

Inhaltsverzeichnis

1. Theoretische Grundlagen für Schweißkonstruktionen aus Stählen	15
1.1. Beanspruchung und Tragfähigkeit	15
1.1.1. Übersicht der Werkstoffkennwerte für die Bemessung von Konstruktionen	15
1.1.2. Gewalt-, Spröd- und Ermüdungsbruch von Stählen (metallphysikalische Deutung der Bruchentstehung)	18
1.1.2.1. Einführung	18
1.1.2.2. Metallphysikalische Grundlagen – Versetzungstheorie	19
1.1.2.3. Sprödbruch	23
1.1.2.4. Ermüdungsbruch	28
1.1.3. Statische Festigkeit von Schweißkonstruktionen	31
1.1.3.1. Werkstoffkennwerte für den „allgemeinen Spannungsnachweis“	31
1.1.3.1.1. Zugversuch	31
1.1.3.1.2. Bemessung nach Kurzzeitfestigkeit	33
1.1.3.1.3. Statische Festigkeit von Stumpf- und Kehlnähten	34
1.1.3.1.4. Statische Festigkeit von Reibschweißverbindungen	39
1.1.3.1.5. Statische Festigkeit von Punktschweißverbindungen	40
1.1.3.2. Einführende Grundlagen für das Traglastverfahren	46
1.1.3.3. Werkstoffkennwerte für Spannungsnachweise bei Langzeitbeanspruchung	50
1.1.3.3.1. Warmfestigkeit	50
1.1.3.3.2. Langzeitbeanspruchung bei stetig absinkender Temperatur	54
1.1.4. Ermüdung von Schweißkonstruktionen	55
1.1.4.1. Allgemeines	55
1.1.4.2. Einstufige Belastung (Zeit- und Dauerschwingfestigkeit)	56
1.1.4.2.1. Grundlagen	56
1.1.4.2.1.1. Wöhlerkurven	56
1.1.4.2.1.2. Dauerschwingfestigkeits-Schaubilder	63
1.1.4.2.1.3. Dauerschwingfestigkeits-Schaubilder gekerbter Stäbe	66
1.1.4.2.1.4. Werte der Dauerschwingfestigkeit von Baustählen	70
1.1.4.2.1.5. Zusammenfassende Schlußfolgerungen zu Werkstoffkennwerten für einstufige Belastung	72
1.1.4.2.2. Dauerschwingfestigkeitsverhalten von Schweißverbindungen bei Belastung auf Zug bzw. Druck (Normalspannungen)	73
1.1.4.2.2.1. Einfluß der Schweißung auf die Dauerschwingfestigkeit	73
1.1.4.2.2.2. Einfluß der Gestalt und der Herstellung der Schweißverbindungen auf die Dauerschwingfestigkeit	75
1.1.4.2.2.3. Einfluß der Stahllarten auf die Dauerschwingfestigkeit der Schweißverbindungen	92
1.1.4.2.3. Dauerschwingfestigkeitsverhalten von Schweißverbindungen bei Belastung auf Torsion	96
1.1.4.2.3.1. Einfluß der Schweißung auf die Dauerschwingfestigkeit bei Torsion	97
1.1.4.2.3.2. Einfluß der Gestalt und der Herstellung der Schweißverbindung auf die Dauerschwingfestigkeit bei Torsion	99

1.1.4.2.4.	Dauerschwingfestigkeitsverhalten von geschweißten Bauelementen	101
1.1.4.2.4.1.	Geschweißte Zug-Druck-Stäbe	101
1.1.4.2.4.2.	Geschweißte Biegeträger	103
1.1.4.2.4.3.	Geschweißte Fachwerkträger	112
1.1.4.2.4.4.	Geschweißte Bauteile mit Beanspruchung auf Torsion	116
1.1.4.2.5.	Vorschläge der Klassifizierung des Ermüdungsverhaltens der Schweißverbindungen nach Kerbfällen	117
1.1.4.3.	Mehrstufige Belastung (Betriebsfestigkeit)	130
1.1.4.3.1.	Grundlagen	130
1.1.4.3.2.	Ermüdungsverhalten von Schweißverbindungen bei mehrstufiger Belastung	136
1.1.5.	Sprödbbruchverhalten von Schweißkonstruktionen	141
1.1.5.1.	Schweißbeignung und Schweißsicherheit	141
1.1.5.2.	Sprödbbruchverhalten von Schweißkonstruktionen bei Beanspruchung durch mehrachsigen Spannungszustand, tiefe Temperaturen und Schlag	146
1.1.5.2.1.	Voraussetzungen für einen spröden Bruch	146
1.1.5.2.2.	Kriterien für Sprödbrucheintritt	146
1.1.5.2.3.	Einflußgrößen auf das Sprödbbruchverhalten	147
1.1.5.2.4.	Ansätze zur rechnerischen Erfassung der Mehrachsigkeit der Spannungen als Kriterium für den Spröd- bzw. Zähbruch	149
1.1.5.2.5.	Einfluß des Schweißens auf den Sprödbbruch	153
1.1.6.	Mehrachsiger Spannungszustand, Festigkeits- und Ermüdungsverhalten von Schweißkonstruktionen bei mehrachsiger Beanspruchung	159
1.1.6.1.	Festigkeitshypothesen	159
1.1.6.1.1.	Klassische Hypothesen der Vergleichsspannungen	160
1.1.6.1.1.1.	Hypothese der maximalen Normalspannung	160
1.1.6.1.1.2.	Hypothese der maximalen Dehnung	161
1.1.6.1.1.3.	Hypothese der maximalen Schubspannungen	161
1.1.6.1.1.4.	Hypothese der inneren Reibung	162
1.1.6.1.1.5.	Hypothese der konstanten Gestaltänderungsarbeit	163
1.1.6.1.1.6.	Hypothese der resultierenden Dehnung	164
1.1.6.1.2.	Sonderhypothesen	165
1.1.6.1.2.1.	Hypothese von Prager	165
1.1.6.1.2.2.	Hypothese von Kudrjavcev	165
1.1.6.1.2.3.	Hypothese von Yokobori	166
1.1.6.2.	Festigkeitsverhalten von Schweißverbindungen im mehrachsigen Spannungszustand	166
1.1.6.2.1.	Festigkeitshypothesen bei statischer Beanspruchung	166
1.1.6.2.2.	Festigkeitshypothesen bei schwingender Beanspruchung	169
1.1.7.	Steifigkeit, Schwingung, Dämpfung	175
1.1.7.1.	Einleitung	175
1.1.7.2.	Grundlagen über statische und dynamische Steifigkeit	176
1.1.7.2.1.	Statische Steifigkeit	176
1.1.7.2.2.	Schwingungsverhalten, dynamische Steifigkeit	178
1.1.7.2.2.1.	Freie Schwingungen	178
1.1.7.2.2.2.	Erzwungene Schwingungen	179
1.1.7.3.	Einfluß der Querschnittsgestaltung und der Werkstoffeigenschaften auf die statische Steifigkeit	185
1.1.7.3.1.	Zug- und Druckbeanspruchung	185
1.1.7.3.2.	Biegebeanspruchung	185
1.1.7.3.3.	Torsionsbeanspruchung	188

1.1.7.4.	Einfluß der Querschnittsgestaltung und der Werkstoffeigenschaften auf die Eigenfrequenz	190
1.1.7.4.1.	Zug- und Druckbeanspruchung	190
1.1.7.4.2.	Biegebeanspruchung	190
1.1.7.4.3.	Torsionsbeanspruchung	191
1.1.7.5.	Konstruktionsvergleiche durch Anwendung von Modellgesetzen	192
1.1.7.6.	Steifigkeit von Bauteilen	194
1.1.7.6.1.	Einfluß der Schweißung auf die Steifigkeit	194
1.1.7.6.2.	Einfluß der Querschnittsgestaltung, Verrippung und Krafteinleitung auf die Steifigkeit	195
1.1.7.6.2.1.	Stäbe, Träger	195
1.1.7.6.2.2.	Platten	201
1.1.7.6.2.3.	Ständer	201
1.1.7.6.2.4.	Kästen	201
1.1.7.6.2.5.	Konsolen	203
1.1.7.6.3.	Einfluß von Durchbrüchen, Deckeln, Naben und Flanschen auf die Steifigkeit	204
1.1.7.7.	Erhöhung der dynamischen Steifigkeit	210
1.1.7.7.1.	Übersicht	210
1.1.7.7.2.	Dämpfung an geschweißten Maschinen	212
1.1.7.7.2.1.	Werkstoffdämpfung	212
1.1.7.7.2.2.	Reibungsdämpfung	213
1.1.7.7.3.	Reibungsdämpfer für Schweißkonstruktionen	216
1.2.	Schrumpfungen und Eigenspannungen – Verformungen und Tragfähigkeit	218
1.2.1.	Einführung	218
1.2.2.	Theoretische Grundlagen	221
1.2.3.	Schrumpfungen und Verformungen	227
1.2.3.1.	Querschrumpfung	228
1.2.3.2.	Formänderung infolge außermittiger Querschrumpfung (Winkeländerung, Krümmung)	240
1.2.3.3.	Längenänderungen und Formänderungen infolge Längsschrumpfung (Verkürzung, Krümmung)	248
1.2.4.	Eigenspannungen	252
1.2.4.1.	Größe und Verteilung der Eigenspannungen	253
1.2.4.2.	Eigenspannungen und Verformungsfähigkeit	260
1.2.4.3.	Zusammenwirken von Eigenspannungen und Lastspannungen	262
1.2.5.	Einfluß der Eigenspannungen auf die Tragfähigkeit	265
1.2.5.1.	Einfluß auf die Dauerfestigkeit	265
1.2.5.2.	Einfluß auf die Stabilität	268
1.2.5.3.	Theoretische Deutung der Vorgänge beim Zusammenwirken von Eigen- und Lastspannungen und Einordnung in ein System charakteristischer Fälle	272
1.2.5.4.	Prinzipielle Schlußfolgerungen	279
1.3.	Wärmebehandlung von Schweißkonstruktionen	283
1.3.1.	Allgemeines	283
1.3.2.	Grundlagen der Wärmebehandlung	284
1.3.3.	Wärmebehandlung	290
1.3.4.	Durchführung der Wärmebehandlung	295
1.3.5.	Wärmen beim Schweißen	297

2. Entwurf und Gestaltung von Schweißkonstruktionen aus Stählen	299
2.1. Konstruktiver Entwicklungsprozeß	299
2.1.1. Übersicht der konstruktiven und technologischen Fertigungsvorbereitung	299
2.1.1.1. Grundlagen	299
2.1.1.2. Zusammenwirken von Konstruktion und Technologie in der Schweiß- technik	299
2.1.1.3. Übersicht der konstruktiven Vorbereitung geschweißter Erzeugnisse....	301
2.1.1.4. Übersicht der technologischen Fertigungsvorbereitung geschweißter Er- zeugnisse	304
2.1.2. Grundlagen des konstruktiven Entwicklungsprozesses	308
2.1.2.1. Methodische Vorgehensweise im konstruktiven Entwicklungsprozeß ...	308
2.1.2.2. Grundprinzip des konstruktiven Entwicklungsprozesses	310
2.1.2.3. Flußbild des konstruktiven Entwicklungsprozesses	310
2.1.3. Entscheidungshilfen in der Konstruktion	312
2.1.4. Mathematische Optimierung im Konstruktionsprozeß	315
2.2. Grundsätze der Auswahl von Werkstoffen für Schweißkonstruktionen aus Stählen.	319
2.2.1. Einführung	319
2.2.1.1. Werkstoffwahl im konstruktiven Entwicklungsprozeß	319
2.2.1.2. Werkstoffwahl in bezug auf die Sicherheit gegen Versagen einer ge- schweißten Konstruktion	321
2.2.2. Stahlgütewahl für Schweißkonstruktionen	324
2.2.2.1. Bestehende Richtlinien und Vorschriften und deren Erläuterung	324
2.2.2.2. Zusammenhang: Schweißtechnologie und Stahlgütewahl.....	325
2.2.2.3. Vorschlag zur Stahlauswahl in Schweißkonstruktionen im Tieftempera- turbereich	328
2.2.2.4. Vorschläge für näherungsweise Sprödbruchsicherheitsnachweise	332
2.2.2.4.1. Überschläglicher Nachweis ohne Lastspannungen	332
2.2.2.4.2. Rechnerischer Nachweis auf der Basis von Last- und Eigenspannungen.	335
2.3. Grundsätze der Bemessung von Schweißkonstruktionen aus Stählen	346
2.3.1. Kurzbericht der Bemessungsvorschriften	346
2.3.2. Programme für die Bemessung	347
2.4. Grundsätze der Gestaltung von Schweißkonstruktionen aus Stählen.....	349
2.4.1. Schweißzeichnung	349
2.4.1.1. Einleitung	349
2.4.1.2. Angaben in Schweißzeichnungen	350
2.4.1.3. Begriffe und Sinnbilder der Schweißverbindungen	352
2.4.1.4. Fugenformen (Nahtvorbereitung).....	352
2.4.2. Gestaltungsmerkmale von Schweißkonstruktionen in Abhängigkeit von der Funktion, besonders der Beanspruchung (beanspruchungsgerechte Gestaltung)	353
2.4.2.1. Allgemeine Grundsätze der Gestaltung von Schweißkonstruktionen ...	353
2.4.2.1.1. Übersicht; Funktion und Gestaltung.....	353
2.4.2.1.2. Bauweisen und Gestaltungsmerkmale	354
2.4.2.2. Gestaltungsmerkmale von Schweißkonstruktionen in bezug auf statische und dynamische (schwingende) Beanspruchung	360
2.4.2.3. Gestaltungsmerkmale von Schweißkonstruktionen in bezug auf Schlag- beanspruchung.....	369

2.4.2.4.	Gestaltungsmerkmale von geschweißten Konstruktionen aus Baustahl zur Vermeidung von Terrassenbrüchen	370
2.4.2.5.	Gestaltungsmerkmale von Schweißkonstruktionen in bezug auf statische und dynamische Steifigkeit	375
2.4.3.	Gestaltungsmerkmale von Schweißkonstruktionen in Abhängigkeit von der Fertigung (fertigungsgerechte Gestaltung)	381
2.5.	Grundsätze der Auswahl von Schweißverfahren, Zusatzwerkstoffen und Wärmebehandlungen	395
2.5.1.	Auswahl der Schweißverfahren beim Entwerfen und Gestalten	395
2.5.2.	Schweißverfahren (stichwortartige Übersicht mit Anwendungsbereichen)	409
2.5.3.	Auswahl der Zusatzwerkstoffe und der Wärmebehandlungen	414
2.6.	Fertigung und Gütesicherung	434
2.6.1.	Kurzübersicht der Fertigung	434
2.6.2.	Gütesicherung (Ausführungsklassen)	438
2.6.2.1.	Zusammenhang zwischen Tragfähigkeit, Herstellung und Prüfung	438
2.6.3.	Zusammenbau und Montage	440
2.6.3.1.	Maßnahmen zur Beherrschung von Verformungen und Spannungen ...	440
2.6.3.2.	Schweißfolge	441
2.6.3.3.	Schweißfolgeplan	454
2.6.3.4.	Schweißplan	455
2.6.3.5.	Zusammenbauplan	455
2.6.3.6.	Brennplan	455
2.6.3.7.	Einsatz von Schweißvorrichtungen	459
Stahlschlüsselung	.....	460
Anhang	.....	463
A1.	Tafeln für den Entwurf von Schweißkonstruktionen	463
A1.1.	Rechteck- und Rundprofile	463
A1.2.	Schweißprofile	469
A1.3.	Trägheits- und Widerstandsmomente gebräuchlicher Querschnitte	491
A2.	Richtlinien und Vorschriften	498
A2.1.	Stahlgütewahl für Schweißkonstruktionen	498
A2.2.	Übersicht über Festigkeitsnachweise für Schweißverbindungen	509
A2.3.	Zeichnerische Darstellung von Schweißverbindungen	510
A2.4.	Gütesicherung von Schweißarbeiten	520
Literaturverzeichnis	.....	544
Sachwörterverzeichnis	.....	567

2.4.2.4.	Gestaltungsmerkmale von geschweißten Konstruktionen aus Baustahl zur Vermeidung von Terrassenbrüchen	370
2.4.2.5.	Gestaltungsmerkmale von Schweißkonstruktionen in bezug auf statische und dynamische Steifigkeit	375
2.4.3.	Gestaltungsmerkmale von Schweißkonstruktionen in Abhängigkeit von der Fertigung (fertigungsgerechte Gestaltung)	381
2.5.	Grundsätze der Auswahl von Schweißverfahren, Zusatzwerkstoffen und Wärmebehandlungen	395
2.5.1.	Auswahl der Schweißverfahren beim Entwerfen und Gestalten	395
2.5.2.	Schweißverfahren (stichwortartige Übersicht mit Anwendungsbereichen)	409
2.5.3.	Auswahl der Zusatzwerkstoffe und der Wärmebehandlungen	414
2.6.	Fertigung und Gütesicherung	434
2.6.1.	Kurzübersicht der Fertigung	434
2.6.2.	Gütesicherung (Ausführungsklassen)	438
2.6.2.1.	Zusammenhang zwischen Tragfähigkeit, Herstellung und Prüfung	438
2.6.3.	Zusammenbau und Montage	440
2.6.3.1.	Maßnahmen zur Beherrschung von Verformungen und Spannungen ...	440
2.6.3.2.	Schweißfolge	441
2.6.3.3.	Schweißfolgeplan	454
2.6.3.4.	Schweißplan	455
2.6.3.5.	Zusammenbauplan	455
2.6.3.6.	Brennplan	455
2.6.3.7.	Einsatz von Schweißvorrichtungen	459
Stahlschlüsselung	.....	460
Anhang	.....	463
A1.	Tafeln für den Entwurf von Schweißkonstruktionen	463
A1.1.	Rechteck- und Rundprofile	463
A1.2.	Schweißprofile	469
A1.3.	Trägheits- und Widerstandsmomente gebräuchlicher Querschnitte	491
A2.	Richtlinien und Vorschriften	498
A2.1.	Stahlgütewahl für Schweißkonstruktionen	498
A2.2.	Übersicht über Festigkeitsnachweise für Schweißverbindungen	509
A2.3.	Zeichnerische Darstellung von Schweißverbindungen	510
A2.4.	Gütesicherung von Schweißarbeiten	520
Literaturverzeichnis	.....	544
Sachwörterverzeichnis	.....	567