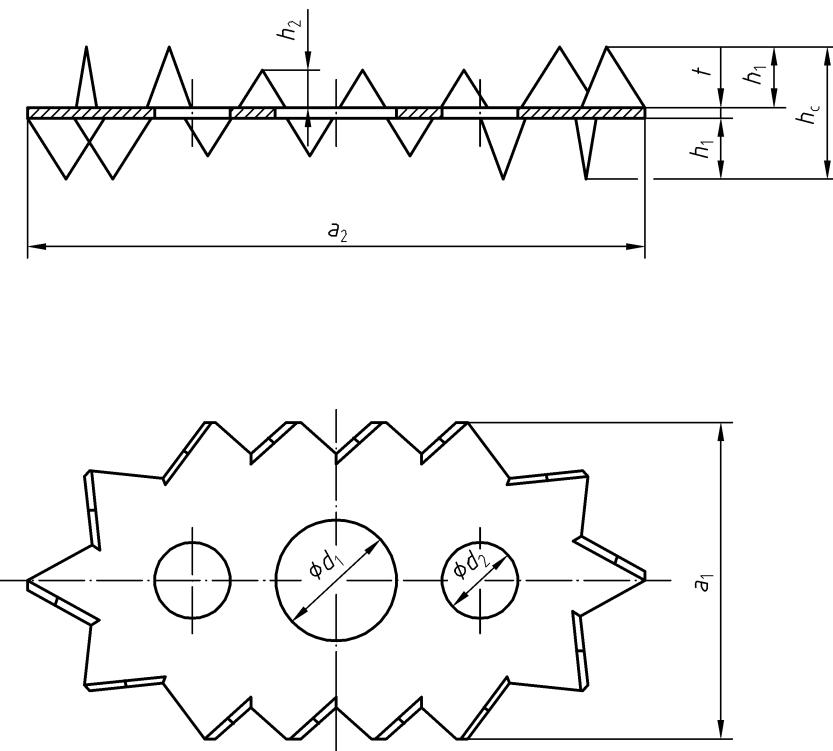


Bild G.5 — Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3

Tabelle G.18 — Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 3

Maße in Millimeter

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Maße	Höhe	Einpress-tiefe	Dicke	Durch-messer des Mittel-loches	Durch-messer der Seiten-löcher	Zahnhöhe	Zahnhöhe
1	$a_1 \times a_2$	h_c	h_e	t	d_1	d_2	h_1	h_2
2	73 × 130	28	13,25	1,5	26	16	13,25	8

Abmaße: Dicke t nach DIN EN 10131:1992-01
 übrige Maße: $\pm 0,8$
 Als Rechenwert für d_c ist zu verwenden: $d_c = \sqrt{a_1 \cdot a_2}$.

G.4.7 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4

(1) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4 (siehe Bild G.6) sind einseitige Dübel, die aus einer ovalen Scheibe bestehen, deren Ränder derart eingeschnitten und aufgebogen sind, dass auf einer Scheibenseite dreieckige Zähne unter 90° zur Scheibenfläche hervorstehen. Es müssen 14 Zähne sein. Die Höhe von je drei Zähnen, die mittig an den längeren Scheibenrändern angeordnet sind, ist geringer als die Höhe der übrigen Zähne. Jede Scheibe besitzt drei durchgehende Löcher, und zwar ein größeres in der Scheibenmitte und zwei kleinere zwischen der Scheibenmitte und dem Scheibenrand auf gegenüberliegenden Seiten des Mittelloches in der längeren Richtung. Am Rand des Mittelloches steht zur selben Seite wie die Zähne ein Flansch hervor. Die Maße müssen Tabelle G.19 entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4 werden aus kaltgewalztem Band ohne Überzug aus weichen Stählen zum Kaltumformen hergestellt. Der Werkstoff muss der Stahlsorte DC01 + C390 (Werkstoffnummer: 1.0330) nach DIN EN 10139:1997-12 entsprechen. Zusätzlich muss die Mindestdehnung des Werkstoffs 10 % betragen oder es ist kaltgewalzter Stahl mit höherer Streckgrenze zum Kaltumformen H320M nach DIN EN 10268:1999-02 zu verwenden.

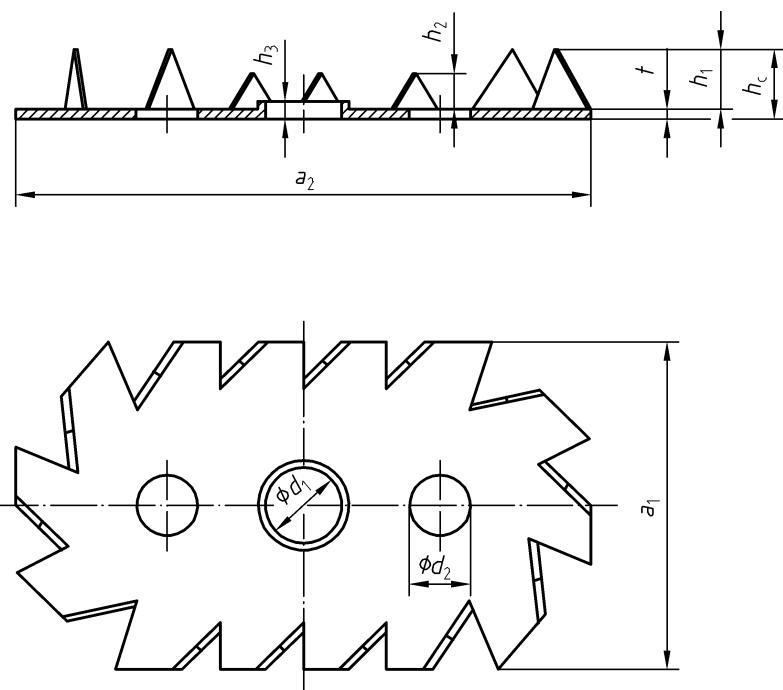


Bild G.6 — Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4

Tabelle G.19 — Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 4

Maße in Millimeter

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Maße	Höhe	Einpress-tiefe	Dicke	Durch-messer des Mittel-loches	Durch-messer der Seiten-löcher	Zahnhöhe	Zahnhöhe	Flansch-höhe
2	$a_1 \times a_2$	h_c	h_e	t	d_1	d_2	h_1	h_2	h_3
2	73 × 130	14,75	13,25	1,5	16,4; 20,4; 22,4; 24,4	16	13,25	8	4

Abmaße: Dicke t nach DIN EN 10131:1992-01
Übrige Maße: $\pm 0,8$
Als Rechenwert für d_c ist zu verwenden: $d_c = \sqrt{a_1 \cdot a_2}$.

G.4.8 Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5

(1) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5 (siehe Bild G. 7) sind zweiseitige Dübel, die aus einer quadratischen Scheibe bestehen, deren Ränder derart eingeschnitten und aufgebogen sind, dass auf den entgegengesetzten Seiten wechselweise dreieckige Zähne unter 90° zur Scheibenfläche hervorstehen. Die Zähne sind gleichmäßig über den Scheibenumfang und über den Rand des quadratischen Loches in der Scheibenmitte verteilt. Jede Scheibe besitzt in jeder Scheibenecke ein Nagelloch. Die Maße müssen der Tabelle G.20 entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5 werden aus kaltgewalztem Band ohne Überzug aus weichen Stählen zum Kaltumformen hergestellt. Der Werkstoff muss der Stahlsorte DC01 + C390 (Werkstoffnummer: 1.0330) nach DIN EN 10139:1997-12 entsprechen. Zusätzlich muss die Mindestdehnung des Werkstoffs 10 % betragen oder es ist kaltgewalzter Stahl mit höherer Streckgrenze zum Kaltumformen H320M nach DIN EN 10268:1999-02 zu verwenden.

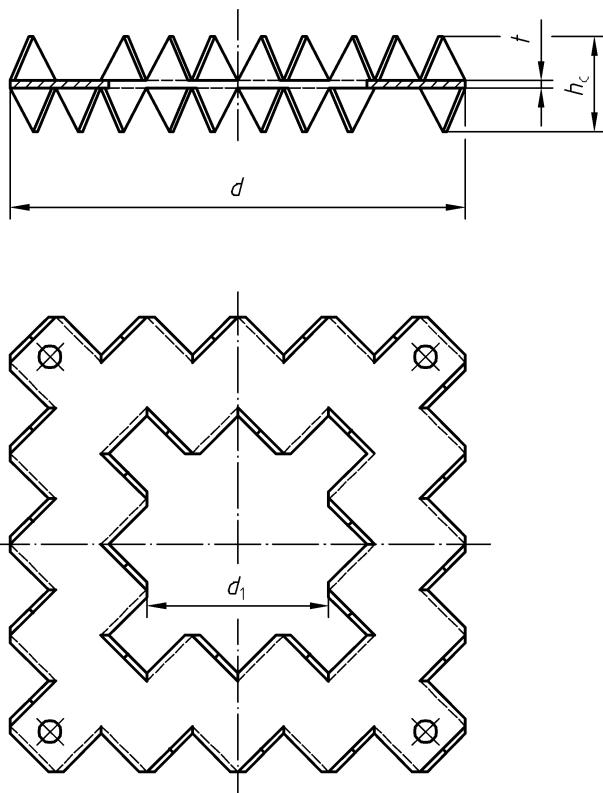


Bild G.7 — Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5

Tabelle G.20 — Maße der Scheibendübel mit Zähnen des Typs C 5

Maße in Millimeter

	1	2	3	4	5	6	7
1	Seitenlänge d	Höhe h_c	Einpresstiefe h_e	Dicke t	Innere Seitenlänge d_1	Anzahl der äußeren Zähne	Anzahl der inneren Zähne
2	100	16	7,3	1,35	40	36	20
3	130	20	9,25	1,5	52	36	20

Abmaße: Dicke t nach DIN EN 10131:1992-01
übrige Maße: $\pm 0,8$
Als Rechenwert für d_c ist die Seitenlänge d zu verwenden.

G.4.9 Scheibendübel mit Dornen des Typs C 10

(1) Scheibendübel mit Dornen des Typs C 10 (siehe Bild G.8) sind zweiseitige Dübel, die aus einem Scheibenring mit Dornen auf beiden Seiten bestehen. Die Dorne sind gleich weit voneinander entfernt und entweder in einem oder in zwei Kreisen auf beiden Seiten des Scheibenrings angeordnet. Im Falle zweier Dornkreise ist eine Hälfte der Dorne auf dem inneren und die andere Hälfte auf dem äußeren Kreis angeordnet, wobei die inneren Dorne gegenüber den äußeren jeweils versetzt sind. Die Dorne auf den beiden Seiten des Scheibenrings können entweder gegeneinander versetzt sein oder nicht. Die Dornform entspricht einem Kegel mit abgestumpfter Spitze. Die Innenseite des Kegels darf unterhalb der abgestumpften Spitze leicht abgeflacht sein, am Kegelfuß jedoch um nicht mehr als 1,0 mm. Die Maße müssen der Tabelle G.21 entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Dornen des Typs C 10 werden aus Temperguss EN-GJMB-350-10 (Werkstoffnummer: EN-JM 1130) nach DIN EN 1562:1997-08 hergestellt.

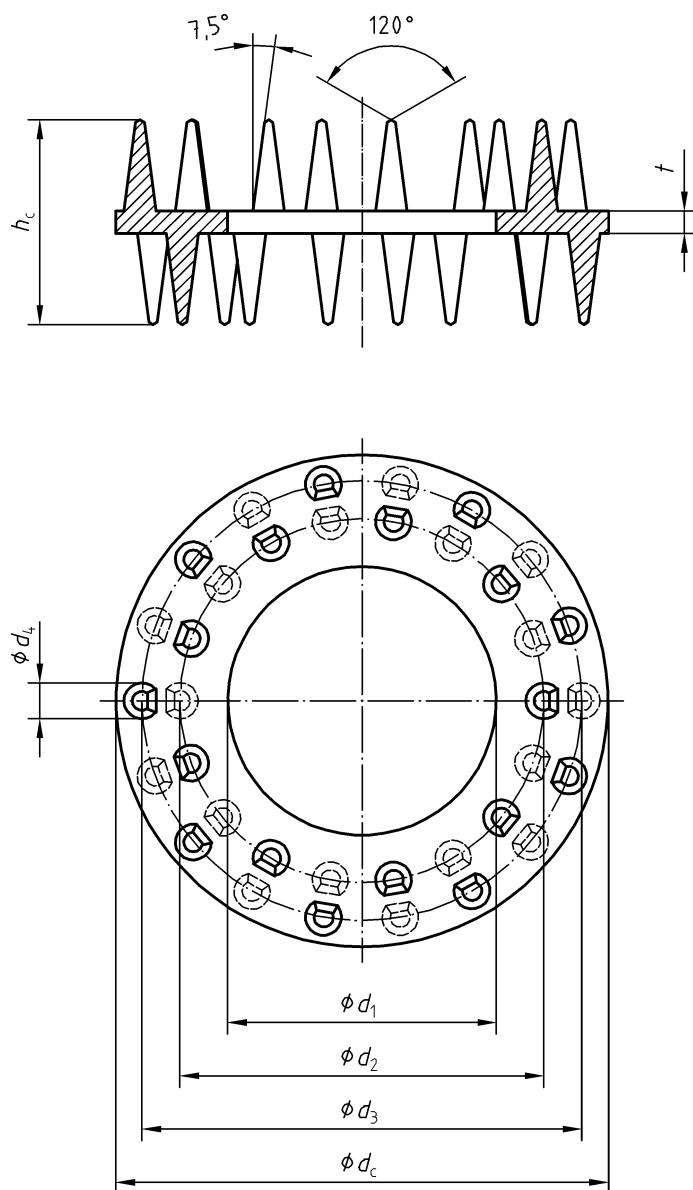


Bild G.8 — Scheibendübel mit Dornen des Typs C 10

ANMERKUNG Im Angussbereich der Dübel des Typs C 10 sind Stege mit einer Höhe von etwa 5 mm zwischen jeweils drei Dornen pro Dübelseite zulässig.

Tabelle G.21 — Maße der Scheibendübel mit Dornen des Typs C 10

Maße in Millimeter

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Durch-messer d_c	Höhe h_c	Einpress-tiefe h_e	Dicke t	Innen-durch-messer des Scheiben-rings d_1	Durch-messer des inneren Dorn- kreises d_2	Durch-messer des äußereren Dorn- kreises d_3	Dorn- durch- messer am Dorn- grund d_4	Anzahl der Dornen je Seite
2	50	27	12	3	30,5	41	—	6	8 ^a
3	65	27	12	3	35,5	48	58	6	14 ^{b,c}
4	80	27	12	3	49,5	60	70	6	18 ^b
5	95	27	12	3	65,5	76	88	6	24 ^b
6	115	27	12	3	85,5	95	108	6	32 ^b
Abmaße: h_c und t : $\pm 0,5$, übrige Maße: $\pm 0,8$.									
^a Auf einem Kreis angeordnet.									
^b Auf zwei Kreisen angeordnet.									
^c Die Dorne auf einer Seite sind gegenüber den Dornen auf der anderen Seite nicht versetzt.									

G.4.10 Scheibendübel mit Dornen des Typs C 11

(1) Scheibendübel mit Dornen des Typs C 11 (siehe Bild G.9) sind einseitige Dübel, die aus einem Scheibenring mit Dornen auf einer Scheibenseite bestehen. Die Dorne sind gleich weit voneinander entfernt und entweder in einem oder in zwei Kreisen auf einer Seite des Scheibenrings angeordnet. Im Falle zweier Dornkreise ist eine Hälfte der Dornen auf dem inneren und die andere Hälfte auf dem äußeren Kreis angeordnet, wobei die inneren Dorne gegenüber den äußeren jeweils versetzt sind. Die Dornform entspricht einem Kegel mit abgestumpfter Spitze. Die Innenseite des Kegels darf unterhalb der abgestumpften Spitze leicht abgeflacht sein, am Kegelfuß jedoch um nicht mehr als 1,0 mm. Jeder Dübel besitzt in seiner Mitte ein Bolzenloch mit einem umlaufenden Flansch, der auf derselben Scheibenseite hervorsteht wie die Dornen. Die Maße müssen der Tabelle G.22 entsprechen.

(2) Scheibendübel mit Dornen des Typs C 11 werden aus Temperguss EN-GJMB-350-10 (Werkstoffnummer: EN-JM 1130) nach DIN EN 1562:1997-08 hergestellt.

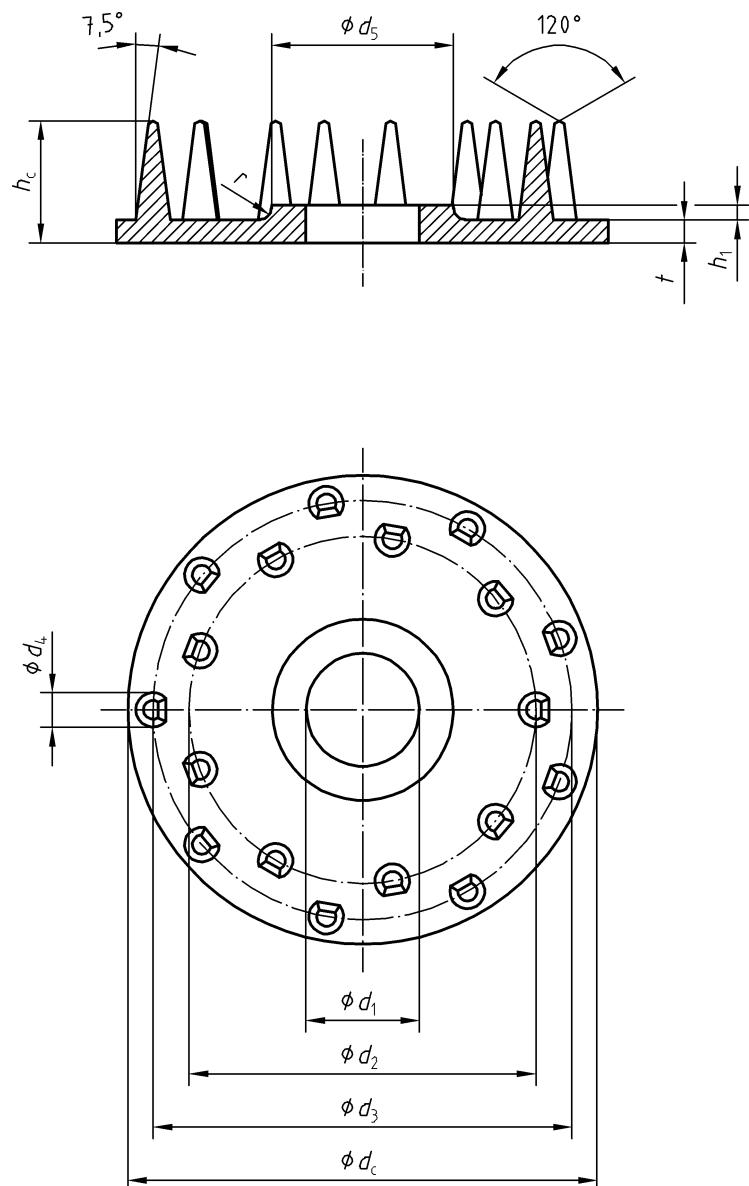


Bild G.9 — Scheibendübel mit Dornen des Typs C 11

ANMERKUNG Im Angussbereich der Dübel des Typs C 11 sind Stege mit einer Höhe von etwa 5 mm zwischen jeweils drei Dornen pro Dübelseite zulässig.

Tabelle G.22 — Maße der Scheibendübel mit Dornen des Typs C 11

Maße in Millimeter

	1	2	3	4	5	6	7
1	Durchmesser d_c	Höhe h_c	Einpress-tiefe h_e	Dicke t	Durchmesser des Mittelloches d_1	Durchmesser des inneren Dornkreises d_2	Durchmesser des äußeren Dornkreises d_3
2	50	15	12	3	12,5	40	—
3	65	15	12	3	16,5	46	56
4	80	15	12	3	20,5	57	69
5	95	15	12	3	24,5	64	84
6	115	15	12	3	24,5	84	106

Maße in Millimeter

	1	8	9	10	11	12
1	Durchmesser d_c	Dorndurchmesser am Dorngrund d_4	Flansch-durchmesser d_5	Radius r	Flanschhöhe über Scheibenfläche h_1	Anzahl der Dorne
2	50	6	17	4	3	8 ^a
3	65	6	21	4	3	14 ^b
4	80	6	20,5 ^c	—	3	22 ^b
5	95	6	30,5	4	3	24 ^b
6	115	6	30,5	4	3	32 ^b

Abmaße: h_c , t , r und h_1 : $\pm 0,5$, übrige Maße: $\pm 0,8$.^a Auf einem Kreis angeordnet.^b Auf zwei Kreisen angeordnet.^c Der Übergang zwischen Scheibe und Flansch ist nicht ausgerundet, sondern unter einem Winkel von 26,5° geneigt.

Anhang H

(normativ)

Brettschichtholz — Anforderungen

H.1 Allgemeines

- (1) Dieser Anhang regelt die Anforderungen an Brettschichtholz.

H.2 Anforderungen an die Herstellung

(1) Sofern nachstehend nichts anderes geregelt wird, muss Brettschichtholz die Anforderungen nach DIN EN 386:2002-04 und nach Anhang A erfüllen.

(2) Das Holz ist in Übereinstimmung mit DIN 4074-1 nach der Festigkeit zu sortieren.

(3) Für die Herstellung von Brettschichtholz sind die folgenden Nadelholzarten zulässig: Fichte (*Picea Abies*), Tanne (*Abies alba*), Kiefer (*Pinus sylvestris*), Lärche (*Larix decidua*), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*), Southern Pine (*Pinus echinata*, *Pinus elliottii*, *Pinus palustris*; *Pinus taeda*), Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*), Yellow Cedar (*Chamaecyparis nootkatensis*).

(4) Der Biegeradius R für gekrümmte Bauteile in den Nutzungsklassen 1 und 2 muss mindestens $230 \cdot t$, in der Nutzungsklasse 3 mindestens $205 \cdot t$ betragen. Biegeradien bis zu $150 \cdot t$ sind zulässig, wenn die Lamellendicke t der Bedingung H.1 entspricht

$$t \leq 13 + 0,4 \left[\frac{R}{t} - 150 \right] \quad \text{mm} \quad (\text{H.1})$$

Dabei ist

R Biegeradius des Brettschichtholzbauteiles in mm,

t Lamellendicke in mm.

(5) Die Eignung der verwendeten Klebstoffe muss für den vorgesehenen Anwendungsbereich nachgewiesen sein.

(6) Abweichungen von den Vorgaben für die relative Luftfeuchte sind zulässig, wenn die Klebfähigkeit des aufgetragenen Klebstoffes beim Schließen der Pressen zuverlässig gegeben ist.

H.3 Werkseigene Produktionskontrolle

(1) Sofern nachstehend nichts anderes geregelt wird, ist die werkseigene Produktionskontrolle nach DIN EN 386:2002-04, 7.1 durchzuführen.

(2) In jeder Arbeitsschicht sind mindestens zwei Keilzinkenbiegeproben der höchsten in der Arbeitsschicht produzierten Sortierklasse in etwa gleichmäßigen Zeitabständen zu entnehmen und nach DIN EN 386:2002-04, 7.1.3, zu prüfen.

Die charakteristische Biegefestigkeit der Keilzinkenverbindungen muss mindestens den Werten der Tabelle H.1 entsprechen.

**Tabelle H.1 — Mindestwerte der charakteristischen
Biegefestigkeit $f_{m,k}$ für Keilzinkenverbindungen in N/mm²**

	1	2
1	Festigkeitsklasse der Lamelle	$f_{m,k}$ N/mm ²
2	C16	25
3	C24	30
4	C30	35
5	C35	40
6	C40	45

- (3) Die Auswertung der werkseigenen Produktionskontrolle ist nach DIN EN 386:2002-04, 7.1.2.2 a) durchzuführen.

H.4 Fremdüberwachung

- (1) Es sind mindestens zwei Überwachungen je Jahr durchzuführen. Diese sind unangekündigt vorzunehmen, es sei denn, besondere Bedingungen erfordern eine Ankündigung.
- (2) Je Überwachung sind mindestens 20 Probekörper der höchsten Festigkeitsklasse, die der Hersteller verarbeitet, nach Zufallsgesichtspunkten zu entnehmen und nach DIN EN 386:2002-04, 7.1.2, zu prüfen.
- (3) Die charakteristische Biegefestigkeit der Keilzinkenverbindungen muss mindestens den Werten der Tabelle H.1 entsprechen.
- (4) Die Auswertung ist nach DIN EN 386:2002-04, 7.1.2.2 a) durchzuführen.

Anhang I (normativ)

Keilzinkenverbindungen im Bauholz — Anforderungen

I.1 Allgemeines

(1) Dieser Anhang regelt die Anforderungen an Keilzinkenverbindungen im Bauholz.

I.2 Anforderungen an die Herstellung

(1) Sofern nachstehend nichts anderes geregelt wird, müssen Keilzinkenverbindungen im Bauholz die Anforderungen nach DIN EN 385:2002-03 und nach Anhang A erfüllen.

(2) Für die Herstellung von Keilzinkenverbindungen im Bauholz sind die folgenden Nadelholzarten zulässig: Fichte (*Picea Abies*), Tanne (*Abies alba*), Kiefer (*Pinus sylvestris*), Lärche (*Larix decidua*), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*), Southern Pine (*Pinus echinata*, *Pinus elliottii*, *Pinus palustris*; *Pinus taeda*), Western Hemlock (*Tsuga heterophylls*), Yellow Cedar (*Chamaecyparis nootkatensis*).

(3) Die Eignung der verwendeten Klebstoffe muss für den vorgesehenen Anwendungsbereich nachgewiesen sein.

I.3 Werkseigene Produktionskontrolle

(1) Sofern nachstehend nichts anderes geregelt wird, ist die werkseigene Produktionskontrolle nach DIN EN 385:2002-03, 7.1 durchzuführen.

(2) In jeder Arbeitsschicht sind mindestens zwei Keilzinkenbiegeproben der höchsten in der Arbeitsschicht produzierten Sortierklasse in etwa gleichmäßigen Zeitabständen zu entnehmen und nach DIN EN 385:2002-03, 7.1.3, zu prüfen.

Die charakteristische Biegefestigkeit der Keilzinkenverbindungen muss mindestens den Werten der Tabelle I.1 entsprechen.

**Tabelle I.1 — Mindestwerte der charakteristischen Biegefestigkeit $f_{m,k}$
für Keilzinkenverbindungen in N/mm²**

	1	2
1	Festigkeitsklasse der Hölzer	$f_{m,k}$ N/mm ²
2	C16	16
3	C24	24
4	C30	30
5	C35	35
6	C40	40

(3) Die Auswertung der werkseigenen Produktionskontrolle ist nach DIN EN 385:2002-03, 7.1.4 a) durchzuführen.

I.4 Fremdüberwachung

(1) Es sind mindestens zwei Überwachungen je Jahr durchzuführen. Diese sind unangekündigt vorzunehmen, es sei denn, besondere Bedingungen erfordern eine Ankündigung.

(2) Je Überwachung sind mindestens 20 Probekörper der höchsten Festigkeitsklasse, die der Hersteller verarbeitet, nach Zufallsgesichtspunkten zu entnehmen und nach DIN EN 385:2002-03, 7.1.3, zu prüfen.

(3) Die charakteristische Biegefestigkeit der Keilzinkenverbindungen muss mindestens den Werten der Tabelle I.1 entsprechen.

(4) Die Auswertung ist nach DIN EN 385:2002-03, 7.1.4 a) durchzuführen.