

STAHLBAU

Grundbegriffe und Bemessungsverfahren

Manfred A. Hirt

Professor an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne

Rolf Bez

Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne

Übersetzung in die deutsche Sprache und Bearbeitung durch Markus Kattner



PPUR AKADEMISCHER VERLAG

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	v
GRUNDLAGEN	
1. Einleitung.....	1
1.1 Zielsetzung des Buches.....	3
1.2 Aufbau und Inhalt	3
1.3 Normen und Tabellen	4
1.4 Terminologie und Typographie	5
1.4.1 Formale Textgestaltung	5
1.4.2 Koordinatenachsen.....	6
1.4.3 Bezeichnungen und Vorzeichen.....	7
1.4.4 Einheiten.....	7
1.5 Geschichte des Stahlbaus.....	7
1.6 Bemessungskonzept.....	8
1.6.1 Grundlagen.....	8
1.6.2 Tragsicherheit.....	9
1.6.3 Gebrauchstauglichkeit.....	10
2. Grundlagen der Bemessung.....	13
2.1 Einleitung.....	15
2.2 Ziele, Hilfsmittel und Vorgehen.....	16
2.2.1 Zielsetzung	16
2.2.2 Gebrauchstauglichkeit und Nutzungsplan	18
2.2.3 Tragsicherheit und Sicherheitsplan	18
2.2.4 Dokumentation für den Bauherrn.....	19
2.3 Gebrauchstauglichkeit	19
2.3.1 Anforderungen	19
2.3.2 Nutzungszustände.....	20
2.3.3 Nutzungsplan	20
2.3.4 Rechnerischer Nachweis	22
2.4 Tragsicherheit	27
2.4.1 Anforderungen	27
2.4.2 Gefährdungsbilder.....	27
2.4.3 Sicherheitsplan	30
2.4.4 Rechnerischer Nachweis	32
2.4.5 Probabilistischer Ansatz.....	33
2.4.6 Verfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten.....	37

2.5	Lasten und Einwirkungen	43
2.5.1	Eigenlasten des Tragwerks.....	44
2.5.2	Auflasten	44
2.5.3	Nutzlasten in Gebäuden	44
2.5.4	Schnee	46
2.5.5	Wind.....	47
2.5.6	Temperatur	48
2.5.7	Außergewöhnliche Einwirkungen.....	49
2.6	Tragwerksberechnung.....	50
2.6.1	Modellbildung	50
2.6.2	Berechnung der Schnittkräfte.....	50
2.6.3	Ermittlung des Tragwiderstandes.....	53
3.	Werkstoffe	57
3.1	Einleitung.....	59
3.2	Herstellung von Stahl und Stahlerzeugnissen.....	60
3.2.1	Herstellung von Stahl.....	60
3.2.2	Wärmebehandlung und mechanische Behandlung	62
3.2.3	Warmgewalzte Erzeugnisse	64
3.2.4	Kaltgeformte Erzeugnisse	67
3.2.5	Hohlprofile	68
3.2.6	Imperfektionen von Walzerzeugnissen	69
3.2.7	Eigenspannungen	70
3.3	Eigenschaften von Konstruktionswerkstoffen.....	72
3.3.1	Baustahl.....	72
3.3.2	Aluminium	76
3.3.3	Betonstahl und Spannstahl	78
3.3.4	Beton	79
3.4	Eigenschaften von Verbindungsmittelwerkstoffen.....	83
3.4.1	Nieten	83
3.4.2	Schrauben.....	83
3.4.3	Schweißnähte	85
3.4.4	Verbundmittel.....	85
3.4.5	Andere Verbindungsmittel.....	86
 BEMESSUNG VON BAUTEILEN		
4.	Querschnittswiderstand	89
4.1	Einleitung.....	91
4.2	Normalkraftwiderstand	92
4.3	Biege- und Torsionswiderstand.....	95

4.3.1	Einfache Biegung	95
4.3.2	Biegung eines einfachsymmetrischen Querschnittes	98
4.3.3	Biegung eines Hybridquerschnittes	101
4.3.4	Schiefe Biegung	102
4.4	Schubwiderstand	107
4.5	Torsionswiderstand	110
4.5.1	Arten von Torsionswiderstand	110
4.5.2	Saint-Venantsche Torsion	111
4.5.3	Wölbkrafttorsion	119
4.5.4	Gemischte Torsion	125
4.6	Widerstand bei Interaktion der Beanspruchungen	127
4.6.1	Grundlagen	128
4.6.2	Biegemoment und Normalkraft	128
4.6.3	Biegemoment und Querkraft	135
4.6.4	Normalkraft und Querkraft	139
4.6.5	Biegemoment, Normalkraft und Querkraft	141
4.6.6	Torsionsmomenteninteraktion	141
4.7	Verbundquerschnitte	146
4.7.1	Definitionen	146
4.7.2	Grundlagen	147
4.7.3	Normalkraftwiderstand	152
4.7.4	Biegewiderstand	156
4.7.5	Schubwiderstand	169
4.7.6	Widerstand bei Interaktion der Beanspruchungen	169
5.	Biegeträger	171
5.1	Einleitung	173
5.2	Grundlagen der Bemessung	174
5.2.1	Gebrauchstauglichkeit	174
5.2.2	Tragsicherheit	177
5.2.3	Ermüdungssicherheit	181
5.3	Walzträger	181
5.3.1	Anwendungsgebiete	181
5.3.2	Bemessung	182
5.4	Träger mit Gurtlamellen	185
5.4.1	Anwendungsgebiete	185
5.4.2	Bemessung der Gurtlamelle	185
5.4.3	Länge der Gurtlamelle	186
5.5	Blechträger	188
5.5.1	Anwendungsgebiete und Herstellung	188
5.5.2	Grundlagen der Bemessung	190
5.5.3	Bemessung der Verbindung von Steg und Flanschen	191

5.6	Träger mit Stegdurchbrüchen	194
5.6.1	Anwendungsgebiete und Herstellung.....	194
5.6.2	Berechnung der Schnittkräfte.....	195
5.6.3	Bemessung eines Wabenträgers.....	197
5.6.4	Bemessung eines Zellenträgers	200
5.7	Fachwerkträger	204
5.7.1	Anwendungsgebiete und Herstellung.....	204
5.7.2	Berechnungsannahmen.....	205
5.7.3	Vorbemessung	206
5.7.4	Knicklängen der Druckstäbe	207
5.8	Verbundträger	210
5.8.1	Einleitung	210
5.8.2	Mitwirkende Breite des Betons	212
5.8.3	Bemessungszustände.....	214
5.8.4	Bemessung eines Verbundträgers	215
5.8.5	Schwinden	218
5.8.6	Verdübelung.....	219
5.9	Dünnwandige Bauteile.....	229
5.9.1	Anwendungsgebiete und Herstellung.....	229
5.9.2	Bemessung	230
6.	Druckbeanspruchte Bauteile.....	233
6.1	Einleitung.....	235
6.2	Grundlagen der Bemessung.....	235
6.2.1	Kurzdarstellung der Knicktheorie	235
6.2.2	Tragsicherheit.....	240
6.2.3	Gebrauchstauglichkeit	241
6.3	Walzprofile	241
6.3.1	Zentrisches Knicken.....	242
6.3.2	Druck und Biegung um die starke Achse.....	244
6.3.3	Druck und Biegung um die schwache Achse.....	255
6.3.4	Druck und schiefe Biegung	256
6.3.5	Biegedrillknicken	256
6.4	Rahmenstäbe	259
6.4.1	Grundlagen der Bemessung	259
6.4.2	Gesamtstab	261
6.4.3	Gurte.....	263
6.4.4	Bindebleche.....	266
6.5	Verbundstützen	269
6.5.1	Grundlegende Annahmen.....	269
6.5.2	Zentrisches Knicken.....	271
6.5.3	Druck und einachsige Biegung	274
6.5.4	Druck und schiefe Biegung	279

6.6	Dünnwandige Bauteile.....	280
6.6.1	Einleitung.....	280
6.6.2	Beulen.....	280
6.6.3	Druck.....	281
6.6.4	Druck und einachsige Biegung	282

BEMESSUNG VON VERBINDUNGEN

7.	Schweißnähte.....	285
7.1	Einleitung.....	287
7.2	Grundlagen der Bemessung.....	288
7.2.1	Tragsicherheit.....	288
7.2.2	Ermüdungsfestigkeit.....	288
7.2.3	Sprödbbruch.....	288
7.2.4	Qualitätssicherung.....	289
7.3	Schweißverbindungen.....	290
7.3.1	Schweißverfahren.....	291
7.3.2	Verbindungstypen und Symbole	292
7.3.3	Verformungen und Eigenspannungen.....	294
7.3.4	Schweißnahtimperfectionen.....	295
7.3.5	Qualitätsprüfung.....	295
7.3.6	Konstruktionsvorschriften	297
7.4	Widerstand von Schweißverbindungen	299
7.4.1	Durchgeschweißte Nähte	299
7.4.2	Kehlnähte	299
7.4.3	Kombinierte Beanspruchung.....	304
8.	Schrauben.....	307
8.1	Einleitung.....	309
8.2	Grundlagen der Bemessung.....	310
8.2.1	Tragsicherheit.....	310
8.2.2	Gebrauchstauglichkeit.....	310
8.2.3	Ermüdungssicherheit.....	311
8.2.4	Qualitätssicherung.....	311
8.3	Schrauben und Nieten.....	311
8.3.1	Sorten und Sinnbilder.....	311
8.3.2	Einbau.....	315
8.3.3	Konstruktionsvorschriften	317
8.4	Widerstand von Schrauben	319
8.4.1	Übertragung der Kräfte	319
8.4.2	Scherwiderstand.....	320

8.4.3	Zugwiderstand	322
8.4.4	Widerstand bei kombinierter Scher- und Zugbeanspruchung	324
8.5	Widerstand des Grundwerkstoffs	326
8.5.1	Lochleibungsdruck	327
8.5.2	Brutto- und Nettoquerschnitte	328
8.6	Nachweis einer Schraubverbindung	330
8.6.1	Grundlagen	330
8.6.2	Einfluß der Länge der Verbindung	332
8.6.3	Einfluß der Lochabmessungen	333
8.7	Nachweis einer vorgespannten Verbindung	334
8.7.1	Grundlagen	334
8.7.2	Gleitwiderstand	337
8.7.3	Vorspannkraft	338
8.7.4	Verhalten bei Zugbeanspruchung	340
8.7.5	Ermüdungseinflüsse	343
8.7.6	Hebelkraft	344
8.7.7	Kombinierte Scher- und Zugbeanspruchung	345
9.	Verbindungen	351
9.1	Einleitung	353
9.2	Grundlagen der Bemessung	354
9.2.1	Steifigkeit	354
9.2.2	Widerstand	355
9.2.3	Rotationskapazität	355
9.3	Querkraftstöße	356
9.3.1	Entwurf und Modellbildung	356
9.3.2	Geschraubte Steglaschen	357
9.3.3	Geschweißte-geschraubte Steglasche	359
9.3.4	Trägeranschluß mit Winkeln	360
9.4	Biegestöße	361
9.4.1	Entwurf und Modellbildung	361
9.4.2	Geschraubte Steg- und Decklaschen	362
9.4.3	Stirnplatten	364
9.4.4	Vollständig geschweißte Verbindung	364
9.5	Kombinierte Beanspruchung	365
9.5.1	Trägerstoß	365
9.5.2	Trägeranschluß	366
9.6	Rechenbeispiele	367
 STABILITÄTSTHEORIE		
10.	Knicken	377
10.1	Einleitung	379

10.2	Linear-elastische Knicktheorie	380
10.2.1	Grundlagen.....	380
10.2.2	Sonderfall : Biegedrillknicken	383
10.2.3	Sonderfall : Rahmenstab	385
10.3	Knickwiderstand	388
10.3.1	Traglastproblem 2. Ordnung	388
10.3.2	Imperfektionen handelsüblicher Stäbe.....	389
10.3.3	Europäische Knickspannungskurven	392
11.	Kippen	397
11.1	Einleitung.....	399
11.2	Linear-elastische Kipptheorie.....	399
11.2.1	Grundlagen.....	399
11.2.2	Kippen eines einfachen Balkens bei reiner Biegung.....	400
11.2.3	Ideeelles Kippmoment	402
11.2.4	Einfluß der Auflagerbedingungen.....	404
11.2.5	Einfluß der Belastungsart.....	406
11.2.6	Einfluß des Lastangriffspunktes.....	408
11.2.7	Einfluß seitlicher Halterungen	410
11.3	Kippwiderstand	411
11.3.1	Berechnungsgrundlage für das Kippmoment.....	411
11.3.2	Vereinfachte Berechnung des ideellen Kippmomentes	411
11.3.3	Berechnung des Kippmomentes.....	415
12.	Beulen	423
12.1	Einleitung.....	425
12.2	Linear-elastische Beultheorie.....	426
12.2.1	Ideelle Beulspannung.....	426
12.2.2	Beulwert.....	428
12.2.3	Ausgesteifte Platten	432
12.3	Beulwiderstand	438
12.3.1	Grundlagen.....	438
12.3.2	Wirksame Breite und Grenzschlankheit.....	440
 ERMÜDUNG		
13.	Ermüdung	447
13.1	Einleitung.....	449
13.2	Ermüdungsfestigkeit	451
13.2.1	Einflußgrößen auf die Lebensdauer	451
13.2.2	Ermüdungsversuche	453

13.3	Bruchmechanik	454
13.3.1	Elastizitätstheorie	455
13.3.2	Rißwachstum	461
13.3.3	Berechnung der Lebensdauer	463
13.3.4	Einflußgrößen auf die Lebensdauer	467
13.3.5	Kritische Rißgröße	469
13.4	Ermüdungsbeanspruchungen	472
13.4.1	Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke	472
13.4.2	Spannungen infolge Betriebslasten	474
13.4.3	Histogramm der Spannungsdifferenzen	475
13.5	Einfluß veränderlicher Spannungen	476
13.5.1	Individuelle Schadensakkumulation	476
13.5.2	Schadensakkumulation für das Histogramm der Spannungsdifferenzen	478
13.6	Normierte Ermüdungsfestigkeitskurven	481
13.6.1	Grundprinzip der Festigkeitskurven	481
13.6.2	Einordnung in Konstruktionsdetails	484
13.6.3	Wahl der Konstruktionsdetails	486
13.6.4	Qualitätssicherung	487
13.6.5	Nachbehandlung	487
13.7	Nachweis der Ermüdungssicherheit	488
13.7.1	Grundlagen	488
13.7.2	Nachweis mit der Dauerfestigkeit	489
13.7.3	Nachweis mittels Schadensakkumulation	490
13.7.4	Nachweis mit Betriebslastfaktoren	492
	STICHWORTVERZEICHNIS	497
	BEZEICHNUNGEN	501