

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort III

Autor:innenverzeichnis XIX

<b>1</b>	<b>Stahlbaunormen – DIN EN 1993-1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau</b>	<b>1</b>
	Ulrike Kuhlmann, Fabian Jörg	
1	Allgemeines	8
1.1	Anwendungsbereich	8
1.1.1	Anwendungsbereich von Eurocode 3	8
1.1.2	Anwendungsbereich von Eurocode 3 Teil 1-1	9
1.2	Normative Verweisungen	10
1.2.1	Allgemeine normative Verweisungen	10
1.2.2	Normative Verweisungen zu schweißgeeigneten Baustählen	10
1.3	Annahmen	10
1.4	Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	10
1.5	Begriffe	10
1.5.1	Tragwerk	10
1.5.2	Teiltragwerke	10
1.5.3	Art des Tragwerks	10
1.5.4	Tragwerksberechnung	11
1.5.5	Systemlänge	11
1.5.6	Knicklänge	11
1.5.7	mittragende Breite	11
1.5.8	Kapazitätsbemessung	11
1.5.9	Bauteil mit konstantem Querschnitt	11
1.6	Formelzeichen	11
1.7	Definition der Bauteilachsen	16
2	Grundlagen für die Tragwerksplanung	16
2.1	Anforderungen	16
2.1.1	Grundlegende Anforderungen	16
2.1.2	Behandlung der Zuverlässigkeit	17
2.1.3	Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Robustheit	17
2.1.3.1	Allgemeines	17
2.1.3.2	Nutzungsdauer bei Hochbauten	17
2.1.3.3	Dauerhaftigkeit von Hochbauten	17
2.2	Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen	17
2.3	Basisvariable	18
2.3.1	Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	18
2.3.2	Werkstoff- und Produkteigenschaften	18
2.4	Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	18
2.4.1	Bemessungswerte von Werkstoffeigenschaften	18
2.4.2	Bemessungswerte der geometrischen Größen	18
2.4.3	Bemessungswerte der Beanspruchbarkeit	18
2.4.4	Nachweis der Lagesicherheit (EQU)	19
2.5	Bemessung mit Hilfe von Versuchen	19
3	Werkstoffe	19
3.1	Allgemeines	19
3.2	Baustahl	20
3.2.1	Werkstoffeigenschaften	20
3.2.2	Anforderungen an die Duktilität	22
3.2.3	Bruchzähigkeit	22
3.2.4	Eigenschaften in Dickenrichtung	22
3.2.5	Toleranzen	23
3.2.6	Bemessungswerte der Materialkonstanten	23
3.3	Verbindungsmittel	23
3.3.1	Schrauben, Bolzen, Nieten	23
3.3.2	Schweißwerkstoffe	23
3.4	Andere vorgefertigte Produkte im Hochbau	23
4	Dauerhaftigkeit	23
5	Tragwerksberechnung	24
5.1	Statische Systeme	24
5.1.1	Grundlegende Annahmen	24
5.1.2	Berechnungsmodelle für Anschlüsse	25
5.1.3	Bauwerks-Boden-Interaktion	25
5.2	Untersuchung von Gesamtragwerken	25
5.2.1	Einflüsse der Tragwerksverformung	25
5.2.2	Stabilität von Tragwerken	27
5.3	Imperfektionen	29
5.3.1	Grundlagen	29
5.3.2	Imperfektionen für die Tragwerksberechnung	29
5.3.3	Imperfektionen zur Berechnung aussteifender Systeme	33
5.3.4	Bauteilimperfektionen	34
5.4	Berechnungsmethoden	35
5.4.1	Allgemeines	35
5.4.2	Elastische Tragwerksberechnung	35
5.4.3	Plastische Tragwerksberechnung	36
5.5	Klassifizierung von Querschnitten	36
5.5.1	Grundlagen	36
5.5.2	Klassifizierung	36
5.6	Anforderungen an Querschnittsformen und Aussteifungen am Ort der Fließgelenkbildung	37
6	Grenzzustände der Tragfähigkeit	41
6.1	Allgemeines	41
6.2	Beanspruchbarkeit von Querschnitten	41

6.2.1	Allgemeines	41	6.3.2.3	Biegedrillknicklinien gewalzter Querschnitte oder gleichartiger geschweißter Querschnitte	57
6.2.2	Querschnittswerte	43	6.3.2.4	Vereinfachtes Bemessungsverfahren für Träger mit Biegedrillknickbehinderungen im Hochbau	58
6.2.2.1	Bruttoquerschnitte	43	6.3.3	Auf Biegung und Druck beanspruchte gleichförmige Bauteile	59
6.2.2.2	Nettobläche	43	6.3.4	Allgemeines Verfahren für Knick- und Biegedrillknicknachweise für Bauteile	61
6.2.2.3	Mittragende Breite	43	6.3.5	Biegedrillknicken von Bauteilen mit Fließgelenken	63
6.2.2.4	Wirksame Querschnittswerte bei Querschnitten mit Klasse-3-Stegen und Klasse-1- oder Klasse-2-Gurten bei Momentenbeanspruchung $M_y$	43	6.3.5.1	Allgemeines	63
6.2.2.5	Wirksame Querschnittswerte für Querschnitte der Klasse 4	44	6.3.5.2	Stützungen an Fließgelenken mit Rotationsanforderungen	63
6.2.3	Zugbeanspruchung	44	6.3.5.3	Stabilitätsnachweis für Tragwerksabschnitte zwischen seitlichen Stützungen	64
6.2.4	Druckbeanspruchung	45	6.4	Mehrteilige Bauteile	64
6.2.5	Biegebeanspruchung	45	6.4.1	Allgemeines	64
6.2.6	Querkraftbeanspruchung	45	6.4.2	Gitterstützen	67
6.2.7	Torsionsbeanspruchung	47	6.4.2.1	Tragfähigkeit von Elementen von Gitterstützen	67
6.2.8	Beanspruchung aus Biegung und Querkraft	48	6.4.2.2	Konstruktive Durchbildung	67
6.2.9	Beanspruchung aus Biegung und Normalkraft	48	6.4.3	Stützen mit Bindeblechen (Rahmenstützen)	67
6.2.9.1	Querschnitte der Klasse 1 und 2	48	6.4.3.1	Tragfähigkeit von Komponenten von Stützen mit Bindeblechen	67
6.2.9.2	Querschnitte der Klasse 3	49	6.4.3.2	Konstruktive Durchbildung	68
6.2.9.3	Querschnitte der Klasse 4	49	6.4.4	Mehrteilige Bauteile mit geringer Spreizung	68
6.2.10	Beanspruchung aus Biegung, Querkraft und Normalkraft	50	7	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	69
6.3	Stabilitätsnachweise für Bauteile	51	7.1	Allgemeines	69
6.3.1	Gleichförmige Bauteile mit planmäßig zentrischem Druck	51	7.2	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit für den Hochbau	69
6.3.1.1	Biegeknicken	51	7.2.1	Vertikale Durchbiegung	69
6.3.1.2	Knicklinien	51	7.2.2	Horizontale Verformungen	69
6.3.1.3	Schlankheitsgrad für Biegeknicken	51	7.2.3	Dynamische Einflüsse	69
6.3.1.4	Schlankheitsgrad für Drillknicken oder Biegedrillknicken	54		Literatur zu den Kommentaren	85
6.3.2	Gleichförmige Bauteile mit Biegung um die Hauptachse	54			
6.3.2.1	Biegedrillknicken	54			
6.3.2.2	Knicklinien für das Biegedrillknicken – Allgemeiner Fall	56			

**2 Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Normen und Bescheide im Metallbau 87**  
 Karsten Kathage, Christoph Ortmann

1	Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB)	89	3.1	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen/ allgemeine Bauartgenehmigungen	146
2	Normen und Richtlinien für den Metallbau	141	3.1.1	Sachgebiet Verbundbau	146
3	Bescheide des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt (Stand: Juli 2023)	146	3.1.2	Sachgebiet Metallbau – Werkstoffe	148
			3.1.3	Sachgebiet Metallbau – Metallbauarten	150
			3.1.4	Sachgebiet Gerüste	178
			3.2	Europäische Technische Bewertungen	190



<b>4</b>	<b>Anwendung numerischer Methoden bei der Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Die neue prEN 1993-1-14:2023</b>	<b>239</b>
	Markus Knobloch, Faranak Faghihi, Mehmed Numanović, Anna-Lena Bours	
1	Einleitung	243
2	Grundlagen für die Tragwerksplanung und Modellierung	244
2.1	Allgemeines	244
2.2	Normtext aus prEN 1993-1-14, 4(5)–(13)	244
2.3	Bemessungsverfahren	245
3	Modellierung	247
3.1	Allgemeines	247
3.2	Geometrische Modelle	247
3.2.1	Geometrische Modellierung und Diskretisierung	247
3.2.1.1	Normtext aus prEN 1993-1-14, 5.1.1(1)–(4)	247
3.2.1.2	Allgemeine Regeln	247
3.2.1.3	Normtext aus prEN 1993-1-14, 5.1.1(7)–(9)	248
3.2.1.4	Weitere Überlegungen	248
3.2.2	Modellierung der Elemente	249
3.2.2.1	Normtext aus prEN 1993-1-14, 5.1.2(3)–(4), 5.1.3(3), 5.1.4(1)–(2), 5.1.5(3)	249
3.2.2.2	Modelle mit Balken-, Platten-, Schalen- und Volumelementen	249
3.3	Auflager- und Lastmodelle	251
3.3.1	Normtext aus prEN 1993-1-14, 5.2.1(1), (2), (4), (7), 5.2.2(1), (2)	251
3.3.2	Modellierung der Auflager und Lasten	252
3.4	Werkstoffmodelle	253
3.4.1	Normtext aus prEN 1993-1-14, 5.3.1(1), (2), (8), (9), (13)	253
3.4.2	Allgemeines	253
3.4.3	Normtext aus prEN 1993-1-14, 5.3.2(1-2)	254
3.4.4	Werkstoffmodelle für warmgewalzte Stähle	255
3.4.5	Normtext aus prEN 1993-1-14, 5.3.3(1), (2), 5.3.4(1), (2)	256
3.4.6	Werkstoffmodelle für kaltgeformten Stahl, hochfesten Stahl und nichtrostende Stähle	257
3.5	Imperfektionen	258
3.5.1	Normtext aus prEN 1993-1-14, 5.4.1(1)–(3), (8)	258
3.5.2	Allgemeines	258
3.5.3	Normtext aus prEN 1993-1-14, 5.4.2(1)	258
3.5.4	Geometrische Imperfektionen	259
3.5.5	Normtext aus prEN 1993-1-14, 5.4.3(3)–(5), (7)	260
3.5.6	Eigenspannungen	261
3.5.7	Normtext aus prEN 1993-1-14, 5.4.4(1), (5)–(7)	262
3.5.8	Geometrische Ersatzimperfektionen	263
3.5.9	Normtext aus prEN 1993-1-14, 5.5(1)–(3), (6)	264
3.5.10	Imperfektionskombinationen	264
4	Berechnung	265
4.1	Allgemeines	265
4.2	Lösungseinstellungen	265
4.3	Normtext aus prEN 1993-1-14, 6.1.1(1), (3)–(5), (7)	266
4.4	Tragwerksberechnung	267
4.5	Normtext aus prEN 1993-1-14, 6.1.2(1)	268
4.6	Berechnungsverfahren	268
5	Validierung und Verifizierung	269
5.1	Allgemeines	269
5.2	Normtext aus prEN 1993-1-14, 7.1(1)–(7)	270
5.3	Weitere Überlegungen	271
5.4	Normtext aus prEN 1993-1-14, 7.2(1)–(4)	272
5.5	Verifizierung	272
5.6	Normtext aus prEN 1993-1-14, 7.3(1), (2), (9), (10)	273
5.7	Validierung	274
6	Bemessungsmethodik	275
6.1	Allgemeines	275
6.2	Grenzzustand der Tragfähigkeit	275
6.2.1	Normtext aus prEN 1993-1-14, 8.1.1(1), (2)	275
6.2.2	Allgemeines	275
6.2.3	Normtext aus prEN 1993-1-14, 8.1.2(1), (2)	276
6.2.4	Elastischer Grenzzustand – Spannungsnachweis	276
6.2.5	Normtext aus prEN 1993-1-14, 8.1.3(1)–(5), (8)	276
6.2.6	Nachweis der Beanspruchbarkeit nach Plastizitätstheorie	276
6.2.7	Stabilitätsnachweis	277
6.2.7.1	Normtext aus prEN 1993-1-14, 8.1.4.1(1), (2)	277
6.2.7.2	Bemessungsverfahren	277
6.2.7.3	Normtext aus prEN 1993-1-14, 8.1.4.2(1)–(7), (9)	277
6.2.7.4	Bemessung durch LA- oder MNA- und LBA-Berechnung	278
6.2.7.5	Normtext aus prEN 1993-1-14, 8.1.4.3(1)–(5)	279
6.2.7.6	Bemessung durch GNIA-Berechnung in Kombination mit LBA-Berechnung	279

6.2.7.7	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.4.4(1), (2) 280	8.5	Normentext aus prEN 1993-1-14, B4(1)–(6) 289
6.2.7.8	Bemessung durch GNIA-Berechnung in Kombination mit Querschnittsnachweis 280	8.6	Berücksichtigung von Spannungskonzentrationen bei der Bemessung 290
6.2.7.9	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.4.5(1)–(10), (12), (14) 280	9	Grenzwerte für maximale Dehnungen für Balkenelemente 291
6.2.7.10	Bemessung durch GMNIA-Berechnung 281	9.1	Allgemeines 291
6.2.8	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.5 (1)–(4) 281	9.2	Hintergrund 291
6.2.9	Verfahren zur Auswertung der materiell nichtlinearen Berechnung 282	9.3	Motivation 291
6.3	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit 282	9.4	Anwendung 291
6.3.1	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.3 (1)–(7) 282	9.5	Normentext aus prEN 1993-1-14, C3(1)–(4) 292
6.3.2	Weitere Informationen 283	10	Dokumentation 294
7	Modellfaktor $\gamma_{FE}$ 283	10.1	Normentext aus prEN 1993-1-14, 9(1), (2) 294
7.1	Hintergrund und Anwendung 283	11	Berechnungsbeispiele 294
7.2	Berechnung 283	11.1	Einleitung 294
7.3	Normentext aus prEN 1993-1-14, A.3(1)–(5), (7) 284	11.2	Schubbeulen von Blechträgern 294
7.4	Normentext aus prEN 1993-1-14, 7.3 (3)–(8) 285	11.2.1	Allgemeines 294
7.5	Nachweise der Beanspruchbarkeit mit dem Modellfaktor 285	11.2.2	Experimentelle Versuche 294
7.6	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.3(7), 8.1.4.5(13), 8.1.5(5) 286	11.2.3	Entwicklung des numerischen Modells 295
8	Spannungskonzentrationen 286	11.2.4	Last- und Auflagerbedingungen 296
8.1	Hintergrund und Anwendung 286	11.2.5	Werkstoffmodell 297
8.2	Ursachen von Spannungskonzentrationen Hinweise zur Modellierung 286	11.2.6	Imperfektionen 297
8.3	Normentext aus prEN 1993-1-14, B3(1)–(3), 8.1.2(3)–(6) 287	11.2.7	Berechnungsverfahren 297
8.4	Trennung von Spannungskonzentration und numerischen Singularitäten 288	11.2.8	Validierung des numerischen Modells anhand von experimentellen Versuchen 297
		11.3	Zweifeldträger unter Biegung, Drucknormalkraft und Torsion 299
		11.3.1	Experimentelle Untersuchungen 299
		11.3.2	Numerisches Modell 301
		11.3.3	Validierung 302
		12	Zusammenfassung und Ausblick 303
			Literatur 304
<b>5</b>	<b>Erweiterte Konzepte der Betriebsfestigkeit 307</b>		
	Markus Knobloch, Stefanie Röscher, Simon Steinhoff, Marc Seidel, Marion Rauch		
1	Einleitung 311	2.6	Wöhlerlinie zur Beschreibung des Ermüdungswiderstands 317
2	Betriebsfestigkeit 311	2.7	Konzepte der Betriebsfestigkeitsberechnung 319
2.1	Ermüdung metallischer Werkstoffe 311	3	Spannungsbasierte Nachweiskonzepte zur Lebensdauerprognose 320
2.2	Struktur- und bruchmechanische Werkstoffkennwerte 313	3.1	Überblick 320
2.3	Kerbwirkung 314	3.2	Kerbspannungskonzept 322
2.4	Betriebsbeanspruchung 314	3.2.1	Grundgedanke des Kerbspannungskonzepts 322
2.5	Einflüsse auf die Betriebsfestigkeit 315	3.2.2	Nachweisformat und Berechnungsablauf 322
2.5.1	Werkstoff 316	3.2.3	Anwendungsgrenzen und Hinweise 325
2.5.2	Mittelspannung und Eigenspannungen 316		
2.5.3	Bauteileinfluss und Größeneffekt 317		
2.5.4	Weitere Einflüsse auf die Betriebsfestigkeit 317		

4	Erweiterte Konzepte für die Lebensdauerprognose geschweißter und ungeschweißter Bauteile 326	5.1	Zusammengesetzte Beanspruchungen 351
4.1	Allgemeines 326	5.2	Schädigungsbewertung über Interaktionsbedingungen 353
4.2	Kerbdehnungskonzept 328	5.3	Schädigungsbewertung über kritische Ebenen für nichtproportionale Beanspruchungen 354
4.2.1	Grundgedanke des Kerbdehnungskonzepts 328	6	Anwendungsbeispiele 355
4.2.2	Nachweisformat und Berechnungsablauf 328	6.1	Lebensdauerberechnung mit dem Kerbspannungskonzept für einen Kreuzstoß 355
4.2.3	Anwendungsmöglichkeiten und Erweiterungen 333	6.1.1	Einleitung 355
4.2.3.1	Abschätzmethoden für zyklisches Werkstoffverhalten 333	6.1.2	Geometrie 356
4.2.3.2	Größeneinfluss 336	6.1.3	FE-Modell 356
4.2.3.3	Rauheit 336	6.1.4	Kerbformzahlen 357
4.2.3.4	Schädigungsparameter 337	6.1.5	Beanspruchung 357
4.2.3.5	Eigenspannungen 339	6.1.6	Ermüdungsnachweis 357
4.2.4	Anwendung für geschweißte Bauteile bzw. Strukturen 339	6.2	Berechnung der Anrisslebensdauer mit dem Kerbdehnungskonzept für einen ausgeklinkten Träger 358
4.2.5	Versagenskriterium 339	6.2.1	Einleitung 358
4.2.6	Einführungsbeispiel 340	6.2.2	Eingangswerte, Geometrie und Überblick über die Ermüdungsversuche 358
4.3	Rissfortschrittskonzept 341	6.2.3	Berechnung der Anrisslebensdauer 359
4.3.1	Grundgedanke des Rissfortschrittskonzepts 341	6.3	Lebensdauerberechnung mit dem Zwei-Phasen-Modell für eine Anschweißbuchse 361
4.3.2	Nachweisformat und Berechnungsablauf 342	6.3.1	Einleitung 361
4.3.3	Anwendungsmöglichkeiten und Erweiterungen 345	6.3.2	Eingangswerte und Geometrie 362
4.3.3.1	Rissfortschrittsgesetze 345	6.3.3	FE-Modell und Idealisierung der Schweißnahtgeometrie 363
4.3.3.2	Risschließeffekt und Bauteilgröße 346	6.3.4	Bestimmung der Anrisslebensdauer 364
4.3.3.3	Eigenspannungen 346	6.3.5	Berechnung der Rissfortschrittsdauer 366
4.3.3.4	Numerische Ermittlung der Spannungsintensität 346	6.3.6	Vergleich der Berechnung mit Versuchsergebnissen 368
4.3.3.5	Numerische Rissfortschrittsberechnungen mittels X-FEM 347	6.3.7	Ableitung einer charakteristischen Ermüdungswiderstandskurve (Bemessungswöhlerlinie) 368
4.3.4	Versagenskriterium 348	7	Zusammenfassung und Ausblick 369
4.3.5	Einführungsbeispiel 348		Literatur 370
4.4	Gesamtlebensdauerprognose mit dem Zwei-Phasen-Modell 350		
5	Mehraxiale Spannungszustände 351		
6	<b>Neue Entwicklungen in prEN 1993-1-11:2024</b> 375		
	Heinz Friedrich, Thomas Misiak, José J. Oliveira Pedro, Daniel C. Ruff		
1	Einleitung 377	2.6	Dauerhaftigkeit 397
1.1	Zu diesem Beitrag 377	2.7	Tragwerksberechnung 398
1.2	Neue Normengeneration 377	2.8	Grenzzustände der Tragfähigkeit 400
1.3	Zusammenfassung der Änderungen 378	2.9	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 414
1.4	Anmerkungen zum Abdruck von prEN 1993-1-11 378	2.10	Ermüdung 415
2	Vorstellung und Kommentierung von prEN 1993-1-11:2024 379	2.11	Versuche 420
2.1	Anwendungsbereich 381	3	Vorstellung und Kommentierung der Anhänge von prEN 1993-1-11:2024 421
2.2	Normative Verweise 382	3.1	Anhang A 421
2.3	Begriffe, Definitionen und Formelzeichen 382	3.2	Anhang B 436
2.4	Grundlagen der Tragwerksplanung 387	3.3	Anhang C 442
2.5	Werkstoffe 393		Literatur 447

<b>7</b>	<b>Neue Entwicklungen in prEN 1993-2:2023</b>	<b>451</b>		
	Ulrike Kuhlmann, Lisa-Marie Gözl, José J. Oliveira Pedro, Wolfram Schleicher, Michael Schmidmeier, Ralf Schubart, Ulrike Spiegelhalder			
1	Einleitung	453	7.2	Neuer informativer Anhang F
1.1	Bemessungsregeln bei Stahlbrücken	453	7.3	Ermüdungswiderstand
1.2	Überblick zu der Entwicklung und den Änderungen in prEN 1993-2	453	7.4	Schweißnahtnachbehandlung
1.2.1	Entwicklungsprozess	453	8	Anhang A – Bemessung von Hängern bei Stabbogenbrücken
1.2.2	Übersicht über die Änderungen	454	8.1	Anwendungsbereich
1.3	Gegenstand und Verständnis des Beitrags	456	8.2	Material und Querschnitte für Zugglieder
2	Grundlagen für die Tragwerksplanung	456	8.3	Bemessungsempfehlungen für Hängeranschlüsse
2.1	Grundlegende Anforderungen	456	8.4	Bemessungsregeln für Rundstahlhänger
2.2	Tragwerkszuverlässigkeit und Robustheit	456	8.5	Bemessungsregeln für Flachstahlhänger
2.3	Nutzungsdauer bei Brücken	457	8.6	Bemessungsregeln für Seilhänger
2.4	Dauerhaftigkeit, Basisvariablen und Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	457	8.7	Weitergehende Empfehlungen zur Bewertung schwingungsanfälliger Konstruktionen
2.5	Teilsicherheitsbeiwerte für die Ermüdungsnachweise und Versuchsgestützte Bemessung	458	9	Anhang B – Ergänzende Regeln für die Bemessung von im Grundriss gekrümmten Hauptträgern mit steifer Lagerung des Druckflansches
3	Tragwerksberechnung	458	10	Anhang C – Empfehlungen für die bauliche Durchbildung von Stahlfahrbahnen
4	Teilsicherheitsbeiwerte und Querschnittsbeanspruchbarkeit	460	10.1	Allgemeines
4.1	Teilsicherheitsbeiwerte und Allgemeines	460	10.2	Straßenbrücken – Allgemeines
4.2	Zug-, Druck- und Biegebeanspruchung	461	10.3	Straßenbrücken – Fahrbahnblech
4.3	Querkraftbeanspruchung, Torsion und weitere Beanspruchungen	462	10.4	Straßenbrücken – Fahrbahnlängssteifen
5	Stabilitätsnachweise für Bauteile	464	10.5	Straßenbrücken – Querträger
5.1	Biegedrillknicknachweise nach EN 1993-1-1:2022, Abs. 8.3.2	464	10.6	Eisenbahnbrücken – Allgemeines
5.2	Vereinfachtes Verfahren für seitliches Ausknicken und Biegedrillknicken von Bauteilen nach Abs. 8.3.5	466	10.7	Eisenbahnbrücken – Blechdicke und Maße
6	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	468	10.8	Eisenbahnbrücken – Ausbildung der Durchdringung Längssteife/ Querträger
6.1	Allgemeine Regeln und Spannungsbegrenzung	468	10.9	Eisenbahnbrücken – Schweißnahtvorbereitung und Prüfungen
6.2	Weitere Anforderungen	470	10.10	Eisenbahnbrücken – Berechnungen
7	Ermüdung	471	10.11	Toleranzen für Halbzeuge und für die Fertigung
7.1	Ermüdungsnachweis	471	11	Zusammenfassung und Ausblick
				Literatur

<b>8</b>	<b>Ermittlung der Beanspruchungen in Stahlbrücken beim Heißeinbau des Fahrbahnbelags</b>	<b>523</b>		
	Gerhard Hanswille, Ingbert Mangerig			
1	Einleitung	525	5.2	System 1 – Deckblech der Stahlfahrbahn
2	Systeme für Fahrbahndecken und Einbaubreiten der Fertiger	525	5.3	System 2 – Längsrippen
3	Messungen an Bauwerken und Schlussfolgerungen für eine rechnerische Erfassung der Beanspruchungen aus dem Aus- und Einbau des Belags	527	5.4	System 3 – Querträger
4	Numerische Simulation der Temperaturfelder aus klimatischen Temperatureinwirkungen in Kombination mit den Temperaturfeldern aus dem Heißeinbau des Belags	530	5.5	System 4 – Haupttragwerk
4.1	Allgemeines	530	6	Besondere Aspekte bei der Ermittlung der Beanspruchungen aus klimatischen Temperatureinwirkungen in Kombination mit dem Ausbau des Asphaltbelags
4.2	Grundlagen der Temperaturfeldberechnung bei klimatischen Temperatureinwirkungen und beim Heißeinbau des Belags	532	6.1	Allgemeines
4.3	Parameteruntersuchungen zu den klimatischen Temperatureinwirkungen	536	6.2	Haupttragwerkswirkung
4.3.1	Allgemeines	536	6.3	Querrahmen
4.3.2	Temperaturverläufe in den Längsrippen von orthotropen Fahrbahnplatten infolge klimatischer Einwirkungen	536	7	Einwirkungen aus Arbeitsbetrieb beim Ein- und Ausbau des Asphalts
4.3.3	Parameteruntersuchungen für die Deckbleche von Stahlbrücken	539	8	Einwirkungskombinationen in der vorübergehenden Bemessungssituation des Ein- und Ausbaus des Belags
4.4	Temperatureinwirkungen aus dem Heißeinbau des Belags	541	9	Teilsicherheitsbeiwerte für die Auswirkungen aus dem Heißeinbau des Belags
4.4.1	Allgemeines	541	10	Berechnungsbeispiel
4.4.2	Trapezsteifen von orthotropen Fahrbahnplatten	543	10.1	Allgemeines
4.4.3	Temperaturfelder aus dem Asphaltieren und aus klimatischen Temperatureinwirkungen in den Deckblechen	545	10.2	Globale Beanspruchungen aus dem Heißeinbau des Asphalts
4.4.4	Baupraktische Berechnung der Deckblechtemperaturen aus dem Heißeinbau des Belags	548	10.3	Lokale Beanspruchungen in der orthotropen Fahrbahnplatte aus dem Heißeinbau des Asphalts
5	Vereinfachte Temperaturfelder und Modelle zur Berechnung der Beanspruchungen beim Heißeinbau des Asphaltbelags bei Stahlbrücken	549	10.4	Spannungen im Deckblech aus dem Heißeinbau des Belags infolge lokaler und globaler Beanspruchungen
5.1	Allgemeines	549	10.5	Klimatische Temperatureinwirkungen
			10.6	Bewertung der Berechnungsergebnisse für das Beispiel Stahlbrücke
			11	Erfahrungen mit dem Heißeinbau des Belags bei ausgeführten Bauwerken
			12	Zusammenfassung, Danksagung und Ausblick
				Literatur
<b>9</b>	<b>Neue Entwicklungen in prEN 1993-5:2023</b>	<b>581</b>		
	Cécile Prüm, Jacobs Colin, Dirk Jan Peters, Alexander Enders			
1	Einführung	585	1.4.3	Harmonisierung der Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
1.1	Aktueller Stand	585	1.4.4	Schiefstellungen
1.2	Nächste Generation	585	1.4.5	Querschnittsklassifizierung
1.3	Überarbeitungsprozess	585	1.4.6	Beanspruchbarkeit von Z- und U-Bohlen auf Biegung
1.4	Zusammenfassung der wesentlichen Änderungen	585	1.4.7	Schubverbindungen von U-Bohlen
1.4.1	Neuer Aufbau	585	1.4.8	Nachweis der Füllelemente
1.4.2	Bruchzähigkeit der Spundwände	585		



- 1.4.9 Beanspruchbarkeit von H-förmigen Tragbohlen auf Biegung und Normalkraft 587
- 1.4.10 Anhang D (normativ): Referenz-Gleichungen für die Bemessung von dünnwandigen Rohrpfählen mit Klasse-3- und -4-Querschnitt unter Biegebeanspruchung 587
- 1.4.11 Eigenschaften von semi-kompakten Rohrpfählen nach Anhang E (normativ) 587
- 1.4.12 Werkstoffeigenschaften für Stahlelemente von Ankern und Zugpfählen 587
- 1.4.13 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Ankern und Zugpfählen 587
- 1.4.14 Beanspruchbarkeit von Ankern und Zugpfählen 587
- 2 Bruchzähigkeit der Spundwände 587
- 2.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 587
- 2.2 Vereinfachter Bruchzähigkeitsnachweis 588
- 2.3 Erläuterungen 589
- 3 Tragwerksmodellierung 590
- 3.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 590
- 3.2 Hintergrund zu den Änderungen 594
- 3.2.1 Tragwerksberechnung zur Bemessung von Stahlspundwänden im Grenzzustand der Tragfähigkeit 594
- 3.2.2 Imperfektionen 594
- 4 Festigkeitsnachweise nach prEN 1993-5:2023 599
- 4.1 Querschnittsklassifizierung 599
- 4.1.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 599
- 4.1.2 Kommentar zur Querschnittsklassifizierung 600
- 4.2 Beanspruchbarkeit von Z- und U-Bohlen auf Biegung nach prEN 1993-5:2023 Abs. 8.3.1 und Anhang E 601
- 4.2.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 601
- 4.2.2 Normtext zur Beanspruchbarkeit von Z- und U-Bohlen auf Biegung nach prEN 1993-5 Anhang E 603
- 4.2.3 Kommentar zur Beanspruchbarkeit von Spundwandbohlen auf Biegung 603
- 4.3 Schubverbindungen von U-Bohlen 605
- 4.3.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 605
- 4.3.2 Empfohlene Werte für Abminderungsfaktoren  $\beta_B$  und  $\beta_D$  zur Berücksichtigung des Grades der Schubkraftübertragung 606
- 4.3.3 Verschweißte Schubverbindungen 606
- 4.3.4 Nachweis von verpressten Schubverbindungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit 607
- 4.4 Bemessung von H-förmigen Bohlen als Tragelement 607
- 4.4.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 607
- 4.4.2 Kommentar zur Bemessung von H-förmigen Bohlen als Tragelement 614
- 4.4.2.1 Allgemeines 614
- 4.4.2.2 Beanspruchbarkeit auf Biegung und Normalkraft 614
- 4.4.2.3 Biegeknicke und Biegedrillknicke von H-förmigen Tragbohlen 616
- 4.4.3 Kombinierte Wirkung aus globaler Beanspruchung in Längsrichtung und lokaler Querbeanspruchung im Flansch von H-förmigen Tragbohlen 620
- 4.5 Bemessung von Füllbohlen mit FEM 620
- 4.5.1 Neuer Normtext aus DIN EN 1993-5:2023 620
- 4.5.2 Allgemeines zu Füllelementen 621
- 4.5.3 Allgemeines zur Sicherheit der Nachweise mit numerischer Simulation 622
- 4.5.4 Nachweis der Füllelemente laut prEN 1993-5:2023 623
- 4.6 Bemessung von Rohrprofilen 624
- 5 Verankerungen und Zugpfähle 634
- 5.1 Materialeigenschaften für Stahlelemente, die für Anker und Zugpfähle verwendet werden 634
- 5.1.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 634
- 5.1.2 Allgemeines 634
- 5.1.3 Duktilität 635
- 5.2 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Ankern und Zugpfählen 635
- 5.2.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 635
- 5.2.2 Diskussion der Änderungen 636
- 5.3 Grenzzustand der Tragfähigkeit – Anker und Zugpfähle 636
- 5.3.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 636
- 5.3.2 Diskussion der Änderungen 638
- 5.3.3 Kommentar zu Abschnitt 8.11 (3) 639
- 5.3.4 Kommentar zu Abschnitt 8.11.2 – Bemessungswiderstand von Zuggliedern für Rückverankerungen 639
- 5.3.5 Unterschiede in der Definition für Streckgrenzwert und den Teilsicherheitsbeiwerten 639
- 5.3.6 Kalibrierfaktor  $k_t$  640
- 5.3.7 Kommentar zum Absatz 8.11.2 (2) –  $k_b$ -Faktor 641
- 5.3.8 Anker und Zugpfähle, die einer Nachweisprüfung unterliegen 642
- Literatur 642

<b>10</b>	<b>Tragstrukturen für Windenergieanlagen</b>	<b>645</b>		
	Peter Schaumann, Manuela Böhm, Sebastian Kelma, Christopher Schierl			
1	Einleitung	647	5.2.4	Nachweis mit dem spannungsbasierten Verfahren
1.1	Bedeutung der Windenergie	647	5.2.5	Nachweis nach dem MNA/LBA Konzept
1.2	Normenentwicklung	648	5.2.6	Nachweis mit GMNIA
1.2.1	Onshore-Windenergie	648	5.2.7	Türöffnungen
1.2.2	Offshore-Windenergie	650	5.3	Ermüdungsnachweis
2	Übersicht über Varianten der Tragstruktur	650	5.3.1	Allgemeines
3	Einwirkungen	652	5.3.2	Nennspannungskonzept
3.1	Allgemeines	652	5.3.3	Strukturspannungskonzept
3.2	Einwirkungen aus Wind	653	5.3.4	Örtliche Konzepte
3.2.1	Allgemeines	653	5.3.5	Rissfortschrittskonzept
3.2.2	Windzonen	654	5.3.6	Schadensakkumulation
3.2.3	Windbedingungen nach DIN EN IEC 61400-1	655	5.3.7	Anwendung für Türme von Windenergieanlagen
3.2.4	Wirbelerregte Querschwingungen	656	5.4	Ringflansche
3.3	Sonstige Einwirkungen	657	5.4.1	Tragfähigkeit
3.3.1	Imperfektionen	657	5.4.2	Ermüdung
3.3.2	Temperatur	657	5.4.3	Einfluss von Imperfektionen
3.3.3	Erdbeben	657	5.4.4	Einfluss von Vorspannkraft
3.3.4	Eis	657	6	Fertigung und Montage
3.4	Lastarten	658	7	Offshore-Windenergie
3.5	Lastfälle	658	7.1	Aktuelle Entwicklung
3.6	Böenreaktion	660	7.2	Tragstrukturen für Offshore-WEA
4	Schnittgrößenermittlung	662	8	Forschung
4.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit	662	8.1	Allgemeines
4.2	Grenzzustand der Ermüdung	665	8.2	Groutverbindungen
4.3	Sicherheitskonzept	667	8.3	Schraubenverbindungen
5	Bemessung	668	8.4	Schweißnähte
5.1	Eigenfrequenzen	668	8.5	Stabilität von Suction Buckets
5.2	Schalenbeulen	669	9	Zusammenfassung und Ausblick
5.2.1	Allgemeines	669	10	Formelzeichen
5.2.2	Ideale Beullast	669		Literatur
5.2.3	Reale Beullast	671		

**Stichwortverzeichnis** 711