

Inhaltsverzeichnis

Einführung	1
O. Steinhardt	
12 Grundlagen für Betriebsfestigkeitsnachweise	
Bearbeitet von T. Seeger	
12.1 Einführung in das Gebiet Betriebsfestigkeit	5
12.1.1 Phänomen Ermüdung	5
12.1.2 Begriffe und Darstellungsformen	7
12.1.3 Einflüsse und Einflußgrößen	9
12.1.4 Konzepte der Betriebsfestigkeitsermittlung	10
12.1.5 Nachweis der Betriebsfestigkeit	12
12.1.6 Teilaufgaben bei Betriebsfestigkeitsanalysen	12
12.2 Belastungen und Beanspruchungen	13
12.2.1 Aufbereitungen für Konzeptanwendungen	13
12.2.2 Belastungs- und Beanspruchungsebenen	13
12.2.3 Lösungsrelevante Fallgruppen	14
12.2.4 Zeitabhängige Übertragungsfaktoren	19
12.2.5 Merkmale der Belastungs-Zeit-Abläufe	20
12.2.6 Zählverfahren, Rainflow-Matrix, Lastkollektive	21
12.2.7 Beanspruchungsdaten für Berechnungskonzepte	24
12.3 Experimentelle Untersuchungen zur Betriebsfestigkeit	24
12.3.1 Ziele experimenteller Untersuchungen	24
12.3.2 Zeit- und Dauerfestigkeitsversuche	24
12.3.3 Betriebsfestigkeitsversuche	27
12.3.4 Kennwertermittlungen für Berechnungskonzepte	28
12.4 Konzepte der Betriebsfestigkeitsberechnung	32
12.4.1.1 Nennspannungskonzept	32
12.4.1.2 Zeit- und Dauerfestigkeiten, Normierte Wöhlerlinien	32
12.4.1.3 Betriebsfestigkeit, Gaßnerlinien	37
12.4.1.4 Schadensäquivalente Spannungsspitzenamplituden	46
12.4.1.5 Zusammengesetzte Belastungen	48
12.4.2 Strukturspannungskonzept	52
12.4.3 Konzept der örtlich elastischen Beanspruchungen	54
12.4.3.1 Grundgedanke	54
12.4.3.2 Ungeschweißte Bauteile	54
12.4.3.3 Geschweißte Bauteile	55
12.4.4 Örtliches Konzept	59
12.4.4.1 Grundgedanke	59
12.4.4.2 Module des Örtlichen Konzepts	60
12.4.4.3 Größen-, Eigenspannungs- und Randschichteinflüsse	72
12.4.4.4 Zusammengesetzte Belastung und örtliche Mehrachsigkeit	74
12.4.4.5 Schweißverbindungen	75
12.4.5 Rißfortschrittskonzept	77
12.4.5.1 Grundgedanke	77
12.4.5.2 Rißspitzenbeanspruchungen für linear-elastisches Materialgesetz	77
12.4.5.3 Rißspitzenbeanspruchungen für elastisch-plastisches Materialgesetz	86
12.4.5.4 Versagen bei statischer Belastung	90
12.4.5.5 Versagen bei zyklischer Belastung, Rißfortschrittsgesetze	92
12.4.5.6 Rißfortschritt bei konstanter Spannungsschwingbreite	95

VIII Inhaltsverzeichnis

12.4.5.7	Rißfortschritt bei variabler Spannungsschwingbreite	99
12.4.5.8	Rißfortschrittsverhalten bei kurzen Rissen	102
12.4.6	Bewertung und Anwendung der Berechnungskonzepte	106
12.5	Betriebsfestigkeitsnachweise	107
12.5.1	Ausfallwahrscheinlichkeiten	107
12.5.2	Sicherheitszahlen	109
12.5.3	Teilsicherheitszahlen	111
12.5.4	Formen des Betriebsfestigkeitsnachweises	113
12.5.5	Sicherheitsbetrachtungen	115
Literatur	116

18 Tauglichkeit und Lebensdauer von bestehenden Stahlbauwerken

Bearbeitet von F. Mang/Ö. Bucak

18.0	Vorwort	125
18.1	Übersicht	128
18.1.1	Allgemeines	128
18.1.2	Stahlherstellungsverfahren	129
18.1.2.1	Puddelstahl bzw. Schweißeisen	129
18.1.2.2	Flußstahl	130
18.1.3	Zulässige Beanspruchungen für Baustoffe, Bauteile und Verbindungsmittel nach alten Vorschriften	130
18.1.4	Niettabellen, Nietberechnung und Tragfähigkeit der Nieten	134
18.1.5	Schrauben	142
18.1.6	Stützen aus Walzprofilen	145
18.2	Werkstoffkenndaten von alten Stählen	148
18.2.0	Chemische Zusammensetzung	148
18.2.1	Mechanisch-technologische Kennwerte	149
18.2.2	Kerbschlagbiegeversuche	150
18.2.3	Bruchmechanische Untersuchungen	151
18.3	Verbindungen und Schweißeignung	155
18.4	Eisenbahnbrücken	157
18.4.1	Allgemeines	158
18.4.2	Ermüdungsverhalten	159
18.4.2.1	Ermüdungsversuche an Gesamtbrücken und Großbauteilen	159
18.4.2.2	Ermüdungsversuche an Großbauteilen – Großzugversuche	160
18.4.2.3	Ermüdungsversuche an alten Lochstäben mit vorgespannten HV-Schrauben	161
18.4.2.4	Ermüdungsversuche an Anschlüssen	162
18.4.2.5	Literaturübersicht und Vergleiche	162
18.4.2.6	Anwendung des Wöhlerkonzeptes bei der Bestimmung der Restlebensdauer alter Brückenbauwerke	165
18.4.3	Rißfortschrittsuntersuchungen, Rißausbreitung	166
18.4.3.1	Allgemeines	166
18.4.3.2	Versuchstechnische Untersuchungen	166
18.4.3.3	Anwendung des Bruchmechanik-Konzeptes bei der Bestimmung der Restlebensdauer alter Brückenbauwerke	169
18.4.4	Inspektion von Eisenbahnbrücken und Bauwerken	170
18.4.5	Korrosionsverhalten und Korrosionsschutz	171
18.4.5.1	Allgemeines	171
18.4.5.2	Zwischenrostbildung bzw. Aufreibungen bei alten Konstruktionen	171
18.4.5.3	Ausgeführte Korrosionsschutzmaßnahmen	173
18.4.5.4	Einrüsten einer Brücke aus Umweltschutzgründen	174
18.4.6	Empfehlungen zur Restlebensdauerbestimmung alter Brückenbauwerke	177
18.4.6.1	Vorgehensweise	177
18.4.7	Anfahrsschäden, Bewertung und Behebung	178
18.4.7.1	Allgemeines	178
18.4.7.2	Bestimmung der Restlebensdauerverkürzung infolge des Anfahrsschadens	181
18.4.7.3	Reparaturmaßnahmen und Lebensdauer nach der Reparatur	182
18.4.7.4	Schutz von Brückenbauwerken über eine Straße durch Rammprofile	185
18.4.8	Zukünftige Lastbilder gemäß Entwurf Eurocode 1 für Eisenbahnbrücken	186

18.5 Straßenbrücken	190
18.5.1 Allgemeines	190
18.5.2 Lastannahmen	191
18.5.2.1 Vorgeschlagene Verkehrslastmodelle	193
18.5.2.2 Lastannahmen für Straßenbrücken nach Eurocode 1 – Entwurf	195
18.5.3 Ermüdungsverhalten von stählernen Straßenbrücken	197
18.5.3.1 Allgemeines	197
18.5.3.2 Aufgetretene Schäden	198
18.5.3.3 Versuchstechnische Untersuchungen an Detailpunkten	199
18.5.3.4 Konstruktive Maßnahmen	206
18.5.3.5 Sanierung und Reparatur der Schäden	207
18.5.4 Korrosionsverhalten und Korrosionsschutz der Straßenbrücken	208
18.5.4.1 Allgemeines	208
18.5.4.2 Ausgeführte Korrosionsschutzmaßnahmen	210
18.5.5 Nicht konstruktive Elemente von Eisenbahn- und Straßenbrücken	210
18.5.5.1 Brückenübergänge	211
18.5.5.2 Lager	216
18.5.5.3 Fahrbahnbelag	218
18.5.5.4 Entwässerung	218
18.5.6 Verkehrs- und Brückenüberwachungssysteme	218
18.6 Alte Krananlagen	219
18.6.1 Allgemeines	219
18.6.2 Schadensfälle	220
18.6.3 Reparatur und Verstärkung alter Krananlagen	221
18.6.3.1 Verstärkung von Kranbahnhägern einer Verladestation infolge der erhöhten Seitenlasten	221
18.6.3.2 Verstärkung von Kranbahnhägern einer Produktionshalle infolge der erhöhten Kranlasten	224
18.6.3.3 Verstärkung eines Zweischienenportalkrans infolge der nachträglich verlängerten Pendelstützenausleger	225
18.6.3.4 Maßnahmen beim Versetzen eines Brückenkran in eine andere Halle bei gleichzeitiger Traglasterhöhung	226
18.6.3.5 Risse und Reparaturen an einem Portalkran infolge unsachgemäßen Betriebes	228
18.6.4 Empfehlungen zur Restlebensdauerermittlung	230
18.7 Alte Gußstützen	230
18.7.1 Allgemeines	230
18.7.2 Guß als Werkstoff, Kenndaten	230
18.7.3 Vorgehensweise bei der Beurteilung alter Gußstützen	231
18.7.4 Rechnerische Traglastberechnung bzw. Tragfähigkeitsnachweise	235
18.7.4.1 Allgemeines	235
18.7.4.2 Bisherige Vorgehensweise, frühere Ansätze	235
18.7.4.3 Ansatz nach Käpplein	236
18.7.5 Empfehlungen	237
18.8 Alte Durckrohrleitungen	238
18.8.1 Allgemeines	238
18.8.2 Gußrohrleitungen	238
18.8.2.1 Allgemeines	238
18.8.2.2 Beurteilung von Gußrohrleitungen	239
18.8.3 Alte Stahlrohrleitungen	240
18.8.3.1 Allgemeines	240
18.8.3.2 Beurteilung von Stahlrohrleitungen	240
18.8.3.3 Die Sanierung und der Rückbau alter stählerner Druckrohrleitungen	241
18.9 Sanierung und Verstärkung von Stahlkonstruktionen nach Schäden im rißbruchkritischen Bereich von Anschlüssen	242
18.9.1 Einleitung	242
18.9.2 Versuchstechnische Untersuchungen an reparierten Knotenpunkten	243
18.9.2.1 Reparatur mittels Blechen	244
18.9.2.2 Anbringen von Eckstücken aus Rechteckhohlprofilen	245
18.9.3 Ergebnisse der Untersuchungen sowie Empfehlungen zur praktischen Anwendung	245
Literatur	246

19 Brandschutz im Stahlbau

Bearbeitet von J. Falke

19.1	Brandschutz – rechtliche, technische und planerische Grundlagen	251
19.1.1	Brandschutz zur Sicherheit von Personen, Sachen und Umwelt	251
19.1.2	Brandschutzmaßnahmen und -konzepte	256
19.1.2.1	Brandschutzmaßnahmen	256
19.1.2.2	Brandschutzkonzepte	260
19.1.3	Brandschutz bei Planung, Genehmigung, Ausführung und Nutzung eines Bauwerkes	262
19.2	Verhalten von Baustoffen und Bauteilen im Brand	266
19.2.1	Einwirkungen auf ein Bauwerk infolge Brand	266
19.2.1.1	Brandbestimmende Größen und natürlicher Brand	266
19.2.1.2	Rechnerische Einwirkungen infolge Brand	267
19.2.2	Mechanische und thermische Hochtemperatur-eigenschaften der Materialien	269
19.2.2.1	Stahl	269
19.2.2.2	Beton	270
19.2.2.3	Wärmedämmmaterialien	272
19.2.3	Brandverhalten von Stahlbauteilen	273
19.2.4	Brandverhalten von Stahlverbundbauteilen	274
19.3	Brandschutzmaßnahmen bei und Feuerwiderstand von Stahlbauteilen	275
19.3.1	Übersicht zu Brandschutzmaßnahmen	275
19.3.2	Bekleidungen	276
19.3.3	Abschirmungen	278
19.3.4	Wärmeabführung	279
19.3.5	Sonderfragen	279
19.4	Brandschutzmaßnahmen bei und Feuerwiderstand von Stahlverbundbauteilen	279
19.4.1	Überblick	279
19.4.2	Stützen	281
19.4.3	Träger	282
19.4.4	Decken	283
19.4.5	Anschlüsse	285
19.4.6	Sonderfragen	286
19.5	Ausblick	286
	Literatur	287

20 Korrosionsschutz von Stahlbauten

Bearbeitet von H. Klopfer

20.1	Grundlegendes zur Korrosion der Baumetalle	289
20.1.1	Varianten des Korrosionsvorganges	289
20.1.2	Möglichkeiten des Eingriffs in den Korrosionsvorgang	291
20.1.3	Definition des Begriffs Korrosionsbelastung	293
20.2	Konstruktive Möglichkeiten des Korrosionsschutzes	294
20.2.1	Zweckmäßige Werkstoffwahl	294
20.2.2	Zweckmäßige Gestaltung der Bauteile	296
20.2.3	Bauwerkausstattung zur leichten Instandhaltung	298
20.3	Vorbereitung der Metalloberfläche	298
20.4	Werkstoffe zum langfristigen Korrosionsschutz	301
20.4.1	Polymerbeschichtungen zu Streichen, Spritzen usw.	301
20.4.1.1	Beschichtungsstoffe	301
20.4.1.2	Applikation der Beschichtungsstoffe	303
20.4.1.3	Beschichtungssysteme	304
20.4.2	Industrielle Polymerbeschichtungen	306
20.4.3	Metallische Überzüge	306
20.4.4	Duplex-Systeme	309
20.4.5	Reaktionsharzgebundene Haftbrücken und Beläge	311
20.4.6	Zementgebundene Mörtel und Betone	312
20.4.7	Binden, wärmeschrumpfende Ummüllungen, Gummierungen	314
20.4.8	Dicht- und Füllstoffe für Fugen und Spalten	314
20.4.9	Email	315
20.5	Werkstoffe zum temporären Korrosionsschutz	315

20.6	Kathodischer Korrosionsschutz	317
20.7	Schutzsysteme für atmosphärische Belastungen	319
20.7.1	Allgemeiner Stahlbau	319
20.7.2	Stahlleichtbau	323
20.7.3	Seile und Kabel	324
20.8	Schutzsysteme für bodenberührte Bauteile	236
20.9	Schutzsysteme für wasserbenetzte Bauteile	327
20.10	Schutzsysteme für einige Sonderbelastungen	327
20.10.1	Extreme chemische Belastung	327
20.10.2	Besondere Temperaturbelastungen	328
20.11	Planung der Korrosionsschutzmaßnahmen	329
	Literatur	330

21 Bauphysik

21.1 Wärmeschutz

Bearbeitet von G. Dahmen/R. Lammers/H. Casselmann-Stäbler

21.1.1	Bedeutung des Wärmeschutzes	333
21.1.2	Entwicklung des Wärmeschutzes	333
21.1.3	Grundlagen des Wärmeschutzes	335
21.1.4	DIN 4108 – Anforderungen an den Wärmeschutz	338
21.1.5	Wärmeschutzverordnung 1995 – Energiesparender Wärmeschutz	339
21.1.6	Auswirkung der neuen Wärmeschutzverordnung auf Planung und Ausführung von Neubauten	343
21.1.7	Sommerlicher Wärmeschutz	346
21.1.8	Tabellenanhang zu Kapitel 21	351

21.2 Klimabedingter Feuchtigkeitsschutz

Bearbeitet von G. Dahmen/R. Lammers/H. Casselmann-Stübler

21.2.1	Grundlagen	364
21.2.2	Berechnung und Beurteilung des Tauwasserausfalls	365
21.2.3	Anforderungen an den Tauwasserschutz	371
21.2.4	Berechnungsbeispiele klimabedingter Feuchtigkeitsschutz	373

Literatur

21.3 Schallschutz

Bearbeitet von K. Gösele

21.3.1	Allgemeines	379
21.3.2	Kennzeichnung	379
21.3.3	Anforderungen	380
21.3.4	Vorherberechnung des Schallschutzes	383
21.3.4.1	Luftschalldämmung	383
21.3.4.2	Trittschalldämmung	384
21.3.5	Praktisches Verhalten von Bauteilen	384
21.3.5.1	Trennwände	384
21.3.5.2	Längsdämmung von Bauteilen	386
21.3.5.3	Schallschutz von Decken	389
21.3.6	Schallschutz gegen Verkehrslärm	390
21.3.7	Schallabsorption	391

Literatur

22 Qualität im Stahlbau

Bearbeitet von E. Schnetzke

22.1	Vorbemerkungen	393
22.2	Notwendigkeit zur Einführung von Qualitätsmanagementsystemen	394
22.3	Einführung und Aufrechterhaltung eines QM-Systems	397
22.3.1	Schaffung der Voraussetzungen	397
22.3.2	Installation eines QM-Systems	398
22.3.3	Dokumentation	398
22.3.4	Finanzialer und zeitlicher Aufwand für ein QM-System	400

22.4	Inhalt der Normenreihe DIN ISO 9000 ff	401
22.4.1	Verantwortung der obersten Leitung	402
22.4.2	Qualitätsmanagementsystem	402
22.4.3	Vertragsprüfung	402
22.4.4	Designlenkung (Entwicklung)	402
22.4.5	Lenkung der Dokumente und Daten	403
22.4.6	Beschaffung	403
22.4.7	Lenkung der von Kunden beigestellten Produkte	403
22.4.8	Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit von Produkten	403
22.4.9	Prozeßlenkung (Fertigung)	404
22.4.10	Prüfungen	404
22.4.11	Prüfmittelüberwachung	404
22.4.12	Prüfstatus (Prüfzustand)	405
22.4.13	Lenkung fehlerhafter Produkte	405
22.4.14	Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen	405
22.4.15	Handhabung, Lagerung, Verpackung, Konservierung, Versand	405
22.4.16	Lenkung von Qualitätsaufzeichnungen	406
22.4.17	Interne Qualitätsaudits	406
22.4.18	Schulung	406
22.4.19	Wartung (Service)	407
22.4.20	Statische Methoden	407
22.5	Zertifizierung	407
22.6	Ausblick	408
	Literatur	410

23 Betriebsverhalten und Bemessung von Aluminiumkonstruktionen

Bearbeitet von D. Kosteas

23.1	Der Werkstoff Aluminium	411
23.1.1	Einleitung	411
23.1.2	Vorkommen, Produktion und Verbrauch und Grundeigenschaften	411
23.1.3	Aluminiumlegierungen und Werkstoffbezeichnungen	414
23.1.4	Legierungen, Produktformen und Eigenschaften	415
23.1.5	Festigkeitseigenschaften der Aluminiumlegierungen	416
23.1.6	Bruchverhalten	418
23.1.7	Korrosionsbeständigkeit	422
23.1.8	Einfluß des Schweißens	424
23.1.8.1	Schweißverfahren	424
23.1.8.2	Fügeteil- und Zusatzwerkstoffe	425
23.1.8.3	Einfluß auf die Werkstoffeigenschaften	427
23.1.8.4	Gestaltung von Aluminiumschweißverbindungen	429
23.1.8.5	Ausführung von Aluminiumschweißverbindungen	429
23.1.8.6	Nachbehandlung von Aluminiumschweißverbindungen	430
23.1.8.7	Qualitätssicherung und Prüfung von Aluminiumschweißverbindungen	432
23.1.9	Eigenspannungen	433
23.2	Die Bemessung bei vorwiegend ruhender Beanspruchung	434
23.2.1	Bemessungsgrundlagen	434
23.2.1.1	Spannungs-Dehnungs-Verhalten	435
23.2.1.2	Geometrische Imperfektionen	437
23.2.1.3	Mechanische Imperfektionen	437
23.2.1.4	Sicherheit und Zuverlässigkeit	439
23.2.2	Die Bemessung der Bauteile	444
23.2.2.1	Zugbeanspruchung	445
23.2.2.2	Biegebeanspruchung	445
23.2.2.3	Druckbeanspruchung	448
23.2.2.4	Schubbeanspruchung	451
23.2.2.5	Konzentrierte Last	451
23.2.2.6	Örtliches Beulen	451
23.2.3	Die Bemessung der Verbindungen	453
23.2.3.1	Verbindungsarten	453
23.2.3.2	Bemessungskonzept	453
23.2.3.3	Niet- und Schraubverbindungen	454

23.2.3.4 Schweißverbindungen	458
23.2.3.5 Klebverbindungen	461
23.2.4 Bemessungsrichtlinien	467
23.2.4.1 Bemessungsnachweise nach DIN 4113	467
23.2.4.2 Bemessungsnachweise nach den Europäischen Empfehlungen ERAAS	476
23.2.4.3 Rechenbeispiel – Nachweise nach DIN 4113	483
23.2.4.4 Rechenbeispiel – Nachweise nach ERAAS	490
23.3 Die Bemessung bei vorwiegend schwingender Beanspruchung	492
23.3.1 Signifikanz des Problems der Betriebsfestigkeit bei Aluminiumkonstruktionen	492
23.3.2 Ermüdungsschaden und beeinflussende Parameter	492
23.3.2.1 Rißentstehung	494
23.3.2.2 Rißfortschritt	496
23.3.2.3 Lebensdauervoraussage bis zur Rißentstehung	496
23.3.2.4 Lebensdauervoraussage beim Rißfortschritt	498
23.3.3 Betriebsfestigkeit	499
23.3.3.1 Beanspruchungskollektiv	499
23.3.3.2 Zyklenzählverfahren	499
23.3.3.3 Betriebsfestigkeitsversuche	500
23.3.3.4 Schadensakkumulations-Hypothese	500
23.3.3.5 Die Bemessung auf Betriebsfestigkeit	501
23.3.4 Zum Konzept örtlicher Beanspruchungen	501
23.3.5 Ermüdungsfestigkeit von Aluminium-Verbindungen	501
23.3.5.1 Stumpfstoß	501
23.3.5.2 Kreuzstoß	503
23.3.5.3 Vergleich zwischen Stahl und Aluminium	505
23.3.6 Einfluß von Imperfektionen auf die Ermüdungsfestigkeit	506
23.3.7 Sicherheit und Zuverlässigkeit	508
23.3.8 Nachweis der Ermüdungsfestigkeit	510
23.3.8.1 Grundlagen zur Bestimmung von Bemessungslinien	510
23.3.8.2 Definition der Bemessungslinien	512
23.3.8.3 Einfluß der Eigenspannungen	513
23.3.8.4 Einfluß des Spannungsverhältnisses R	514
23.3.8.5 Einfluß der Blechdicke	515
23.3.8.6 Detail-Klassen	518
23.3.8.7 Ermüdungsnachweis	518
23.3.8.8 Weiterentwicklung der Richtlinien	521
23.3.8.9 Rechenbeispiel für den Ermüdungsfestigkeitsnachweis	521
23.3.9 Maßnahmen zur Erhöhung der Betriebsfestigkeit	522
23.3.9.1 Konstruktive Ausbildung	522
23.3.9.2 Nachbehandlung von Schweißnähten	524
23.3.10 Angewandte Bruchmechanik	525
23.3.10.1 Allgemeines	525
23.3.10.2 Grundlagen der Bruchmechanik	525
23.3.10.3 Rißfortschritts-Lebensdauer	527
23.3.10.4 Rißfortschrittsverhalten	527
23.3.10.5 Grundlagen für die praktische Anwendung	529
23.3.10.6 Berechnung am Beispiel einer Stegsteife	532
23.3.11 Lehrmaterialien für Aluminiumkonstruktionen und Datenverwaltung	533
23.3.11.1 Datenverarbeitung in der Ermüdungsfestigkeit. Die Aluminiumdatenbank	533
23.3.11.2 Bemessungshilfen	536
23.4 Berechnung der Feuerwiderstandsfähigkeit	538
23.4.1 Allgemeines	538
23.4.2 Berechnung von Aluminiumkonstruktionen im Brandfall	538
23.4.2.1 Berechnungsablauf	538
23.4.2.2 Computerunterstützte Berechnung	538
23.4.2.3 Vereinfachte Berechnung	539
23.4.2.4 Berechnungsbeispiel 1	539
23.4.2.5 Berechnungsbeispiel 2	539
Literatur	541
Sachregister	545
Autorenverzeichnis	550