

Inhaltsverzeichnis

Handhabung des Buches und nationale/europäische Normung im Bauwesen . XXIII

Einleitung XXIX

1	Der Baustoff Holz	1
1.1	Aufbau des Holzes	1
1.2	Anisotropie des Holzes	4
1.3	Rohdichte des Holzes	5
1.4	Holzfeuchte	7
1.4.1	Bereiche, Werte und Messen der Holzfeuchte	7
1.4.2	Holzfeuchteverteilungen und Eigenspannungen	11
1.4.3	Quellen und Schwinden	14
1.4.4	Formänderungen des Holzes infolge Quellens und Schwindens	15
1.4.5	Rissbildungen im Holz infolge Holzfeuchteänderungen	16
1.4.6	Trocknung, Lagerung und Einbaufeuchte von Holzbauteilen	20
1.5	Wärmedehnung von Holz	21
1.6	Natürliche Dauerhaftigkeit von Holz	22
1.7	Chemisches Verhalten von Holz	26
1.8	Elastizität des Holzes	28
1.8.1	Elastisches Verhalten von Holz	28
1.8.2	Elastizitätsgesetze (anisotrop, rhombisch-anisotrop, isotrop)	29
1.8.3	Steifigkeitskennwerte (Elastizitäts-, Schub-, Torsionsmoduln) von (Bau-)Hölzern	32
1.9	Kriechen von Holz	35
1.9.1	Kriechen von Holz als visko-elastisches Material	35
1.9.2	Kriechen von Holz unter verschiedenen mechanischen Beanspruchungen bei Holzfeuchten der Nutzungsklasse 1	37
1.9.3	Kriechen von Holz bei höheren Holzfeuchten der Nutzungsklassen 2 und 3	38
1.9.4	Berücksichtigung des Kriechens bei der Bemessung von Holzbauteilen	39

1.10	Festigkeit von Holz	40
1.10.1	Festigkeiten von fehlerfreiem Holz und fehlerbehaftetem Bauholz	40
1.10.2	Festigkeiten von Holz in Abhängigkeit vom Winkel α zwischen Kraft- (bzw. Beanspruchungs-) und Faserrichtung	44
1.10.3	Festigkeiten von Holz in Abhängigkeit von der Rohdichte und Ästigkeit	47
1.10.4	Festigkeiten von Holz in Abhängigkeit von der Holzfeuchte und Holztemperatur	48
1.10.5	Festigkeiten von Holz in Abhängigkeit von der Belastungsdauer	50
1.10.6	Festlegen der charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte von Bauholz	51
1.10.7	Reißlänge	55
2	Holzwerkstoffe	57
2.1	Holzwerkstoffbauteile	57
2.2	Aufbau, Herstellung und Einsatzgebiete von Holzwerkstoffen	59
2.3	Anisotropie von Holzwerkstoffen	66
2.4	Rohdichte von Holzwerkstoffen	68
2.5	Quellen, Schwinden und Holzfeuchte von Holzwerkstoffen	69
2.6	Elastizität von Holzwerkstoffen	70
2.7	Kriechen von Holzwerkstoffen	72
2.8	Festigkeiten von Holzwerkstoffen	74
2.9	Klassen und Anwendungsbereiche von Holzwerkstoffen	80
3	Bauholz	85
3.1	Bauhölzer	85
3.2	Vollholz (VH)	88
3.2.1	Bauschnitt- und Rundhölzer	88
3.2.2	Veredelte Bauschnitthölzer	90
3.2.3	Sortierung von Vollholz	92
3.2.4	Maße und Maßänderungen bei Vollholz	98
3.3	Brettschichtholz (BS-Holz)	100
3.3.1	Aufbau des Brettschichtholzes	100
3.3.2	Abmessungen, Formgebung und Oberflächenqualität von Brettschichtholzbauteilen	109
3.3.3	Maße und Maßänderungen bei Brettschichtholz	113
3.3.4	Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz	116
3.3.5	Aufgetrenntes Brettschichtholz	118
3.4	Balkenschichtholz	118
3.5	Furnierschichtholz	121
3.6	Vollwandträger aus T-, I- und Kastenquerschnitt	123

4	Brandverhalten und Brandschutzbemessung von Holzbauteilen	127
4.1	Brandverhalten von Holz	127
4.1.1	Thermische Zersetzung von Holz	127
4.1.2	Entzündungstemperaturen von Holz	128
4.1.3	Abbrandverhalten von ungeschütztem Holz	128
4.1.4	Abbrandverhalten von Holzkonstruktionen	129
4.1.5	Temperaturverlauf im Holzquerschnitt	129
4.2	Baustoffklassen von Holzbaustoffen	131
4.3	Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen aus Holzbaustoffen	135
4.4	Ungeschützte und geschützte Holzbauteile im Brandfall	140
4.4.1	Abbrandraten ungeschützter Holzbauteile	140
4.4.2	Abbrandtiefen ungeschützter Holzbauteile	143
4.4.3	Abbrandszenarien anfänglich geschützter Holzbauteile	144
4.4.4	Abbrandraten bei anfänglich geschützten Holzbauteilen	148
4.4.5	Abbrandbeginn bei anfänglich geschützten Holzbauteilen und Versagenszeit von Brandschutzbekleidungen	151
4.4.6	Höhere Festigkeiten f und Steifigkeiten S bei der Bemessung im Brandfall	154
4.4.7	Abnahme der Festigkeiten und Steifigkeiten mit steigenden Temperaturen im Brandfall bei allgemeinen Berechnungs- und den Regel- Bemessungsverfahren	156
4.5	Bemessung von Holzbauteilen im Brandfall	159
4.5.1	Grundlagen der Bemessung im Brandfall	159
4.5.2	Einwirkungen im Brandfall	161
4.5.3	Allgemeine Nachweismethoden für die Bemessung im Brandfall	165
4.5.4	(Vereinfachte) Methode mit reduziertem Querschnitt zur Bestimmung von Querschnittswerten im Brandfall	166
4.5.5	(Genauere) Methode mit reduzierten (Werkstoff-) Eigenschaften zur Bestimmung von Querschnittswerten im Brandfall	169
4.5.6	Modifikationsbeiwerte $k_{\text{mod},fi}$ für die Bemessung im Brandfall	172
4.5.7	Bemessungswert der Beanspruchbarkeit $R_{d,t,fi}$ eines Holzbauteils	174
4.5.8	Bemessungswerte der Festig- und Steifigkeiten von Holzbauteilen im Brandfall	175
4.5.9	Nachweise der Querschnittstragfähigkeit von Holzbauteilen im Brandfall	177
4.5.10	Nachweise mit den Ersatzstabverfahren für Druckstäbe (Biegeknicken) und Biegestäbe (Biegedrillknicken) im Brandfall	179
4.5.11	Konstruktive Ausführung der Befestigung von Brandschutzbeklei- dungen aus Holz oder Holzwerkstoffen bei Balken und Stützen	183
4.6	Bemessung von Verbindungen im Brandfall	184
4.6.1	Brandverhalten und Bemessung von Verbindungen mit metallischen Verbindungsmitteln	184

4.6.2	Verbindungen mit Seitenteilen aus Holz im Brandfall, vereinfachte Methode	186
4.6.3	Verbindungen mit Seitenteilen aus Holz im Brandfall, genauere Methode mit reduzierten Beanspruchungen	192
4.6.4	Verbindungen mit innen liegenden Stahlblechen im Brandfall, vereinfachte Methode	197
4.6.5	Verbindungen mit außen liegenden Stahlblechen im Brandfall . .	198
4.6.6	Verbindungen mit auf Herausziehen beanspruchten Holzschrauben im Brandfall, vereinfachte Regeln	199
4.7	Bemessungen von Wand- und Deckenkonstruktionen im Brandfall	199
4.8	Ergänzungen zur Brandschutz-Bemessung nach DIN EN 1995-1-2	200
5	Dauerhaftigkeit, Holz- und Korrosionsschutz	201
5.1	Dauerhaftigkeit und Nutzungsdauer eines Tragwerkes	201
5.2	Holzschutz	202
5.2.1	Übersicht über den Holzschutz	202
5.2.2	Holz zerstörende Organismen (Pilze und Insekten)	205
5.2.3	Allgemeine verbindliche Regelungen des Holzschutzes	210
5.2.4	Baulicher (konstruktiver) Holzschutz	228
5.2.4.1	Grundsätzliche bauliche Holzschutzmaßnahmen	229
5.2.4.2	Feuchte während Transport, Lagerung, Montage und Einbau (Bauphase)	230
5.2.4.3	Feuchte im Gebrauchszustand, Witterungsschutz	236
5.2.4.4	Feuchte im Gebrauchszustand, Schutz gegen Nutzungsfeuchte	244
5.2.4.5	Feuchte im Gebrauchszustand, Tauwasserschutz	244
5.2.4.6	Beispiele weiterer baulicher Holzschutzmaßnahmen direkt bewitterter Bauteile	248
5.2.4.7	Besondere bauliche Holzschutzmaßnahmen	248
5.2.4.8	Nachweisverfahren für besondere bauliche Maßnahmen zur Einstufung von Holzbauteilen in Gebrauchsklasse GK 0	252
5.2.4.9	Bauliche Holzschutzmaßnahmen zur Vermeidung eines Bauschadens durch Holz zerstörende Pilze	254
5.2.4.10	Bauliche Holzschutzmaßnahmen zur Vermeidung eines Bauschadens durch Holz zerstörende Insekten	258
5.2.4.11	Holzwerkstoffe in verschiedenen Anwendungsfällen	262
5.2.4.12	Weitere Konstruktionsprinzipien für Holzbauteile der Gebrauchsklasse GK 0	263
5.2.5	Holzschutz mit Holzschutzmitteln	265
5.2.6	Oberflächenbehandlung (Anstriche, Beschichtungen)	283
5.2.7	Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Holz zerstörende Pilze und Insekten	285
5.3	Korrosionsschutz metallischer Bauteile und Verbindungsmittel	287

6	Geklebte Holzverbindungen	291
6.1	Übersicht über geklebte Holzverbindungen und Kleber	291
6.2	Tragende geklebte Verbindungen im Holzbau	293
6.2.1	Beanspruchung geklebter Holzverbindungen	293
6.2.2	Herstellen tragender geklebter Holzbauteile	295
6.2.3	Schraubenpressklebung	298
6.2.4	Nachweis der Eignung zum Kleben tragender Holzbauteile	299
6.3	Schäftung	301
6.4	Keilzinkung	303
7	Eigenschaften von Holzbaustoffen	307
7.1	Begriffe von Holzbaustoffen und Baunormen	307
7.2	Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte	312
7.2.1	Charakteristische Kennwerte für Voll- und Brettschichtholz	312
7.2.2	Charakteristische Kennwerte für ausgesuchte Holzwerkstoffe	318
7.2.3	Charakteristische Kennwerte für Klebfugen bei Verstärkungen	323
7.3	Nutzungsklassen, Lasteinwirkungsdauer und Verformungen	324
7.3.1	Nutzungsklassen	324
7.3.2	Lasteinwirkungsdauer	328
7.3.3	Verformung (Kriechen)	330
7.4	Modifikations- und Verformungsbeiwerte	331
7.4.1	Modifikationsbeiwerte	331
7.4.2	Verformungsbeiwerte	334
7.5	Quell- und Schwindmaße, Querschnitts- und Längenänderungen, Gleichgewichtsfeuchte	336
7.5.1	Quell- und Schwindmaße	336
7.5.2	Berechnung von Querschnitts- und Längenänderungen infolge Quellens oder Schwindens	339
7.5.3	Gleichgewichtsfeuchte	340
7.6	Temperaturänderungen in Holzbauteilen	341
7.7	Wichten von Holz und Holzwerkstoffen	341
8	Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Bauteilen aus Holzbaustoffen	343
8.1	Sicherheitskonzept	343
8.2	Methode der Teilsicherheitsbeiwerte zur Bemessung von Bauwerken	344
8.2.1	Grenzzustände der Tragfähigkeit	344
8.2.2	Nachweis der Tragfähigkeit in allgemeiner Form	344
8.2.3	Charakteristische Werte	345
8.2.4	Teilsicherheitsbeiwerte	346
8.2.5	Bemessungswerte	348
8.2.6	Nachweisverfahren im Grenzzustand der Tragfähigkeit	350

8.3	Querschnittsmaße und Querschnittsschwächung	351
8.3.1	Nennmaße	351
8.3.2	Mindest- und Maximalabmessungen für Bauteile aus Holzbaustoffen	352
8.3.3	Querschnittsschwächungen	353
8.4	Mittig und ausmittig beanspruchte Stäbe	355
9	Einwirkungen und Lastannahmen	357
9.1	Einwirkungen	357
9.2	Bemessungssituationen	360
9.3	Kombinationsregeln für Einwirkungen	361
9.3.1	Grundkombination der Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit	361
9.3.2	Kombination der Einwirkungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	364
9.4	Lastannahmen und Lastaufstellung	364
9.4.1	Lastannahmen	364
9.4.2	Lastaufstellung	364
10	Mechanische Holzverbindungen, Allgemeines	369
10.1	Übersicht über mechanische Holzverbindungen	369
10.2	Anordnung von Verbindungsmitteln	371
10.3	Trag- und Verformungsverhalten von Holzverbindungen	377
10.3.1	Verbindungen von Holzbauteilen	377
10.3.2	Nachgiebigkeit einer Holzverbindung	379
10.3.3	Steifigkeitswerte mechanischer Holzverbindungen	379
10.3.4	Wirksame Anzahl hintereinander liegender Verbindungsmittel . . .	382
10.3.5	Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel in einer Holzverbindung	383
10.3.6	Holzverbindungen unter wechselnden Beanspruchungen	387
10.3.7	Scher- oder Zugversagen (Blockscherversagen) bei Stahl-Holz-Verbindungen an belasteten Hirnholzenden	388
11	Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln	393
11.1	Überblick über stiftförmige metallische Verbindungsmittel	393
11.2	Genaueres und vereinfachtes Nachweisverfahren zur Berechnung der Tragfähigkeit stiftförmiger metallischer Verbindungsmittel	397
11.2.1	Genaueres Nachweisverfahren stiftförmiger metallischer Verbindungsmittel auf Abscheren	397
11.2.2	Herleitung von Gleichungen des genaueren Nachweisverfahrens stiftförmiger metallischer Verbindungsmittel auf Abscheren	398
11.2.3	Vereinfachtes Nachweisverfahren stiftförmiger metallischer Verbindungsmittel auf Abscheren	401

11.3 Vereinfachtes Nachweisverfahren zur Berechnung der Tragfähigkeit stiftförmiger metallischer Verbindungsmittel in Holz-Holz- und Holz-Holzwerkstoff-Verbindungen (Abscheren)	402
11.4 Vereinfachtes Nachweisverfahren zur Berechnung der Tragfähigkeit stiftförmiger metallischer Verbindungsmittel in Stahlblech-Holz-Verbindungen (Abscheren)	407
11.5 Stabdübel- und Passbolzenverbindungen	410
11.5.1 Übersicht über Stabdübel und Passbolzen	410
11.5.2 Tragfähigkeit von Stabdübelverbindungen bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren)	412
11.5.3 Tragfähigkeit von Passbolzenverbindungen bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren)	418
11.5.4 Tragfähigkeit von Passbolzenverbindungen bei Beanspruchung in Richtung der Stiftachse (Zug)	420
11.6 Bolzen- und Gewindestangenverbindungen	423
11.6.1 Übersicht über Bolzen und Gewindestangen	423
11.6.2 Tragfähigkeit von Bolzen- und Gewindestangenverbindungen bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren) . . .	425
11.6.3 Tragfähigkeit von Bolzen- und Gewindestangenverbindungen bei Beanspruchung in Richtung der Stiftachse (Zug)	428
11.7 Nagelverbindungen	428
11.7.1 Übersicht über Nägel	428
11.7.2 Tragfähigkeit von Nagelverbindungen bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren)	431
11.7.3 Tragfähigkeit von Nagelverbindungen bei Beanspruchung in Richtung der Stiftachse (Herausziehen)	449
11.7.4 Tragfähigkeit kombiniert beanspruchter Nagelverbindungen (Abscheren und Herausziehen)	460
11.7.5 Nagelverbindungen mit Stahlteilen oder Stahlblechen	461
11.8 Holzschraubenverbindungen	465
11.8.1 Übersicht über Holzschrauben	465
11.8.2 Tragfähigkeit von Holzschraubenverbindungen bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren) . . .	470
11.8.3 Tragfähigkeit von Holzschraubenverbindungen bei Beanspruchung in Richtung der Stiftachse	474
11.8.4 Tragfähigkeit von Verbindungen mit Vollgewindeschrauben . . .	479
11.9 Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln und Zwischenschichten	496
12 Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart	499
12.1 Überblick über Holzverbindungen mit Dübeln besonderer Bauart	499
12.2 Holzverbindungen mit Ringdübeln Typ A und Scheibendübeln Typ B . .	508

12.3	Holzverbindungen mit Scheibendübeln mit Zähnen Typ C	512
12.4	Dübelsicherung durch Sondernägeln und Holzschrauben	522
12.5	Holzverbindungen mit Dübeln besonderer Bauart in Hirnholzflächen . . .	523
13	Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben	531
13.1	Überblick über Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben	531
13.2	Eingeklebte Stahlstäbe bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stabachse (Abscheren)	536
13.3	Eingeklebte Stahlstäbe bei Beanspruchung in Richtung der Stabachse (Herausziehen oder Hineindrücken)	538
14	Zimmermannsmäßige Verbindungen	543
14.1	Verbindungen mit Versätzen	543
14.2	Verbindungen mit Zapfen	551
14.3	Verbindungen mit Holznägeln	554
15	Nachweise für Zug	557
15.1	Querschnittstragfähigkeit für Zug	557
15.1.1	Zug in Faserrichtung des Holzes (mittiger Zug)	557
15.1.2	Zug unter einem Winkel α	559
15.1.3	Zug und Biegung (ausmittiger Zug)	560
15.2	Zugverbindungen	561
16	Nachweise für Druck	567
16.1	Querschnittstragfähigkeit für Druck	567
16.1.1	Druck in Faserrichtung des Holzes (mittiger Druck) (Knicken nicht maßgebend)	567
16.1.2	Druck rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes	568
16.1.3	Druck unter einem Winkel α zwischen Kraft- und Faserrichtung .	572
16.1.4	Druck und Biegung (ausmittiger Druck) (Knicken und Biegedrillknicken (Kippen) nicht maßgebend) . . .	577
16.2	Ersatzstabverfahren für Druckstäbe (Biegeknick- und ggf. Biegedrillknicknachweise (Kippnachweise) maßgebend)	577
16.2.1	Mittiger Druck (Biegeknicken maßgebend)	578
16.2.2	Druck und Biegung (ausmittiger Druck)	582
16.2.3	Knickbeiwerte k_c	583
16.2.4	Ersatzstablängen (Knicklängen) l_{ef}	587
16.2.5	Stabilität (kurze Einführung in das Biege-Knicken)	594
16.3	Anschlüsse und Stöße bei Druckstäben	602
17	Nachweise für Biegung	607
17.1	Querschnittstragfähigkeit für Biegung	607
17.1.1	Einfache (einaxiale) Biegung (Biegedrillknicken (Kippen) nicht maßgebend)	607
17.1.2	Erhöhung der charakteristischen Biegefestigkeiten von Voll-, Brettschicht- und Furnierschichtholz	608

17.1.3	Doppelbiegung (zweiachiale Biegung) (Biegedrillknicken (Kippen) nicht maßgebend)	610
17.1.4	Biegung und Zug (ausmittiger Zug) (Biegedrillknicken (Kippen) nicht maßgebend)	612
17.1.5	Biegung und Druck (ausmittiger Druck) (Biegedrillknicken (Kippen) nicht maßgebend und Knicken nicht maßgebend)	617
17.2	Ersatzstabverfahren für Biegestäbe (Biegedrillknicken (Kippen) und ggf. Knicken maßgebend)	621
17.2.1	Einfache (einachiale) Biegung (Biegedrillknicken (Kippen) maßgebend)	622
17.2.2	Doppelbiegung (zweiachiale Biegung) (Biegedrillknicken (Kippen) maßgebend)	624
17.2.3	Biegung und Zug (ausmittiger Zug) (Biegedrillknicken (Kippen) maßgebend)	626
17.2.4	Biegung und Druck (ausmittiger Druck) (Biegedrillknicken (Kippen) und Knicken maßgebend)	627
17.2.5	Kippbeiwert k_{crit}	630
17.2.6	Ersatzstablängen l_{ef} (Biegedrillknicken, Kipplängen)	638
17.2.7	Biegedrillknicken (Kippen) (kurze Einführung)	644
17.3	Auflagerung, Gabellager und Stützweiten von Biegeträgern	647
17.3.1	Auflagerung von Biegeträgern	647
17.3.2	Gabellager von Biegeträgern	648
17.3.3	Stützweiten von Biegeträgern	654
17.4	Biegesteife Stöße und Eckverbindungen	655
17.4.1	Überblick über biegesteife Stöße und Eckverbindungen	655
17.4.2	Biegesteifer Stoß mit mechanischen Verbindungsmitteln	657
17.4.3	Biegesteife gerade Stöße bei Koppelträgern (Koppelpfetten)	660
17.4.4	Biegesteife abgewinkelte Stöße und Bauteile	662
17.4.5	Verdübelte Rahmenecken	663
17.4.6	Keilgezinkte Rahmenecken	668
17.4.7	Nachgiebigkeit mechanischer Verbindungsmittel in biegesteifen Stößen und Eckverbindungen	671
17.5	Einfeldträger und Durchlaufträger ohne und mit Gelenken	672
17.5.1	Einfeldträger	672
17.5.2	Durchlaufträger	673
18	Nachweise für Querkraft	683
18.1	Schub aus einachialer Querkraft (Querschnittstragfähigkeit)	683
18.2	Schub aus zweiachialer Querkraft (Querschnittstragfähigkeit)	686
18.3	Schub bei reduzierter Querkraft (Querschnittstragfähigkeit)	687
18.4	Verteilung der Querkraft und Schubspannung in einem Biegeträger	689

19 Nachweise für Torsion	691
19.1 Schub aus Torsion (Querschnittstragfähigkeit)	691
19.2 Schub aus Torsion und Querkraft (Querschnittstragfähigkeit)	697
20 Nachweise für Pultdach-, Satteldach- und gekrümmte Biegeträger	699
20.1 Biegeträger mit linear veränderlicher Querschnittshöhe	699
20.1.1 Biegespannungsverlauf in Trägern mit linear veränderlicher Querschnittshöhe	700
20.1.2 Spannungscombination am geneigten Trägerrand	702
20.1.3 Nachweis des Biegedrillknickens (Kippens) bei Trägern mit linear veränderlicher Querschnittshöhe	708
20.2 Pultdachträger	709
20.2.1 Nachweise von Pultdachträgern	709
20.3 Satteldachträger	711
20.3.1 Nachweise von Satteldachträgern	711
20.3.2 Verstärkungen von Satteldachträgern	713
20.3.3 Satteldachträger mit nachgiebig verbundener Firstspitze	720
20.4 Gekrümmte Träger	720
20.4.1 Nachweise von gekrümmten Trägern	720
20.4.2 Verstärkungen von gekrümmten Trägern	725
20.5 Verstärkungen von Satteldach- und gekrümmten Trägern aus Brettschichtholz	727
20.5.1 Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher klimabedingter Querkzugspannungen in gekrümmten Trägern und Satteldachträgern	727
20.5.2 Verstärkungen zur vollständigen Aufnahme von Querkzugspannungen in gekrümmten Trägern und Satteldachträgern	732
20.6 Spannungsverläufe in Satteldach- und gekrümmten Trägern	737
21 Nachweise für Ausklinkungen, Durchbrüche und Queranschlüsse	741
21.1 Ausklinkungen	741
21.1.1 Unverstärkte Ausklinkungen	742
21.1.2 Verstärkte Ausklinkungen	746
21.1.3 Spannungsverläufe in Ausklinkungen	749
21.2 Durchbrüche	750
21.2.1 Unverstärkte Durchbrüche	751
21.2.2 Verstärkte Durchbrüche	754
21.2.3 Spannungsverläufe in Durchbrüchen	759
21.3 Schräg- und Queranschlüsse	762
21.3.1 Unverstärkte Schräg- und Queranschlüsse	763
21.3.2 Verstärkte Schräg- und Queranschlüsse	771
21.3.3 Spannungsverläufe in Schräg- und Queranschlüssen	775

22 Nachweise für zusammengesetzte Bauteile (Verbundbauteile)	777
22.1 Tragverhalten von Biegestäben mit zusammengesetzten Querschnitten	777
22.1.1 Zusammengesetzte Querschnitte mit Teilquerschnitten aus unterschiedlichen Baustoffen	779
22.2 Zusammengesetzte Biegestäbe mit geklebtem (starrem) Verbund	783
22.3 Zusammengesetzte Biegestäbe mit nachgiebigem Verbund	786
22.4 Zusammengesetzte Druckstäbe mit geklebtem und nachgiebigem Verbund	790
23 Nachweise für Anschlüsse, Stöße und Fachwerke sowie Verformungsberechnungen	791
23.1 Modellbildung bei Stabtragwerken	791
23.1.1 Verformungen in Stäben und Verbindungen	791
23.1.2 Federsteifigkeiten in Stäben und Verbindungen	792
23.1.3 Schnittgrößen	799
23.2 Verbindung von Stäben	800
23.3 Anschlüsse in Fachwerken	805
23.3.1 Ausbildung von Fachwerken	805
23.3.2 Ausführlichere Berechnung von Fachwerken	806
23.3.3 Vereinfachte Berechnung von Fachwerken	808
23.4 Ausmittige Anschlüsse	810
23.5 Verformungsberechnungen	814
23.5.1 Einflüsse auf Verformungen	814
23.5.2 Arbeitsgleichung	815
24 Nachweise mit Theorie II. Ordnung	819
24.1 Theorie I. und II. Ordnung	819
24.2 Theorie II. Ordnung im Holzbau	821
24.2.1 Anwendung der Theorie II. Ordnung	821
24.2.2 Schnittgrößenermittlung nach Theorie II. Ordnung	822
24.2.3 Imperfektionen bei Theorie II. Ordnung	826
24.2.4 Nachweise nach Theorie II. Ordnung im Holzbau	829
24.3 Nachweise mit Theorie II. Ordnung oder Ersatzstabverfahren im Vergleich	831
25 Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	835
25.1 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	835
25.2 Einwirkungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	836
25.2.1 Kombinationsregeln im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	836
25.2.2 Charakteristische und quasi-ständige Kombination von Einwirkungen	837
25.3 Nachweise der Gebrauchstauglichkeit	839
25.3.1 Nachweise der Gebrauchstauglichkeit in allgemeiner Form	840
25.3.2 Berechnung der Verformungen (Durchbiegungen)	840

25.3.3	Nachweise und Grenzwerte der Verformungen (Durchbiegungen)	847
25.3.4	Überhöhungen	851
25.3.5	Nachweise und Grenzwerte der Verformungen (Schwingungen)	852
26	Aussteifung von Bauwerken und Bauteilen	863
26.1	Aussteifung von Bauwerken	863
26.2	Zwischenabstützungen (Einzelabstützungen)	866
26.2.1	Zwischenabstützungen (Einzelabstützungen) bei Druckstäben	866
26.2.2	Zwischenabstützungen (Einzelabstützungen) bei Biegestäben (-trägern)	869
26.2.3	Bauteile für Zwischenabstützungen (Einzelabstützungen) und Kopfbänder	870
26.2.4	Herleitung der Stabilisierungskräfte F_d für Zwischenabstützungen (Einzelabstützungen) bei Druck- und Biegestäben	871
26.3	Aussteifungskonstruktionen	872
26.3.1	Aussteifungskonstruktionen bei Biege- und Fachwerkträgern	872
26.3.2	Aussteifungskonstruktionen mit Aussteifungs- und Windlasten	878
26.3.3	Aussteifungskonstruktionen als Scheiben	881
26.3.4	Aussteifungskonstruktionen bei Druckstäben	882
26.3.5	Aussteifungskonstruktionen bei abgewinkelten Biege- und Fachwerkträgern	884
27	Berechnungs- und Bemessungsbeispiele	887
27.1	Querschnittsänderungen eines Kantholzes durch Schwinden (Schwindverformung)	888
27.2	Längenänderungen eines Brettschichtträgers durch Quellen (Quellverformung)	889
27.3	Zulässige Abweichungen der Querschnittsmaße eines Kantholzes	890
27.3.1	Zulässige Abweichungen nach Maßtoleranzklasse 2	890
27.3.2	Maximal zulässige Abweichung infolge Schwindens	890
27.3.3	Maximal zulässige Abweichung infolge Quellens	891
27.4	Nachweis des Anschlusses einer Diagonalen an einen Gurt mit Nägeln	892
27.4.1	Konstruktive Ausbildung und Einwirkung	892
27.4.2	Nachweis der Nagelverbindung	893
27.4.3	Nachweis der Diagonalen (Zugverbindung)	899
27.4.4	Schräg- oder Quersugnachweis für den Anschluss der Diagonalen an den Gurt mit Nägeln	900
27.5	Nachweis eines Zugstoßes mit Stabdübeln	901
27.5.1	Konstruktive Ausbildung und Einwirkung	901
27.5.2	Nachweis der Stabdübelverbindung	902
27.5.3	Nachweis der Zugstäbe und der Innenlasche (Zugverbindung)	906
27.5.4	Alternativer Nachweis eines Zugstabes	907

27.6	Nachweis eines Schräg- bzw. Queranschlusses mit Scheibendübeln mit Zähnen	910
27.6.1	Konstruktive Ausbildung und Einwirkung	910
27.6.2	Nachweis der Verbindung mit Scheibendübeln C10	911
27.6.3	Nachweis der Zugstäbe (Zange)	918
27.6.4	Schräg- oder Quersugnachweis für den Queranschluss der Zugstäbe an einen Balken mit Scheibendübeln C10	919
27.7	Nachweis einer Druckfläche rechtwinklig zur Faser	920
27.7.1	Konstruktive Ausbildung und Einwirkung	920
27.7.2	Nachweis der Querdrukfläche	923
27.8	Nachweis eines Druckstabes mit dem Ersatzstabverfahren	924
27.8.1	Konstruktive Ausbildung und Einwirkung	924
27.8.2	Nachweis des Druckstabes (Ersatzstabverfahren)	925
27.9	Nachweis eines Druckstabes mit Theorie II. Ordnung	927
27.9.1	Konstruktive Ausbildung und Einwirkung	927
27.9.2	Nachweis des Druckstabes (Theorie II. Ordnung)	928
27.10	Nachweis eines parallelgurtigen Biegeträgers aus Brettschichtholz	930
27.10.1	Konstruktive Ausbildung und Einwirkungen	930
27.10.2	Nachweis der Querschnittstragfähigkeit des parallelgurtigen Biegeträgers	931
27.10.3	Nachweis des Biegedrillknickens (Kippens) mit dem Ersatzstabverfahren für den parallelgurtigen Biegeträger	932
27.10.4	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit für den parallelgurtigen Biegeträger	935
27.11	Nachweis eines Satteldachträgers aus Brettschichtholz	939
27.11.1	Konstruktive Ausbildung und Einwirkungen	939
27.11.2	Schnittgrößen und maßgebende Lastkombination des Satteldachträgers	940
27.11.3	Nachweis der maximalen Biegebeanspruchung des Satteldachträgers	942
27.11.4	Nachweis des Firstquerschnitts des Satteldachträgers	942
27.11.5	Nachweis der Schubspannungen am Auflager des Satteldachträgers	944
27.12	Nachweis der Ausklinkung eines Endauflagers	
	Verstärkung mit eingeklebten Gewindestangen oder alternativ mit eingedrehten Vollgewindeschrauben	945
27.12.1	Konstruktive Ausbildung und Einwirkungen	945
27.12.2	Maßgebende Lastkombination und Festigkeiten	946
27.12.3	Nachweis des Endauflagers ohne Ausklinkung (zum Vergleich)	947
27.12.4	Nachweis des Endauflagers mit unverstärkter Ausklinkung	948
27.12.5	Nachweis des Endauflagers mit verstärkter Ausklinkung und eingeklebten Stahlstäben	950

27.12.6 Nachweis des Endauflagers mit verstärkter Ausklinkung und eingedrehten Vollgewindeschrauben	953
27.13 Nachweis einer elastisch (nachgiebig) eingespannten, zweiteiligen Nadelholzstütze	959
27.13.1 Konstruktive Ausbildung und Einwirkungen	959
27.13.2 Maßgebende Lastkombination und Festigkeiten	960
27.13.3 Drehfedersteifigkeit des Anschlusses am Stützenfußpunkt	962
27.13.4 Beanspruchung der Dübel in der Stützenfuß-Einspannung	963
27.13.5 Nachweis der Tragfähigkeit der maximal beanspruchten Verbindungseinheit (Scheibendübel C11 mit Bolzen M16)	964
27.13.6 Nachweis der zweiteiligen Stütze (Druckstab) mit dem Ersatzstabverfahren	970
27.13.7 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	975
27.14 Nachweis der Durchbiegung eines parallelgurtigen Fachwerkträgers aus Kanthölzern	978
27.14.1 Konstruktive Ausbildung und Einwirkungen	978
27.14.2 Ausbildung des Fachwerkträgers	980
27.14.3 Ermitteln der Stabkräfte	981
27.14.4 Nachweis der Verformungen (Durchbiegung)	982
Anhang	989
A.1 Genaueres Nachweisverfahren stiftförmiger metallischer Verbindungs- mittel bei Beanspruchung auf Abscheren nach DIN EN 1995-1-1: 2010-12, 8.1 bis 8.7	989
Formelzeichen	999
Technische Baubestimmungen	1003
Literaturverzeichnis	1013
Stichwortverzeichnis	1037