

Ulrich Krüger

Stahlbau

Teil 2 Stabilitätslehre

Stahlhochbau und Industriebau

 **Ernst & Sohn**
A Wiley Company



Inhaltsverzeichnis

Stabilitätslehre

	Einleitung	3
1	Stabilität und Traglast am Druckstab	7
1.1	Stabilität und Traglast	7
1.1.1	Stabilität gerader druckbeanspruchter Stäbe	7
1.1.2	Imperfektionen und Traglast	7
1.2	Einführung in die Theorie II. Ordnung	8
1.2.1	Theorie I. Ordnung am eingespannten Stab	8
1.2.2	Abgrenzungskriterien für Anwendung Theorie II. Ordnung	9
1.2.3	Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren	10
1.2.4	Berechnung nach Theorie II. Ordnung	11
2	Elastische Berechnung von Druckstäben	14
2.1	Grundgleichungen Theorie II. Ordnung	14
2.2	Der gerade Stab ohne Querlast	15
2.2.1	Lösung der homogenen Differentialgleichung	15
2.2.2	Die Randbedingungen	16
2.2.3	Stabilitätsprobleme	16
2.2.4	Der eingespannte Stab mit Druckkraft und H-Last	19
2.2.5	Der eingespannte Stab mit ausmittiger Normalkraft	20
2.2.6	Der eingespannte Stab mit Vorverdrehung	20
2.2.7	Last-Verformungs-Kurven und Elastische Grenzlast	22
2.3	Der gerade Stab mit Querlast	23
2.3.1	Konstante Querlast	23
2.3.2	Der Stab mit Vorkrümmung	25
2.3.3	Weitergehende Lösungen der DGL des Druckstabes	27
2.4	Das Spannungs- und das Traglastproblem	27
3	Knicklängen von Stäben und Stabwerken	29
3.1	Bedeutung der Knicklänge	29
3.2	Der poltreu belastete Stab	30
3.3	Der eingespannte Stab mit angehängten Pendelstützen	33
3.4	Federn abgestützte Stäbe	35
3.5	Knicklängen von Rahmenstielen	40
3.6	Gekoppelte Einspannstützen	44
3.7	Knicklängen ausgewählter Systeme	46
3.8	Drillknicken planmäßig mittig belasteter Stäbe	47
3.8.1	Drillknicken von Stäben mit wölbfreiem Querschnitt	47
3.8.2	Drillknicken von Stäben mit nicht-wölbfreiem Querschnitt	48
3.9	Stabilität von Druckrohren	50
4	Berechnungen nach Theorie II. Ordnung	52
4.1	Praktische Berechnungsverfahren für Elastizitätstheorie II. Ordnung	52
4.2	Imperfektionen nach DIN 18800 Teil 2	57
4.2.1	Berücksichtigung und Ansatz von Imperfektionen	57
4.2.2	Vorkrümmung	58
4.2.3	Vorverdrehung	58
4.2.4	Andere Imperfektionen	59
4.3	Berechnung spezieller Systeme nach E-Theorie II. Ordnung	60

4.3.1	Einspannstab mit angehängten Pendelstützen	60
4.3.2	Gekoppelte Einspannstützen	62
4.3.3	Zweigelenkrahmen mit verschieblichem Riegel	64
4.4	Andere Nachweisformen für Rahmentragwerke	66
4.4.1	Allgemeines	66
4.4.2	Nachweisverfahren in Diagrammform	67
4.4.3	Fließgelenktheorie II. Ordnung	70
4.4.4	Fließzonentheorie II. Ordnung	70
4.5	Vergleich verschiedener Verfahren am Beispiel	71
4.6	Weitere Beispiele	82
4.6.1	Einhüftiger Rahmen mit angelenkter Pendelstütze	82
4.6.2	Pylon einer Schrägseilbrücke	85
5	Biegedrillknicken	90
5.1	Kragträger	90
5.1.1	Das Prandtl'sche Kipp-Problem	90
5.1.2	BDK-Nachweis für Kragträger mit freiem Kragende	92
5.1.3	BDK-Nachweis für Kragträger mit gebundenem Kragende	94
5.2	Einfeldträger	95
5.2.1	Nachweis mit Ersatzstabverfahren nach DIN 18800	95
5.2.2	Hilfsmittel zur Bestimmung des idealen BDK-Moments	96
5.3	BDK-Nomogramme für gabelgelagerte Einfeldträger	97
5.3.1	Nomogramme für Walzprofile von Müller	97
5.3.2	Nomogramme für Walzprofile von Künzler	97
5.4	BDK-Nomogramme für Durchlaufträger	97
5.4.1	Nomogramme für teilweise Randeinspannung von Petersen	97
5.4.2	Nomogramme für Durchlaufträger von Dickel/Klemens/Rothert	97
5.5	Behinderung der Verformung	106
5.5.1	Behinderung der seitlichen Verschiebung	106
5.5.2	Behinderung der Verdrehung	106
5.6	Beispiele	107
6	Plattenbeulen	112
6.1	Ideale Beulspannung einer Rechteckplatte	112
6.1.1	Plattengleichung nach Theorie II. Ordnung	112
6.1.2	Rechteckplatte mit konstanter Längsspannung	113
6.2	Beulnachweis nach DIN 18800 Teil 3	118
6.2.1	Allgemeines	118
6.2.2	Definitionen	118
6.2.3	Formelzeichen	119
6.2.4	Bauteile ohne oder mit vereinfachtem Nachweis	120
6.2.5	Beul-Nomogramme	121
6.2.6	Spannungen infolge Einwirkungen	124
6.2.7	Nachweise	124
6.2.8	Abminderungsfaktoren	125
6.2.9	Versteifte Beulfelder	126
6.3	Grenzwerte b/t	127
6.4	Beispiele	128
6.4.1	Geschweißter Träger ohne Längssteifen	128
6.4.2	Geschweißter Träger mit Kastenquerschnitt	130
	Literatur zu "Stabilitätstheorie"	133

Stahlhochbau und Industriebau

	Einleitung	137
1	Dach - Wand - Decke	139
1.1	Trapezprofile	140
1.1.1	Werkstoff, Herstellung	140
1.1.2	Geometrie, Konstruktion	141
1.1.3	Verbindungselemente für Trapezprofile	143
1.1.4	Nachweise für Trapezprofile	150
1.2	Trapezprofile für Dächer	151
1.2.1	Ausführung	151
1.2.2	Tragsicherheitsnachweis für Auflasten	154
1.2.3	Biegesteifer Stoß	163
1.2.4	Windsoglasten	164
1.2.5	Trapezprofile als Schubfeld	166
1.3	Trapezprofile für Decken - Verbunddecken	168
1.4	Trapezprofile für Wände	169
1.5	Sandwich-Elemente für Dächer und Wände	171
1.5.1	Sandwich-Elemente für Dächer	171
1.5.2	Sandwich-Elemente für Wände	172
1.6	Porenbetonplatten	173
1.6.1	Herstellung, Eigenschaften	173
1.6.2	Porenbetonplatten für Wände	173
1.6.3	Porenbetonplatten für Dächer und Decken	173
1.6.4	Kennwerte für Dach- und Wandplatten	174
1.6.5	Ausbildung bei Porenbetonplatten für Dächer, Decken und Wände	176
1.7	Mauerwerkswände, Stahlbetonscheiben	180
1.8	Andere Dach- und Wandeindeckungen	181
1.8.1	Beton-Fertigteilplatten als Dachplatten	181
1.8.2	Wellblech	181
1.8.3	Faserzementplatten	181
1.8.4	Dachziegel	181
1.8.5	Glas als Baustoff	182
1.9	Beispiele	183
1.9.1	Trapezprofil ohne Schubfeldwirkung	183
1.9.2	Trapezprofil mit Schubfeldwirkung	188
2	Dachpfetten	193
2.1	Statische Systeme und Lastabtragung	193
2.1.1	Einfeldträger und Durchlaufträger	193
2.1.2	Einachsige und zweiachsige Biegung	194
2.1.3	Biegung und Normalkraft	194
2.2	Dachpfetten aus Walzprofilen	194
2.2.1	Ausführung	194
2.2.2	Statische Nachweise	196
2.2.3	Traglasttabellen Vogel/Heil für Walzprofile	196
2.2.4	Biegedrillknicken	200
2.3	Dachpfetten aus Kaltprofilen	205
2.3.1	Standardprofile	205
2.3.2	Z-Profil-Pfetten	206
2.4	Beispiele	210
2.4.1	Flachdach - Trapezprofil / Pfetten / Dachbinder / Dachverband	210

2.4.2	Satteldach - Sandwich / zeta-Pfetten / Dachbinder / Dachverband	218
3	Dachbinder und Verbände	222
3.1	Dachbinder	222
3.1.1	Statische Systeme	222
3.1.2	Querschnitte der Dachbinder	223
3.2	Dachverbände	224
3.2.1	Funktion der Dachverbände	224
3.2.2	Berechnung von Dachverbänden	225
3.2.3	Beispiel	228
3.3	Aussteifung von Wänden	229
3.3.1	Wandverbände	229
3.3.2	Wandrahmen	229
4	Verbundträger	230
4.1	Grundlagen	230
4.1.1	Wirkungsweise von Verbundträgern	230
4.1.2	Konstruktive Ausbildung	231
4.1.3	Regelwerke	232
4.1.4	Bezeichnungen	232
4.1.5	Nachweise	232
4.2	Tragsicherheitsnachweis für Verbundträger	234
4.2.1	Tragmoment im positiven Momentenbereich	234
4.2.2	Einfluß des Verdübelungsgrads auf das Tragmoment	235
4.2.3	Tragmoment im negativen Momentenbereich	236
4.2.4	Tragfähigkeitstabellen für Verbundträger	239
4.3	Nachweis der Verdübelung	244
4.3.1	Kopfbolzendübel	244
4.3.2	Scherspannungen im Beton	246
4.3.3	Anschlußbewehrung in der Betonplatte	247
4.4	Durchbiegung von Verbundträgern	248
4.4.1	Elastisches Verhalten von Verbundträgern	248
4.4.2	Bezeichnungen	249
4.4.3	Belastungsgeschichte	250
4.4.4	Durchbiegung aus Schwinden und Kriechen	251
4.5	Verbundträger nach DIN V ENV 1994 (EC4)	252
4.6	Beispiele	253
4.6.1	Einfeldträger als Verbundträger	253
4.6.2	Durchlaufträger als Verbundträger	256
5	Verbundstützen	263
5.1	Grundlagen	263
5.1.1	Eigenschaften und Ausbildung von Verbundstützen	263
5.1.2	Regelwerke, Bezeichnungen	264
5.2	Nachweise	265
5.2.1	Schnittgrößen	265
5.2.2	Planmäßig mittig auf Druck belastete Stütze	265
5.2.3	Druck und einachsige Biegung	266
5.2.4	Verbundsicherung	272
5.2.5	Krafteinleitung und Verbundmittel	272
5.3	Beispiele	273
5.3.1	Mittig belastete Verbundstützen	273
5.3.2	Verbundstütze mit einachsiger Biegung	276

6	Kranbahnen	281
6.1	Grundlagen	281
6.1.1	Krantypen und Kranbahnen	281
6.1.2	Normen und Berechnung	282
6.2	Berechnung für Brückenkrane und Hängekrane	284
6.2.1	Vertikallasten	284
6.2.2	Horizontallasten	284
6.2.3	Örtliche Beanspruchung aus Radlasteinleitung	286
6.2.4	Örtliche Beanspruchung der Unterflansche bei Hängekranen	287
6.2.5	Weitere Lasten	288
6.3	Statische Nachweise	289
6.3.1	Schnittgrößen und Allgemeiner Spannungsnachweis	289
6.3.2	Einfeldträger	289
6.3.3	Durchlaufträger	290
6.3.4	Nachweisverfahren	291
6.4	Betriebsfestigkeitsnachweis	294
6.4.1	Grundlagen	294
6.4.2	Einordnung von Bauformen in Kerbfälle	295
6.4.3	Grenzspannungen im Betriebsfestigkeitsnachweis	296
6.4.4	Überprüfung von Kranbahnen	298
6.5	Durchbiegung am Kranbahnträger	298
6.6	Ausbildung der Kranbahnträger	298
6.6.1	Querschnitte von Kranbahnträgern	298
6.6.2	Lagerung von Kranbahnträgern	299
6.6.3	No-Rail-Krane	299
6.7	Bemerkungen zum Stand der Normung	299
6.8	Beispiele	300
6.8.1	Kranbahn als Einfeldträger	300
6.8.2	Kranbahn als Zweifeldträger	305
6.8.3	Hängekranbahn mit direkt befahrenem Unterflansch	309
7	Brandschutz	311
7.1	Anforderungen an den Brandschutz	311
7.2	Brandschutz bei Stahlkonstruktionen	312
7.3	Brandschutz bei Verbundkonstruktionen	313
7.3.1	Brandschutz bei Verbundträgern	313
7.3.2	Brandschutz bei Verbundstützen	315
8	Wärmeschutz	316
8.1	Grundlagen	316
8.1.1	Wärmeschutzverordnung	316
8.1.2	Wärmeübertragende Umfassungsfläche und beheiztes Volumen	317
8.1.3	Begriffsbestimmungen zum Wärmeschutznachweis	317
8.2	Nachweis für Gebäude mit normalen Innentemperaturen	318
8.3	Nachweis für Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen	320
8.4	Tabellen	321
8.5	Beispiele	322
8.5.1	Werkhalle	323
8.5.2	Büro- und Sozialtrakt	324
	Literatur zu "Stahlhochbau und Industriebau"	327
	Sachregister	329