
Inhaltsübersicht

- 1 **Stahlbaunormen**
DIN EN 1993-1-8: Bemessung von Anschlüssen 1
Dieter Ungermann und Stephan Schneider
- 2 **Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB),
Normen und Bescheide im Stahlbau** 123
Karsten Kathage und Christoph Ortmann
- 3 **Träger mit großen Stegöffnungen nach der neuen
EN 1993-1-13, EN 1993-1-2, EN 1994-1-1 und EN 1994-1-2** 247
Francois Hanus, Louis-Guy Cajot, Daniel Pak und Antoine Glorieux
- 4 **Neue Entwicklungen in prEN 1993-1-4:2022** 299
Natalie Stranghöner, Nancy Baddoo, Francisco Meza, Detlef Ulbrich,
Christoph Abraham und Dominik Jungbluth
- 5 **Neue Entwicklungen in prEN 1993-1-8:2022** 391
Thomas Ummenhofer, Oliver Fleischer, Diba Kopic und Primož Može
- 6 **Neue Entwicklungen in prEN 1993-1-9:2022** 473
Mathias Euler, Marion Rauch, Markus Knobloch, Ulrike Kuhlmann,
Elena Sidorov, Stefanie Röscher und Lisa-Marie Gözl
- 7 **Neue Entwicklungen in prEN 1993-1-10:2022** 601
Bertram Kühn, Markus Feldmann, Sandro Citarelli, Susanne Höhler, Mike Tibolt und
Luis Borges
- 8 **Wiederverwendung im Stahl- und Metallleichtbau** 651
Markus Feldmann, Helen Bartsch, Markus Kuhnhenne und Raban Siebers
- 9 **Verbindungen im Regalbau** 685
Bettina Brune, Stephan Schneider und Dieter Ungermann
- 10 **Tragende Klebverbindungen im Glas- und Fassadenbau** 781
Christian Schuler, Martien Teich und Paul Müller

Inhaltsverzeichnis

Vorwort III

Autor:innenverzeichnis XXI

1 Stahlbaunormen

DIN EN 1993-1-8: Bemessung von Anschlüssen 1

Dieter Ungermann und Stephan Schneider

Anmerkung zum Abdruck von DIN EN 1993-1-8	5	2.4	Beanspruchbarkeit von Verbindungen	15
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen	5	2.5	Annahmen für die Berechnung	15
Nationales Vorwort	5	2.6	Schubbeanspruchte Anschlüsse mit Stoßbelastung, Belastung mit Schwingungen oder mit Lastumkehr	15
Hintergrund des Eurocode-Programms	5	2.7	Exzentrizitäten in Knotenpunkten	15
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes	6	3	Schrauben-, Niet- und Bolzenverbindungen	16
Nationale Fassungen der Eurocodes	6	3.1	Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben	16
Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAZ)	7	3.1.1	Allgemeines	16
Nationaler Anhang zu EN 1993-1-8	7	3.1.2	Vorgespannte Schrauben	17
1 Allgemeines	7	3.2	Niete	17
1.1 Anwendungsbereich	7	3.3	Ankerschrauben	17
1.2 Normative Verweisungen	7	3.4	Kategorien von Schraubenverbindungen	17
1.2.1 Bezugsnormengruppe 1: Schweißgeeignete Baustähle	7	3.4.1	Scherverbindungen	17
1.2.2 Bezugsnormengruppe 2: Toleranzen, Maße und technische Lieferbedingungen	8	3.4.2	Zugverbindungen	19
1.2.3 Bezugsnormengruppe 3: Hohlprofile	8	3.5	Rand- und Lochabstände für Schrauben und Niete	19
1.2.4 Bezugsnormengruppe 4: Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben	8	3.6	Tragfähigkeiten einzelner Verbindungsmittel	20
1.2.5 Bezugsnormengruppe 5: Schweißzusatzmittel und Schweißen	9	3.6.1	Schrauben und Niete	20
1.2.6 Bezugsnormengruppe 6: Niete	9	3.6.2	Injektionsschrauben	25
1.2.7 Bezugsnormengruppe 7: Bauausführung von Stahlbauten	9	3.7	Gruppen von Verbindungsmitteln	26
1.3 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	9	3.8	Lange Anschlüsse	27
1.4 Begriffe	9	3.9	Gleitfeste Verbindungen mit hochfesten 8.8 oder 10.9 Schrauben	27
1.4.1 Grundkomponente (eines Anschlusses)	9	3.9.1	Gleitwiderstand	27
1.4.2 Verbindung	9	3.9.2	Kombinierte Scher- und Zugbeanspruchung	27
1.4.3 angeschlossenes Bauteil	10	3.9.3	Hybridverbindungen	28
1.4.4 Anschluss	10	3.10	Lochabminderungen	28
1.4.5 Anschlusskonfiguration	10	3.10.1	Allgemeines	28
1.4.6 Rotationskapazität	10	3.10.2	Blockversagen von Schraubengruppen	28
1.4.7 Rotationssteifigkeit	10	3.10.3	Einseitig angeschlossene Winkel und andere unsymmetrisch angeschlossene Bauteile unter Zugbelastung	29
1.4.8 Kennwerte (eines Anschlusses)	10	3.10.4	Anschlusswinkel für indirekten Anschluss	29
1.4.9 ebener Anschluss	10	3.11	Abstützkräfte	30
1.5 Formelzeichen	10	3.12	Kräfteverteilung auf Verbindungsmittel im Grenzzustand der Tragfähigkeit	30
2 Grundlagen der Tragwerksplanung	14	3.13	Bolzenverbindungen	30
2.1 Annahmen	14			
2.2 Allgemeine Anforderungen	14			
2.3 Schnittgrößen	14			

3.13.1	Allgemeines	30	6.2.2	Querkräfte	56
3.13.2	Bemessung der Bolzen	30	6.2.3	Biegemomente	56
4	Schweißverbindungen	32	6.2.4	Äquivalenter T-Stummel mit Zugbeanspruchung	57
4.1	Allgemeines	32	6.2.5	Äquivalenter T-Stummel mit Druckbeanspruchung	62
4.2	Schweißzusätze	32	6.2.6	Tragfähigkeit der Grundkomponenten	63
4.3	Geometrie und Abmessungen	33	6.2.7	Biegetragfähigkeit von Träger- Stützenanschlüssen und Stößen	74
4.3.1	Schweißnahtarten	33	6.2.8	Tragfähigkeit von Stützenfüßen mit Fußplatten	78
4.3.2	Kehlnähte	33	6.3	Rotationssteifigkeit	79
4.3.3	Schlitznähte	34	6.3.1	Grundmodell	79
4.3.4	Stumpfnähte	34	6.3.2	Steifigkeitskoeffizienten für die Grundkomponenten eines Anschlusses	84
4.3.5	Lochschweißungen	34	6.3.3	Stirnblechanschlüsse mit zwei oder mehr Schraubenreihen mit Zugbeanspruchung	84
4.3.6	Hohlkehlnähte	34	6.3.4	Stützenfüße	85
4.4	Schweißen mit Futterblechen	34	6.4	Rotationskapazität	86
4.5	Beanspruchbarkeit von Kehlnähten	34	6.4.1	Allgemeines	86
4.5.1	Schweißnahtlänge	34	6.4.2	Geschraubte Anschlüsse	86
4.5.2	Wirksame Nahtdicke	35	6.4.3	Geschweißte Anschlüsse	86
4.5.3	Tragfähigkeit von Kehlnähten	36	7	Anschlüsse mit Hohlprofilen	86
4.6	Tragfähigkeit von Schlitznähten	36	7.1	Allgemeines	86
4.7	Tragfähigkeit von Stumpfnähten	38	7.1.1	Geltungsbereich	86
4.7.1	Durchgeschweißte Stumpfnähte	38	7.1.2	Anwendungsbereich	87
4.7.2	Nicht durchgeschweißte Stumpfnähte	38	7.2	Berechnung und Bemessung	89
4.7.3	T-Stöße	38	7.2.1	Allgemeines	89
4.8	Tragfähigkeit von Lochschweißungen	38	7.2.2	Versagensformen von Anschlüssen mit Hohlprofilen	89
4.9	Verteilung der Kräfte	38	7.3	Schweißnähte	90
4.10	Steifenlose Anschlüsse an Flansche	39	7.3.1	Tragfähigkeit	90
4.11	Lange Anschlüsse	39	7.4	Geschweißte Anschlüsse von KHP- Bauteilen	93
4.12	Exzentrisch belastete einseitige Kehlnähte oder einseitige nicht durchgeschweißte Stumpfnähte	40	7.4.1	Allgemeines	93
4.13	Einschenkliger Anschluss von Winkelprofilen	40	7.4.2	Ebene Anschlüsse	93
4.14	Schweißen in kaltverformten Bereichen	40	7.4.3	Räumliche Anschlüsse	99
5	Tragwerksberechnung, Klassifizierung und statische Modelle	41	7.5	Geschweißte Anschlüsse von KHP- oder RHP-Streben an RHP-Gurtstäbe	99
5.1	Tragwerksberechnung	41	7.5.1	Allgemeines	99
5.1.1	Allgemeines	41	7.5.2	Ebene Anschlüsse	100
5.1.2	Elastische Tragwerksberechnung	41	7.5.3	Räumliche Anschlüsse	108
5.1.3	Starr-plastische Tragwerksberechnung	43	7.6	Geschweißte Anschlüsse von KHP- oder RHP-Streben an I- oder H-Profil Gurtstäbe	108
5.1.4	Elastisch-plastische Tragwerksberechnung	44	7.7	Geschweißte Anschlüsse von KHP- oder RHP-Streben an U-Profil Gurtstäbe	112
5.1.5	Berechnung von Fachwerkträgern	44	Anhang NA.A (normativ)	117	
5.2	Klassifizierung von Anschlüssen	45	Ergänzende Vorspannverfahren zu DIN EN 1090-2		
5.2.1	Allgemeines	45	Anhang NA.B (normativ)	117	
5.2.2	Klassifizierung nach der Steifigkeit	45	Gussteile, Schmiedeteile und Bauteile aus Vergütungsstählen		
5.2.3	Klassifizierung nach der Tragfähigkeit	47	Literatur zu den Kommentaren	120	
5.3	Statisches Modell für Träger- Stützenanschlüsse	48			
6	Anschlüsse mit H- oder I-Querschnitten	51			
6.1	Allgemeines	51			
6.1.1	Geltungsbereich	51			
6.1.2	Kenngrößen	51			
6.1.3	Grundkomponenten eines Anschlusses	51			
6.2	Tragfähigkeit	52			
6.2.1	Schnittgrößen	52			

2	Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Normen und Bescheide im Stahlbau 123				
	Karsten Kathage und Christoph Ortman				
1	Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) 125	3.1.1	Verzeichnis Sachgebiet Verbundbau	185	
		3.1.2	Verzeichnis Sachgebiet Metallbau – Werkstoffe	187	
2	Normen und Richtlinien für den Stahlbau 179	3.1.3	Verzeichnis Sachgebiet Metallbau und Metallbauarten	190	
3	Bescheide des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt (Stand: Oktober 2022) 185	3.1.4	Verzeichnis Sachgebiet Gerüste	221	
3.1	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen/ allgemeine Bauartgenehmigungen 185	3.2	Europäische Technische Bewertungen	234	
3	Träger mit großen Stegöffnungen nach der neuen EN 1993-1-13, EN 1993-1-2, EN 1994-1-1 und EN 1994-1-2 247				
	Francois Hanus, Louis-Guy Cajot, Daniel Pak und Antoine Glorieux				
1	Einleitung 251	3.1.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) 257		
2	Entwicklung des Eurocodes für Träger mit großen Stegöffnungen 251	3.2	EN 1993-1-2 257		
		3.2.1	Anwendungsbereich 257		
3	Bemessungskonzept und Bemessungsgrundsätze 252	3.2.2	Thermische Analyse 257		
		3.2.3	Mechanische Analyse 258		
3.1	EN 1993-1-13 252	3.3	EN 1994-1-1 258		
3.1.1	Anwendungsbereich 252	3.3.1	Anwendungsbereich 258		
3.1.2	Globale Tragwerksanalyse und Schnittgrößenverteilung im Querschnitt 252	3.3.2	Globale Tragwerksanalyse und Verteilung der Schnittgrößen im Bereich der Öffnungen 258		
3.1.3	Querschnittsklassifizierung 252	3.3.3	Querschnittsklassifizierung und effektive Breite 259		
3.1.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) 253	3.3.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) 259		
3.1.4.1	Globale Querkraftbeanspruchbarkeit 253	3.3.4.1	Längsschubtragfähigkeit der Kopfbolzendübel, Nachweis der Verdübelung, minimaler Verdübelungsgrad 259		
3.1.4.2	Globale Momentenbeanspruchbarkeit und Stabilität des gedrückten T-Profiles 254	3.3.4.2	Globale Momententragfähigkeit 260		
3.1.4.3	Tragfähigkeit der T-Profile unter Vierendeel-Biegung 254	3.3.4.3	Querkrafttragfähigkeit im Bereich von Stegöffnungen 260		
3.1.4.4	Stegbeulen (Biegeknicken des Stegs) neben weit auseinanderliegenden Öffnungen 254	3.3.4.4	Querkrafttragfähigkeit unter Vierendeel-Biegung 260		
3.1.4.5	Biegeknicken des Stegpfostens, Querkraft- und Biegetragfähigkeit zwischen eng beieinanderliegenden Öffnungen 254	3.3.4.5	Biegeknicken des Stegpfostens zwischen weit auseinander- oder eng beieinanderliegenden Öffnungen 260		
3.1.4.6	Öffnungen mit Längssteifen 255	3.3.4.6	Bemessung der Plattenquerbewehrung unter lokalen Schnittkräften 260		
3.1.4.7	Stabilität und Querkrafttragfähigkeit des Endpfostens neben dem Anschluss 255	3.3.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) 260		
3.1.4.8	Berücksichtigung von aufgebracht Lasten oder Kräften, die den Einsatz von Quersteifen erfordern könnten 256	3.4	EN 1994-1-2 260		
3.1.4.9	Alternative Methode für die Vierendeel-Biegung an runden Öffnungen unter Verwendung radialer Spannungen 256	3.4.1	Anwendungsbereich 260		
3.1.4.10	Alternatives Verfahren für den Nachweis der Stabilität von Stegpfosten zwischen runden Öffnungen 256	3.4.2	Thermische Analyse 261		
		3.4.3	Mechanische Analyse 261		
3.1.4.11	Alternative Methode zum Vierendeel-Biegenachweis von sinusförmigen Stegöffnungen 257	4	Bemessung eines Verbundträgers mit weit auseinanderliegenden und eng beieinanderliegenden Stegöffnungen	261	
3.1.4.12	Biegedrillknicken 257	4.1	Hinweis zu den verwendeten Normen	261	

4.2	Beschreibung des Verbundträgers	261	5.2.1	Momentenbeanspruchbarkeit des Stahlträgers im Bereich der Öffnung	281
4.3	Lastannahmen	263	5.2.2	Querkraftbeanspruchbarkeit des Stahlträgers im Bereich der Öffnung	281
4.3.1	Bauzustand	263	5.2.3	Querkraftbeanspruchbarkeit der T-Profile unter Vierendeel-Biegung	282
4.3.2	Nutzungsphase (Verbundträger)	263	5.2.4	Querkraft- und Momentenbeanspruchbarkeit zwischen zwei dicht beieinanderliegenden Öffnungen	282
4.3.3	Bemessungsschnittgrößen	264	5.2.5	Stegbeulen/Biegeknicke des Stegs neben weit auseinanderliegenden Öffnungen	283
4.4	Schubverbindung	264	5.2.6	Biegeknicke des Stegpfostens zwischen zwei dicht beieinanderliegenden Öffnungen	283
4.5	Nutzungsphase (Verbundträger) – Querschnitt ohne Öffnung	264	5.3	Bauzustand – Biegedrillknicken	284
4.5.1	Momentenbeanspruchbarkeit in Trägermitte (Vollquerschnitt ohne Öffnung)	265	6	Heißbemessung eines geschützten Stahlträgers mit weit auseinanderliegenden Öffnungen	285
4.5.2	Querkraftbeanspruchbarkeit (Vollquerschnitt ohne Öffnung)	265	6.1	Lastannahmen	285
4.6	Nutzungsphase (Verbundträger) – rechteckige Öffnung	265	6.1.1	Bemessungsschnittgrößen	285
4.6.1	Momentenbeanspruchbarkeit des Verbundträgers im Bereich der Öffnung	266	6.2	Momentenbeanspruchbarkeit im Bereich der rechteckigen Öffnung	286
4.6.2	Querkraftbeanspruchbarkeit des Verbundträgers im Bereich der Öffnung	268	6.3	Querkraftbeanspruchbarkeit im Bereich der rechteckigen Öffnung	287
4.6.3	Querkraftbeanspruchbarkeit der T-Profile unter Vierendeel-Biegung	269	6.4	Querkraftbeanspruchbarkeit der T-Profile unter Vierendeel-Biegung	287
4.6.4	Stegbeulen/Biegeknicke des Stegs neben weit auseinanderliegenden Öffnungen	270	6.5	Stegbeulen/Biegeknicke des Stegs neben weit auseinanderliegenden Öffnungen	287
4.7	Nutzungsphase (Verbundträger) – dicht beieinanderliegende runde Öffnungen	271	6.6	Querkraft- und Momentenbeanspruchbarkeit zwischen zwei dicht beieinanderliegenden Öffnungen	288
4.7.1	Momentenbeanspruchbarkeit des Verbundträgers im Bereich der Öffnung	271	6.7	Biegeknicke des Stegpfostens zwischen zwei dicht beieinanderliegenden Öffnungen	289
4.7.2	Querkraftbeanspruchbarkeit des Verbundträgers im Bereich der Öffnung	273	6.8	Biegedrillknicken	290
4.7.3	Querkraftbeanspruchbarkeit der T-Profile unter Vierendeel-Biegung	274	6.9	Kritische Temperatur zur Festlegung der Brandschutzbeschichtung	291
4.7.4	Stegbeulen/Biegeknicke des Stegs neben weit auseinanderliegenden Öffnungen	276	7	Heißbemessung eines geschützten Verbundträgers mit weit auseinanderliegenden Öffnungen	291
4.7.5	Querkraft- und Momentenbeanspruchbarkeit zwischen zwei dicht beieinanderliegenden Öffnungen	276	7.1	Temperaturverteilung	292
4.7.6	Biegeknicke des Stegpfostens zwischen zwei dicht beieinanderliegenden Öffnungen	278	7.2	Lastannahmen	292
5	Bemessung eines Verbundträgers mit weit auseinanderliegenden und eng beieinanderliegenden Stegöffnungen – Bauzustand – Stahlträger	279	7.2.1	Bemessungsschnittgrößen	292
5.1	Bauzustand – rechteckige Öffnung	279	7.3	Schubverbindung, Längsschubtragfähigkeit der Kopfbolzendübel	292
5.1.1	Momentenbeanspruchbarkeit des Stahlträgers im Bereich der Öffnung	279	7.4	Momentenbeanspruchbarkeit im Bereich der Öffnung	292
5.1.2	Querkraftbeanspruchbarkeit des Stahlträgers im Bereich der Öffnung	280	7.5	Querkraftbeanspruchbarkeit im Bereich der Öffnung	294
5.1.3	Querkraftbeanspruchbarkeit der T-Profile unter Vierendeel-Biegung	280	7.6	Querkraftbeanspruchbarkeit der T-Profile unter Vierendeel-Biegung	295
5.1.4	Stegbeulen/Biegeknicke des Stegs neben weit auseinanderliegenden Öffnungen	281	7.7	Stegbeulen/Biegeknicke des Stegs neben weit auseinanderliegenden Öffnungen	296
5.2	Bauzustand – dicht beieinanderliegende runde Öffnungen	281	7.8	Kritische Temperatur zur Festlegung der Brandschutzbeschichtung	297
				Literatur	297

4 Neue Entwicklungen in prEN 1993-1-4:2022 299

Natalie Stranghöner, Nancy Baddoo, Francisco Meza, Detlef Ulbrich, Christoph Abraham und Dominik Jungbluth

1	Einleitung	303	4.4.7	Beanspruchbarkeit bei Lasteinleitung von Querlasten in der Blechebene	348
2	Werkstoffe	304	4.4.8	Quersteifen im Steg	350
2.1	Neuer Normtext	304	4.5	Stabilitätsnachweise für Bauteile	350
2.2	Allgemeines zum Einsatz von nichtrostenden Stählen im Bauwesen	310	4.5.1	Allgemeines	350
2.3	Anmerkungen zu Abschnitt 5.1.1, 5.1.2, 5.1.5: Nichtrostende Stahlsorten und Festigkeitsklassen	313	4.5.2	Biegeknicken	350
2.4	Nichtlineares Materialverhalten	317	4.5.3	Drillknicken und Biegedrillknicken unter Normalkraft	352
2.5	Anmerkungen zu Abschnitt 5.1.2.3: Kaltumgeformte Profile – Werkstoffeigenschaften	320	4.5.4	Biegedrillknicken	352
2.6	Anmerkungen zu Abschnitt 5.1.3: Bruchzähigkeit – Werkstoffwahl zur Vermeidung von Sprödbuch	320	4.5.5	Durch Biegung und Druck beanspruchte gleichförmige Bauteile	354
2.6.1	Allgemeines	320	4.6	Verformungsbasierte Bemessung nach der Continuous Strength Method (CSM) – Anhang B der prEN 1993-1-4:2022	356
2.6.2	Nichtrostende austenitische Stähle	321	4.6.1	Allgemeines	356
2.6.3	Nichtrostende ferritische Stähle	321	4.6.2	Materialmodell	357
2.6.4	Nichtrostende Duplex-Stähle	321	4.6.3	Basiskurve	357
2.7	Anmerkungen zu Abschnitt 5.1.4: Eigenschaften in Dickenrichtung	322	4.6.4	Querschnittstragfähigkeit	359
2.8	Werkstoffauswahl und Dauerhaftigkeit (Anhang A der prEN 1993-1-4:2022)	323	5	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	361
2.9	Verbindungsmittel	326	5.1	Neuer Normtext	361
2.9.1	Mechanische Verbindungsmittel	326	5.2	Allgemeines	362
2.9.2	Vorgespannte Schrauben(-verbindungen)	328	5.3	Bemessung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	362
2.9.3	Schweißzusatzwerkstoffe	330	5.3.1	Anmerkung zu Abschnitt 9.1 (3): Ermittlung von kritischen Beulspannungen	362
3	Tragwerksberechnung	331	5.3.2	Anmerkung zu Abschnitt 9.2: Ermittlung von Verformungen	362
3.1	Neuer Normtext	331	6	Bemessung von Verbindungen	363
3.2	Allgemeines	339	6.1	Neuer Normtext	363
3.3	Anmerkungen zu 7.3: Imperfektionen	339	6.2	Allgemeines	366
3.4	Anmerkungen zu 7.4: Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung des nichtlinearen Werkstoffverhaltens	340	6.3	Bemessung von Schraubenverbindungen	366
3.4.1	Anmerkung zu 7.4.2: Tragwerksberechnung nach der Elastizitätstheorie	340	6.3.1	Allgemeines	366
3.4.2	Anmerkung zu 7.4.3: Tragwerksberechnung nach der Plastizitätstheorie	340	6.3.2	Anmerkung zu Abschnitt 10.1(2),(3): Einsatz gewindefurchender Schrauben	367
3.5	Anmerkungen zu 7.5: Einstufung in Querschnittsklassen	341	6.3.3	Anmerkungen zu Abschnitt 10.2(1),(2): Lochleibungstragfähigkeit von Blechen aus nichtrostendem Stahl	367
4	Grenzzustände der Tragfähigkeit	342	6.3.4	Anmerkungen zu Abschnitt 10.2(3)–(5): Abscher-, Zug- und Interaktions-tragfähigkeit nichtrostender Schrauben	368
4.1	Allgemeines	342	6.3.5	Anmerkung zu 10.2(6): Gleitfeste Verbindungen	370
4.2	Tragwerksberechnung und Einstufung in Querschnittsklassen	342	6.4	Geschweißte Verbindungen	371
4.3	Teilsicherheitsbeiwerte	342	7	Ausführung von Tragwerken aus nichtrostendem Stahl nach DIN EN 1090-2	371
4.4	Querschnittsbeanspruchbarkeit	343	7.1	Allgemeines	371
4.4.1	Allgemeines	343	7.2	Übereinstimmungsverfahren	373
4.4.2	Wirksame Querschnittswerte	343	7.3	Fertigungsverfahren für Bauteile aus nichtrostenden Stählen	373
4.4.3	Zugbeanspruchung	344			
4.4.4	Druckbeanspruchung	345			
4.4.5	Biegemomentenbeanspruchung	345			
4.4.6	Querkraftbeanspruchung	347			

7.3.1	Allgemeines	373	7.3.9	Fressen, Kaltverschweißen	378
7.3.2	Oberflächenbeschaffenheit	373	7.3.10	Nichtrostender Stahlguss	379
7.3.3	Lagerung	375	7.3.11	Nachbehandlung, Reinigung	380
7.3.4	Spanende Bearbeitung und Trennen	375	7.3.12	Verzinken	381
7.3.5	Kalt- und Warmumformen	376	7.3.13	Kontakt mit anderen Metallen	381
7.3.6	Schweißen	376	7.3.14	Abnahme, Unterhalt und Wartung	382
7.3.7	Flammrichten	378		Literatur	382
7.3.8	Wärmebehandlung	378			
5	Neue Entwicklungen in prEN 1993-1-8:2022		391		
	Thomas Ummenhofer, Oliver Fleischer, Diba Kopic und Primož Može				
1	Einleitung	393	5	Tragwerksberechnung	422
2	Tragwerksplanung	394	6	Anschlüsse mit H- oder I-Querschnitten	425
3	Schrauben-, Niet- und Bolzenverbindungen	396	7	Anschlüsse mit Hohlprofilen	428
4	Schweißverbindungen	416		Literatur	469
6	Neue Entwicklungen in prEN 1993-1-9:2022		473		
	Mathias Euler, Marion Rauch, Markus Knobloch, Ulrike Kuhlmann, Elena Sidorov, Stefanie Röscher und Lisa-Marie Gözl				
1	Einleitung	477	5	Bemessungsgrundlagen	494
1.1	Bemessungsregeln bei Ermüdungsgefährdung	477	6	Bemessungsphilosophien	495
1.2	Überblick zu den Änderungen in prEN 1993-1-9	478	7	Bemessungskonzepte	498
1.2.1	Allgemeines	478	7.1	Spannungsbasierte Bemessungskonzepte	498
1.2.2	Änderungen im Hauptteil	478	7.2	Nachweisverfahren	499
1.2.3	Schädigungsakkumulation – Anhang A	479	8	Ermüdungsbeanspruchung im Nennspannungskonzept	500
1.2.4	Alternative spannungsbasierte Bemessungskonzepte – Anhänge B, C und G	479	8.1	Nennspannungsberechnung	500
1.2.5	Modifikationsfaktoren für die Nennspannungsermittlung – Anhänge D und E	480	8.2	Maßgebende Nennspannungen	501
1.2.6	Nachbehandlungsmethoden – Anhang F	480	8.3	Schwingbreite der Nennspannungen	504
1.3	Gegenstand und Verständnis des Beitrags	480	8.4	Wirksame Spannungsschwingbreite	506
2	Anwendungsbereich von prEN 1993-1-9	480	9	Ermüdungswiderstand im Nennspannungskonzept	506
2.1	Anwendungsbereich	480	9.1	Ermüdungswiderstandskurven	506
2.2	Annahmen	481	9.2	Klassifizierung der Konstruktionsdetails	511
3	Normative Verweise	482	9.3	Modifikationen des Ermüdungswiderstands	512
4	Begriffe, Definitionen und Symbole	482	10	Ermüdungsnachweis	513
4.1	Vorbemerkung	482	10.1	Voraussetzungen des Ermüdungsnachweises	513
4.2	Allgemeine Begriffe und Definitionen	482	10.2	Ermüdungsnachweis	515
4.3	Spannungserhöhende Effekte	483	10.3	Mehrachsiges Ermüdungsbeanspruchung	516
4.4	Unterscheidung der Spannungsarten	485	11	Kerbfalltabellen	517
4.5	Ermüdungseinwirkung	487	11.1	Vorbemerkungen	517
4.6	Ermüdungsbeanspruchung	487	11.2	Ungeschweißte Bauteile (Tabelle 10.1)	519
4.7	Ermüdungswiderstand	490	11.3	Geschraubte Anschlüsse (Tabelle 10.2)	521
4.8	Ermüdungsnachweis	494	11.4	Geschweißte zusammengesetzte Querschnitte und Längsnähte (Tabelle 10.3)	524

11.5	Querlaufende Stumpfstöße (Tabelle 10.4)	526	14.2	Aufbau	571
11.6	Angeschweißte Anschlusssteile und Steifen (Tabelle 10.5)	531	14.3	Hintergrund zum Kerbspannungskonzept	571
11.7	Lasttragende geschweißte Anschlüsse (Tabelle 10.6)	534	14.4	Anwendungsbereich	572
11.8	Hohlprofilquerschnitte (Tabelle 10.7)	538	14.5	Ermüdungsbeanspruchung	573
11.9	Fachwerkknoten aus Hohlprofil- querschnitten (Tabelle 10.8)	541	14.6	Ermüdungswiderstand	575
11.10	Orthotrope Fahrbahnen, geschlossene Längssteifen (Tabelle 10.9)	544	14.7	Ermüdungsnachweis	577
11.11	Orthotrope Fahrbahnen, offene Längssteifen (Tabelle 10.10)	549	15	Anhang D – Empfehlungen für Erhöhungsfaktoren und Spannungs- konzentrationsfaktoren	577
11.12	Konstruktionsdetails von Kranbahnträgern (Tabelle 10.11)	552	15.1	Allgemeines	577
11.13	Konstruktionsdetails von Türmen, Masten und Schornsteinen (Tabelle 10.12)	554	15.2	Anwendungsbereich	577
11.14	Erläuterung der Schweißnahtsymbole	556	15.3	Sekundäre Biegemomente in Fachwerkträgern	578
12	Anhang A – Lineare Schadens- akkumulation	557	15.4	Flansche von Trägern	578
12.1	Anwendungsbereich	557	15.5	Weitere Spannungskonzentrations- faktoren	580
12.2	Ermüdungsbeanspruchung	557	16	Anhang E – Empfehlungen für vorgespannte Schrauben und Gewindestangen unter Zugbeanspruchung	580
12.3	Ermüdungswiderstand im Nennspannungskonzept	557	16.1	Allgemeines	580
12.4	Ermüdungswiderstand in weiteren spannungsbasierten Bemessungskonzepten	559	16.2	Anwendungsbereich	581
12.5	Ermüdungsnachweis	560	16.3	Vereinfachte Berechnungsmethode	582
13	Anhang B – Struktur- spannungskonzept	561	17	Anfang F – Höherfrequente Hämmerverfahren	583
13.1	Allgemeines	561	17.1	Anwendungsbereich	583
13.2	Aufbau	561	17.2	Ermüdungsbeanspruchung	585
13.3	Hintergrund zum Struktur- spannungskonzept	562	17.3	Ermüdungswiderstand	586
13.4	Anwendungsbereich	563	17.4	Weitere Hinweise zum Ermüdungs- widerstand	592
13.5	Ermüdungsbeanspruchung	564	17.5	Ermüdungsnachweis	594
13.6	Ermüdungswiderstand	566	17.6	Allgemeine Anwendung	594
13.7	Ermüdungsnachweis	570	17.7	Anwendung bei mehrstufiger Ermüdungsbeanspruchung	595
14	Anhang C – Kerbspannungskonzept	571	18	Zusammenfassung	597
14.1	Allgemeines	571		Literatur	597
				Normen und Richtlinien	597
				Fachliteratur	599
7	Neue Entwicklungen in prEN 1993-1-10:2022	601			
	Bertram Kühn, Markus Feldmann, Sandro Citarelli, Susanne Höhler, Mike Tibolt und Luis Borges				
1	Einleitung	605	2.2.1	Relevanter neuer Normtext aus prEN 1993-1-10:2022, Kapitel 1	608
1.1	Zu diesem Beitrag	605	2.2.2	Erläuterungen zu den in prEN 1993-1-10: 2020, Kapitel 1 vorgenommenen wesentlichen Änderungen zur Öffnung von Teil 1-10 für wiederverwendeten Baustahl	609
1.2	Über die Autoren	605	2.3	Ergänzungen in den Abschnitten Begriffe und Symbole	609
1.3	Neue Gliederung in prEN 1993-1-10: 2022	606	2.3.1	Neue Begriffe und Symbole in prEN 1993-1-10:2022, Kapitel 3	609
1.4	Zusammenfassung der wesentlichen Änderungen	606	2.3.2	Erläuterungen zu den neuen Begriffen und Symbolen in [7], Kapitel 3	610
2	Vorstellung und Erläuterung wesentlicher Änderungen	608			
2.1	Allgemeines	608			
2.2	Öffnung des Anwendungsbereichs auf wiederverwendete, bereits genutzte Bauteile	608			

2.4	Einführung eines neuen Ablaufdiagramms für die Werkstoffwahl zur Vermeidung von Sprödbruch 611	3	Vermeidung von Terrassenbruch durch Festlegung von Werkstoffeigenschaften in Dickenrichtung 631
2.4.1	Wesentliche Ergänzung von prEN 1993-1-10:2022, Kapitel 4.1 im Sinne einer einfachen Nutzbarkeit 611	3.1	Neuer Normtext aus prEN 1993-1-10:2022, Kapitel 5 631
2.4.2	Erläuterungen zum Ablaufdiagramm für die Werkstoffwahl mit den neuen Bausteinen Ausführungsklassen, statische versus Ermüdungsbeanspruchung und Details gemäß EN 1993-1-9 oder abweichend davon 612	3.2	Erläuterungen zu prEN 1993-1-10:2022, Kapitel 5 633
2.5	Neuerungen bei der vereinfachten Auswahl der Bruchzähigkeit mithilfe von Tabellenwerten 613	4	Spezifische Regeln für Knotenbleche mit Ausschnitten in Einschubverbindungen 634
2.5.1	Allgemeines 613	4.1	Neuer Anhang A (informativ) in prEN 1993-1-10:2022 634
2.5.2	Wesentliche Ergänzung in prEN 1993-1-10:2022, Kapitel 4.2.1 im Sinne einer einfachen Nutzbarkeit 613	4.2	Erläuterungen zu prEN 1993-1-10:2022, Anhang A 636
2.5.3	Erläuterungen zu den Änderungen in Kapitel 4.2 und 4.2.1 614	4.2.1	Allgemeines 636
2.5.4	Wesentliche Ergänzung in prEN 1993-1-10:2022, Kapitel 4.2.2, Abschnitt 4.2.2.1 und 4.2.2.2 im Sinne einer deutlichen Erweiterung der Anwendbarkeit der Tabellenwerte und mehr Möglichkeiten zur Differenzierung für bestimmte Anwendungsfälle 616	4.2.2	Knotenverbindungen im Hochbau 637
2.5.5	Erläuterungen zu den Änderungen in Kapitel 4.2.2, Abschnitt 4.2.2.1 und 4.2.2.2 618	4.2.3	Vereinfachte Tabellen für Einschubverbindungen 637
2.5.6	Neuerung in prEN 1993-1-10:2022, Kapitel 4.2.2.3 bezogen auf komplexe Anschlüsse 622	4.2.4	Anwendung der vereinfachten Tabellen 638
2.5.7	Erläuterungen zum neuen Kapitel 4.2.2.3 623	5	Bemessungsbeispiele 638
2.6	Änderungen im Zusammenhang mit genaueren bruchmechanischen Nachweisen 624	5.1	Anwendung des vereinfachten Tabellenverfahrens auf eine Stahlbrücke zum Nachweis einer ausreichenden Stahlgüte für die Flansche 638
2.7	Neue Regelungen mit zusätzlichen Anforderungen an die Bruchzähigkeit für bestimmte Anwendungsfälle 625	5.2	Anwendung des vereinfachten Tabellenverfahrens auf ein Bauteil aus dem Industriebau 641
2.7.1	Neues Kapitel 4.3 in prEN 1993-1-10:2022 mit zusätzlichen Zähigkeitsanforderungen in Hinblick auf die Hochlage 625	5.2.1	Fallbeispiel 1 – das betrachtete Bauteil, infolge einer sehr hohen Schadensfolge für den Betrieb eingestuft in Ausführungsklasse 3 (EXC3), wird so ausgeführt, dass es einem Kerbfall gemäß den Kerbfalltabellen aus Eurocode 3 Teil 1-9 zugeordnet werden kann 641
2.7.2	Erläuterungen zu prEN 1993-1-10:2022, Kapitel 4.3 625	5.2.2	Fallbeispiel 2 – das betrachtete Bauteil, Bestandteil einer normalen Halle und demnach eingestuft in Ausführungsklasse 1 oder 2 (EXC1 oder EXC2), wird so ausgeführt, dass es einem Kerbfall gemäß den Kerbfalltabellen aus Eurocode 3 Teil 1-9 zugeordnet werden kann 643
2.8	Scheinbar neue Regelungen mit zusätzlichen Werkstoffanforderungen beim Schweißen in kaltumgeformten Bereichen 630	5.2.3	Fallbeispiel 3 – das betrachtete Bauteil, Bestandteil einer normalen Halle und demnach eingestuft in Ausführungsklasse 1 oder 2 (EXC1 oder EXC2), wird so ausgeführt, dass es keinem Kerbfall gemäß den Kerbfalltabellen aus Eurocode 3 Teil 1-9 zugeordnet werden kann 644
2.8.1	Neues Kapitel 4.4 in prEN 1993-1-10:2022 mit zusätzlichen Werkstoffanforderungen 630	6	Zusammenfassung und Ausblick 646
2.8.2	Erläuterungen zu prEN 1993-1-10:2022, Kapitel 4.4 631		Literatur 647

8 Wiederverwendung im Stahl- und Metalleichtbau 651

Markus Feldmann, Helen Bartsch, Markus Kuhnhenne und Raban Siebers

- | | | | | | |
|-----|---|-----|-------|---|-----|
| 1 | Einleitung | 653 | 4.3.1 | Ermittlung von Dieserverbrauchsdaten | 665 |
| 2 | Stand der Forschung und Normung | 654 | 4.3.2 | Autokrane | 667 |
| 2.1 | Re-Use: Wiederverwendung von Stahlbauteilen | 654 | 4.3.3 | Raupen/Kettenkrane | 667 |
| | | | 4.3.4 | Ladekrane | 667 |
| 2.2 | Retrofitting: Weiterverwendung von Bauwerken | 656 | 4.3.5 | Teleskoplader | 668 |
| | | | 4.3.6 | Hubarbeitsbühnen | 668 |
| 2.3 | Fazit | 657 | 4.3.7 | Bagger | 669 |
| | | | 4.3.8 | Kleingeräte | 671 |
| 3 | Das europäische Forschungsprojekt PROGRESS | 658 | 4.4 | Auswertung der Projektdatenbank und Sachbilanz | 672 |
| 3.1 | Allgemeines | 658 | 4.4.1 | Abbruch | 673 |
| 3.2 | Wiederverwendungsszenarien | 658 | 4.4.2 | Rückbau | 674 |
| 3.3 | Bewertung der Wiederverwendbarkeit | 661 | 4.5 | Wirkungsabschätzung | 677 |
| 3.4 | Gebäudehüllen in Metallleichtbauweise | 662 | 4.5.1 | Abbruch | 677 |
| | | | 4.5.2 | Rückbau | 677 |
| 3.5 | Danksagung | 664 | 4.6 | Auswertung und Ergebnisdarstellung der Ökobilanz | 678 |
| 4 | Untersuchungen zur Ökobilanz des zerstörungsfreien Rückbaus von Stahlbaukonstruktionen im Vergleich zum Abbruch | 664 | 5 | Aktuelle Entwicklungen im Stahlbau | 680 |
| 4.1 | Einleitung – Definition, Ziel und Untersuchungsrahmen | 664 | 5.1 | Einleitung | 680 |
| 4.2 | Hintergrunddatenbank | 665 | 5.2 | Möglichkeiten der Erarbeitung von Handlungsempfehlungen | 681 |
| 4.3 | Geräte für Abbruch und Rückbau | 665 | 6 | Zusammenfassung | 683 |
| | | | | Literatur | 683 |

9 Verbindungen im Regalbau 685

Bettina Brune, Stephan Schneider und Dieter Ungermann

- | | | | | | |
|---------|--|-----|---------|---|-----|
| 1 | Einführung | 689 | 2.2 | Verbindungen in verstellbaren Palettenregalsystemen | 699 |
| 1.1 | Lagertechnik | 689 | 2.2.1 | Allgemeines | 699 |
| 1.2 | Regale aus Stahl | 689 | 2.2.2 | Stützen-Diagonalen-Anschlüsse von Ständerrahmen | 699 |
| 1.3 | Regalsysteme | 691 | 2.2.2.1 | Anschlusskonstruktionen in Varianten | 699 |
| 1.3.1 | Allgemeine Begriffe | 691 | 2.2.2.2 | Einfluss der Stützen-Diagonal-Anschlüsse auf die Schubsteifigkeit von Ständerrahmen | 700 |
| 1.3.2 | Tragkonstruktion der Regalsysteme | 691 | 2.2.2.3 | Resümee | 704 |
| 1.3.3 | Palettenregale | 691 | 2.2.2.4 | Jüngste Forschungsergebnisse | 704 |
| 1.3.3.1 | Allgemeines | 691 | 2.2.3 | Palettenträger-Stützen-Anschlüsse | 704 |
| 1.3.3.2 | Variante 1: Verstellbare Palettenregale – Tragstruktur, Bauteile und Verbindungen | 692 | 2.2.3.1 | Allgemeines | 704 |
| | | | 2.2.3.2 | Schweißen | 705 |
| 1.3.3.3 | Variante 2: Geschraubtes Längstraversenregal – Tragstruktur, Bauteile und Verbindungen | 693 | 2.2.3.3 | Einfluss der Palettenträger-Stützen-Anschlüsse auf die Trag- und Gebrauchsfähigkeit von Palettenregalen | 705 |
| 1.3.4 | Fachbodenregale | 694 | 2.2.4 | Stützen-Fußpunkt-Anschlüsse | 707 |
| 1.3.4.1 | Allgemeines | 694 | 2.2.4.1 | Allgemeines | 707 |
| 1.3.4.2 | Tragstruktur, Bauteile und Verbindungen | 695 | 2.2.4.2 | Einfluss der Stützen-Fußpunkt-Anschlüsse auf die Trag- und Gebrauchsfähigkeit von Palettenregalen | 707 |
| 1.3.5 | Dach- und wandtragende Hochregalanlagen (Silos) | 696 | 2.3 | Verbindungen in Fachbodenregalen | 709 |
| 1.3.5.1 | Allgemeines | 696 | 2.3.1 | Allgemeines | 709 |
| 1.3.5.2 | Tragstruktur, Bauteile und Verbindungen des Regalhauptblocks | 697 | 2.3.2 | Ständerrahmen-Anschlüsse | 709 |
| 1.3.6 | Weitere Regaltypen | 698 | | | |
| 2 | Die Besonderheiten der Verbindungstechniken im Regalbau | 698 | | | |
| 2.1 | Allgemeines | 698 | | | |

2.3.3	Anschlüsse der längsaussteifenden Bauteile 710	4.5	Biegeversuche am Palettenträger-Stützen-Anschluss 727
2.3.4	Fachboden-Stützen-Anschlüsse 710	4.5.1	Allgemeines 727
2.4	Verbindungen in dach- und wandtragenden Hochregalanlagen 711	4.5.2	Anmerkungen zu den Versuchen an Palettenträger-Stützen-Verbindungen nach DIN EN 15512 [11], A.3.1 728
2.4.1	Allgemeines 711	4.6	Scherversuche am Palettenträger-Stützen-Anschluss 728
2.4.2	Stützen-Diagonalen-Anschlüsse von Ständerrahmen 711	4.6.1	Allgemeines 728
2.4.3	Palettenträger-Stützen-Anschlüsse 711	4.6.2	Anmerkungen zu den Scherversuchen an Palettenträger-Stützen-Anschlüssen nach DIN EN 15512 [11], A.3.3 729
3	Tragwerksberechnung von verstellbaren Palettenregalsystemen unter Berücksichtigung der besonderen Verbindungstechniken 713	4.7	Weitere Anschluss-Versuche nach DIN EN 15512, Anhang A 730
3.1	Normative Grundlagen 713	4.7.1	Ermittlung des Anschlussspiels am Palettenträger-Stützen-Anschluss nach DIN EN 15512, A.3.2 730
3.2	Tragwerksberechnung 713	4.7.2	Prüfungen an Stützenstößen nach DIN EN 15512, A.3.6 730
3.2.1	Allgemeines 713	5	Forschung zur Schubsteifigkeit von Ständerrahmen in Abhängigkeit der Verbindungen 731
3.2.2	Statisches Modell eines Palettenregals in Querrichtung 714	5.1	Einführung und Problemstellung 731
3.2.3	Statisches Modell eines Palettenregals in Längsrichtung 714	5.2	Zielsetzung und Lösungsweg 731
3.3	Bemessung von Bauteilen in verstellbaren Palettenregalen 715	5.3	Modellvorstellung und Definition der Komponenten 732
3.3.1	Allgemeines 715	5.4	Herleitung der Steifigkeitskoeffizienten und der zugehörigen Schubsteifigkeiten 734
3.3.2	Bemessung von Regalstützen unter Druck- und Biegebeanspruchung 715	5.4.1	Komponente K1 – axiale Dehnung der Füllstäbe 734
3.3.2.1	Typische Formen von Stützenprofilen in Palettenregalen 715	5.4.1.1	Allgemeines 734
3.3.3	Einfluss der Profillochungen 716	5.4.1.2	Herleitung der anteiligen Schubsteifigkeit der Diagonalen 734
3.3.4	Instabilitätsformen von Regalstützen unter Druck- und Biegebeanspruchung 716	5.4.1.3	Herleitung der anteiligen Schubsteifigkeit der Pfosten 735
3.3.5	Bemessung der Ständerrahmen 718	5.4.2	Komponente K2 – Biegeverformungen der Füllstäbe 736
3.3.6	Bemessung von Palettenträgern unter Biegebeanspruchung 718	5.4.2.1	Allgemeines 736
4	Versuchsgestützte Beurteilung der verformbaren Anschlüsse von Palettenregalen nach DIN EN 15512, Anhang A 719	5.4.2.2	Verformungsanteile aus den reinen Biegeverformungen ohne Stabverkürzung 737
4.1	Allgemeines 719	5.4.2.3	Verformungsanteile aus Stabverkürzungen infolge Biegung 740
4.2	Auswertung der Prüfergebnisse 719	5.4.2.4	Herleitung der anteiligen Schubsteifigkeiten 740
4.2.1	Korrektur der Versuchsergebnisse 720	5.4.3	Komponente K3 – axiale Dehnung der Stützen 742
4.2.2	Ableitung von charakteristischen Werten 720	5.4.4	Komponente K4 – Biegeverformungen der Stützen 743
4.3	Versuche zur Ermittlung der Schubsteifigkeit der Ständerrahmen 720	5.4.5	Komponente K5 – Schubverformungen der Stützen 745
4.3.1	Allgemeines 720	5.4.6	Komponente K6 – lokale Anschlussverformungen der Stützen 746
4.3.2	Prüfmethode A 720	5.4.6.1	Allgemeines 746
4.3.3	Prüfmethode B 722	5.4.6.2	Steifigkeitskoeffizienten für Einzelanschlüsse 747
4.3.4	Vergleich der Prüfmethode 722	5.4.6.3	Steifigkeitskoeffizienten für Lippe-an-Lippe-Anschlüsse 751
4.4	Versuche am Stützen-Fußpunkt-Anschluss 724		
4.4.1	Allgemeines 724		
4.4.2	Prüfmethode A 724		
4.4.2.1	Versuchsdurchführung 724		
4.4.2.2	Anmerkungen zu den Versuchen an Stützen-Fußpunkt-Verbindungen nach DIN EN 15512 [11], A.3.5.3 725		
4.4.3	Prüfmethode B 726		
4.4.4	Vergleich der Prüfmethode 726		

5.4.6.4	Herleitung der anteiligen Schubsteifigkeit	753	5.5	Zur Anwendung des analytischen Modells	766
5.4.7	Komponente K7 – Lochleibungsverformungen	754	5.5.1	Allgemeines	766
5.4.7.1	Allgemeines	754	5.5.2	Regelaussteifungsfelder und Störstellen	767
5.4.7.2	Herleitung der anteiligen Schubsteifigkeiten	756	5.5.3	Anwendung bei der Bemessung von Regaltragwerken	769
5.4.8	Komponente K8 – Biege- und Scherverformungen der Schrauben	761	5.5.4	Anwendung bei Vergleichsrechnungen zu Rahmenschubversuchen	771
5.4.8.1	Allgemeines	761	5.6	Verifikation des analytischen Modells	775
5.4.8.2	Herleitung des Steifigkeitskoeffizienten	761	5.7	Ausblick	777
5.4.8.3	Herleitung der anteiligen Schubsteifigkeit	764	6	Zusammenfassung und Ausblick	777
				Literatur	778
10	Tragende Klebverbindungen im Glas- und Fassadenbau	781			
	Christian Schuler, Martien Teich und Paul Müller				
1	Einleitung	783	3.2	Vereinfachtes Berechnungsverfahren nach ETAG 002	810
1.1	Das Fügeverfahren Kleben	783	3.3	Verallgemeinertes Berechnungsverfahren nach ETAG 002	811
1.2	Übersicht Klebstoffe	784	3.4	Genaueres Berechnungsverfahren mit Federelementen	811
1.3	Anwendungen im Glas- und Fassadenbau	790	3.4.1	Steifigkeit der Klebfuge	813
1.4	Klebstoffgerechtes Konstruieren	791	3.4.2	Bemessungswerte und Methodenfaktor	814
1.4.1	Konstruktionsprinzipien	792	3.4.3	Spannungsnachweis und Interaktion	815
1.4.2	Materialverträglichkeit	792	3.5	Berechnung mit 3D-Volumenmodellen	815
1.5	Herstellung einer geklebten Verbindung	793	4	Anwendungsbeispiele aus Forschung und Praxis	817
1.5.1	Allgemeines	793	4.1	Flagship Store Mailand – geklebte Ganzglaskonstruktion	817
1.5.2	Vorbereitung der Fügeiteile	793	4.2	Statisch unbestimmte Glasfassade mit überbreiter Klebfuge	819
1.5.3	Vorbereitung und Applikation der Klebstoffe	795	4.3	VoltAir Berlin	821
1.5.4	Fixieren und Fügen der Fügeiteile	795	4.3.1	Beschreibung des Bauvorhabens und der Konstruktion	821
1.5.5	Aushärtung des Klebstoffs	796	4.3.2	Untersuchungen an geklebten Kleinproben	822
1.6	Einwirkungen auf Klebverbindungen	796	4.3.3	Untersuchungen an Großbauteilproben	823
1.6.1	Allgemeines zu Einwirkungen auf Klebverbindungen	796	4.3.4	Zusammenfassung	824
1.6.2	Bemessungskonzept der ETAG 002	796	4.4	Photovoltaik	824
1.6.3	Mechanische Einwirkungen auf Klebverbindungen	796	4.4.1	Baurechtliche und planerische Empfehlung	824
1.6.4	Wirkungsdauer von Lufttemperaturen	797	4.4.2	Erfolgreiche Projekte	825
2	Eigenschaften, Tragverhalten und Alterungsverhalten typischer Klebstoffe	799	5	Qualitätsanforderungen	827
2.1	Allgemeine Eigenschaften	799	5.1	Prozesskette Kleben nach DIN 2304-1	829
2.2	Randbedingungen der Experimente an fugenähnlichen Proben	802	5.1.1	Sicherheitsklassen	829
2.3	Trag- und Versagensverhalten	802	5.1.2	Klebeaufsichtspersonal (KAP)	829
2.4	Einfluss der Fugegeometrie	803	5.1.3	Nachweisführung	830
2.5	Einfluss der Belastungsgeschwindigkeit und Temperatur	805	5.2	Überwachung von Herstellung und Montage	830
2.6	Einfluss künstlicher Alterung	806	5.3	Wartung und Reinigung	831
2.7	Diskussion	808	5.4	Hinweise zu zerstörungsfreier Prüfung und Monitoring	832
3	Berechnung und Bemessung von Klebverbindungen	809			
3.1	Vorausgehende Betrachtungen zum Sicherheitsniveau	809			

6	Hinweise zur baurechtlichen Einordnung	832	6.2.2	Bauaufsichtliche Anforderungen an die Bauart „geklebte Glaskonstruktion“	834
6.1	Aktuelle bauaufsichtliche Situation	832	6.2.3	Technische Dokumentation – Abweichungen bei einem europäischen Bauprodukt	834
6.2	Leitfaden zur Verwendung von Klebstoffverbindungen	833			
6.2.1	Bauaufsichtliche Anforderungen an das Bauprodukt „Klebstoff“	833	7	Zusammenfassung	835
				Literatur	836

Stichwortverzeichnis 839