

# Inhalt

Vorwort .....	5
<b>Einführung .....</b>	<b>21</b>
<b>1 Schweißverfahren, Schweißnähte und Schweißpositionen .....</b>	<b>25</b>
1.1 Wichtige Schweißverfahren im Metallhandwerk .....	25
1.1.1 Schutzgasschweißen (MIG/MAG, WIG) .....	27
1.1.2 Gasschmelzschweißen .....	34
1.1.3 Lichtbogenhandschweißen .....	40
1.1.4 Unterpulverschweißen .....	43
1.1.5 Bolzenschweißen .....	45
1.1.6 Punktschweißen .....	47
1.2 Stoßarten .....	48
1.3 Schweißnahtvorbereitung .....	50
1.4 Schweißpositionen .....	53
1.5 Besondere Fügeverfahren .....	54
1.5.1 Auftragschweißen .....	55
1.5.2 Reparaturschweißen .....	57
1.5.3 Fügen in der Denkmalpflege .....	59
1.5.3.1 Feuerschweißen .....	59
1.5.3.2 Schweißen von Gusseisen .....	61
1.5.3.3 Fügen von Puddelstahl .....	63
1.5.3.4 Schränkenlöten .....	65
1.5.3.5 Weichlöten .....	68
1.6 Vorbereiten des Schweißens .....	70
1.7 Schweißgerechte Materialbestellung .....	71
1.8 Auswahl von Schweißzusätzen und Hilfsstoffen .....	80
1.8.1 Schwarze Stähle .....	80
1.8.2 Weiße Stähle (Chrom-Nickel-Stähle) .....	80
1.8.2.1 Artgleiche Verbindungen .....	80
1.8.2.2 Mischverbindungen .....	81
1.8.2.3 Schwarz-Weiß-Verbindungen .....	81
1.8.2.4 Hilfsstoffe .....	81
1.9 Entmagnetisierung ferromagnetischer Werkstoffe .....	82
<b>2 Konstruktion und Statik .....</b>	<b>83</b>
2.1 Gestaltung der Schweißkonstruktionen .....	83
2.1.1 Einleitung .....	83

2.1.2	Gestaltung von Schweißkonstruktionen mit Wahl der Z-Güte	83
2.1.3	Gestaltung dynamisch beanspruchter Schweißkonstruktionen und Kerbfälle	86
2.1.4	Verzinkungsgerechte Gestaltung der Schweißkonstruktionen	89
2.1.4.1	Allgemeine konstruktive Grundregeln für feuerverzinkte Konstruktionen	89
2.1.4.2	Konstruktionsklassen, Detailklassen und Vertrauenszonen nach DAST-Richtlinie 022	92
2.1.4.3	Allgemeine Hinweise zu Duplex-Systemen mit Pulverbeschichtungen	93
2.2	Statische Berechnungen von Schweißkonstruktionen	94
2.2.1	Grundlagen	94
2.2.1.1	Bemessungen von Stahlbauten, Teilsicherheitsbeiwerte, Streckgrenze, Fließgrenze	94
2.2.1.2	Grundlagen der Schweißnahtberechnung nach DIN EN 1993-1-8	96
2.2.2	Tragfähigkeitsberechnungen bei Stumpfnähten	97
2.2.2.1	Durchgeschweißte Stumpfnähte	97
2.2.2.2	Nicht durchgeschweißte Stumpfnähte	97
2.2.2.3	T-Stöße	98
2.2.3	Berechnung der Tragfähigkeit an Kehlnähten	98
2.2.3.1	Konstruktive Anforderungen	98
2.2.3.2	Beanspruchungen von Kehlnähten	99
2.2.3.3	Kehlnahtbemessungen nach dem „Vereinfachten Verfahren“	100
2.2.3.4	Kehlnahtbemessungen nach dem „Richtungsbezogenen Verfahren“	101
2.2.4	Schlitznähte und Lochschweißungen	101
2.2.5	Einseitige Schweißnahtanschlüsse	102
2.2.5.1	Exzentrisch beanspruchte einseitige, nicht durchgeschweißte Stumpfnähte und einseitige Kehlnähte	103
2.2.5.2	Einschenklige Winkelprofil-Anschlüsse	103
2.2.6	Schweißen in kaltverformten Bereichen	103
2.2.7	Anschlüsse an Hohlprofile	104
2.3	Schweißplanung	106
2.3.1	Grundlagen der Schweißplanung	106
2.3.2	Verringern von Schweißeigenspannungen	107
2.3.3	Praxis des Pilgerschrittverfahrens	110
<b>3</b>	<b>Werkstoffe und ihre Schweißeignung</b>	113
3.1	Begriff der Schweißbarkeit	113
3.1.1	Schweißbarkeit	113
3.1.2	Schweißeignung	114
3.1.3	Schweißmöglichkeit	115
3.1.4	Schweißsicherheit	115
3.2	Gruppeneinteilung von Stählen zum Schweißen	115
3.3	Schweißen und Schweißeignung von Werkstoffen (Baustahl)	116
3.3.1	Einführung	116

3.3.2	Wichtige Eigenschaften von Kohlenstoff- und Kohlenstoff-Mangan-Stählen . . . . .	116
3.3.2.1	Überblick über wichtige Eigenschaften . . . . .	116
3.3.2.2	Tragfähigkeit und Umformbarkeit . . . . .	117
3.3.2.3	Sprödbruchverhalten . . . . .	118
3.3.2.4	Verschleißbeständigkeit . . . . .	118
3.3.2.5	Eignung zur Wärmebehandlung . . . . .	118
3.3.2.6	Schweißeignung . . . . .	118
3.3.2.6.1	Beurteilung der Schweißeignung . . . . .	118
3.3.2.6.2	Kohlenstoffäquivalent CEV . . . . .	119
3.4	Unlegierte Stähle . . . . .	119
3.4.1	Unlegierte Bau- und Maschinenbaustähle nach DIN EN 10025-2 . . . . .	119
3.4.1.1	Begriff und maßgebliche Eigenschaften . . . . .	119
3.4.1.2	Einteilung der unlegierten Baustähle gemäß CEN ISO/TR 15608 . . . . .	120
3.4.1.3	Sorten . . . . .	120
3.4.1.4	Schweißeignung . . . . .	121
3.4.1.5	Bezeichnungsbeispiele . . . . .	122
3.4.2	Wetterfeste Baustähle nach DIN EN 10025-5 . . . . .	122
3.4.2.1	Begriff und maßgebliche Eigenschaften . . . . .	122
3.4.2.2	Sorten . . . . .	123
3.4.2.3	Schweißeignung . . . . .	123
3.4.2.4	Bezeichnungsbeispiele . . . . .	124
3.4.3	Betonstähle nach DIN EN 10080 und DIN 488-1 . . . . .	124
3.4.3.1	Begriff und maßgebliche Eigenschaften . . . . .	124
3.4.3.2	Sorten . . . . .	125
3.4.3.3	Schweißeignung . . . . .	126
3.4.3.4	Bezeichnungsbeispiele . . . . .	126
3.4.3.5	Kennzeichnung . . . . .	126
3.4.4	Schweißtechnische Verarbeitung . . . . .	126
3.4.4.1	Schweißprozesse . . . . .	126
3.4.4.2	Schweißzusatzwerkstoffe . . . . .	126
3.4.4.3	Wirkungen der Schweißwärmebehandlung . . . . .	128
3.5	Feinkornbaustähle . . . . .	128
3.5.1	Einführung . . . . .	128
3.5.2	Überblick über die Feinkornbaustähle . . . . .	129
3.5.3	Einteilung der Feinkornbaustähle nach CEN ISO/TR 15608 . . . . .	129
3.5.4	Normalisierte Feinkornbaustähle . . . . .	129
3.5.4.1	Überblick . . . . .	129
3.5.4.2	Sorten . . . . .	131
3.5.4.3	Bezeichnungsbeispiele . . . . .	132
3.5.4.4	Schweißeignung . . . . .	132
3.5.5	Thermomechanisch gewalzte Feinkornbaustähle . . . . .	132
3.5.5.1	Überblick . . . . .	132
3.5.5.2	Sorten . . . . .	133
3.5.5.3	Bezeichnungsbeispiele . . . . .	133
3.5.5.4	Schweißeignung . . . . .	134
3.5.6	Flüssigkeitsvergütete Feinkornbaustähle . . . . .	134

3.5.6.1	Überblick .....	134
3.5.6.2	Sorten .....	134
3.5.6.3	Bezeichnungsbeispiele .....	134
3.5.6.4	Schweißeignung .....	135
3.5.7	Schweißtechnische Verarbeitung .....	136
3.5.7.1	Allgemeine Hinweise .....	136
3.5.7.2	Schweißprozesse .....	136
3.5.7.3	Schweißzusatzwerkstoffe .....	136
3.6	Sonderbaustähle mit erhöhtem Verschleißwiderstand .....	138
3.6.1	Einführung .....	138
3.6.2	Grundwerkstoffübersicht .....	139
3.6.3	Schweißtechnische Verarbeitung .....	141
3.6.3.1	Besonderheiten beim Schweißen .....	141
3.6.3.1.1	Vorwärmung .....	142
3.6.3.1.2	Schweißtechnologische Hinweise .....	142
3.6.3.2	Zusatzwerkstoffe .....	143
3.6.3.3	Beispiele für Grundwerkstoff-Zusatzwerkstoff-Kombinationen .....	145
3.7	Nichtrostende Stähle .....	146
3.7.1	Einführung .....	146
3.7.2	Arten nichtrostender korrosionsbeständiger (säurebeständiger) Stähle .....	146
3.7.2.1	Ferritische nichtrostende Stähle .....	146
3.7.2.2	Martensitische nichtrostende Stähle .....	148
3.7.2.3	Austenitische nichtrostende Stähle .....	151
3.7.2.4	Austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle .....	153
3.7.3	Einteilung der nichtrostenden Stähle gemäß CEN ISO/TR 15608 .....	154
3.7.4	Schweißtechnische Verarbeitung .....	156
3.7.4.1	Allgemeine Hinweise .....	156
3.7.4.2	Anwendbare Schweißprozesse .....	156
3.7.4.3	Schweißzusatzwerkstoffe .....	156
3.7.4.4	Schweißeignung und Auswahl von Zusatzwerkstoffen .....	156
3.7.4.4.1	Ferritische nichtrostende Stähle .....	156
3.7.4.4.2	Martensitische nichtrostende Stähle .....	157
3.7.4.4.3	Austenitische nichtrostende Stähle .....	157
3.7.4.4.4	Austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle .....	157
3.7.4.5	Hinweise zur Nahtgestaltung .....	158
3.8	Schweißeignung von Altstählen .....	158
3.9	Werkstoffe und ihre Eignung zum Schmelztauchverzinken ..	159
<b>4</b>	<b>Schweißen im geregelten und ungeregelten Bereich .....</b>	<b>163</b>
4.1	Qualitätsanforderungen .....	163
4.2	Schweißen im Geltungsbereich der DIN EN 1090 .....	167
4.2.1	Ausführungsklassen .....	169
4.2.2	Personalanforderungen für den Schweißprozess .....	171
4.2.3	Qualifizierung von Schweißverfahren .....	173

4.2.4	Eurocodes . . . . .	178
4.3	Schweißanweisungen . . . . .	183
4.4	Prüfung von Schweißnähten . . . . .	192
4.4.1	Prüfanforderungen in der Ausführungsklasse 1 (EXC1) . . . . .	192
4.4.2	Prüfanforderungen in der Ausführungsklasse 2 (EXC2) . . . . .	193
4.4.3	Sichtprüfung . . . . .	194
4.4.3.1	Sichtprüfung vor dem Schweißen . . . . .	194
4.4.3.2	Sichtprüfung während des Schweißens . . . . .	194
4.4.3.3	Sichtprüfung nach dem Schweißen . . . . .	194
4.4.4	Ergänzende zerstörungsfreie Prüfungen . . . . .	196
4.4.5	Prüfpersonal . . . . .	198
4.4.6	Prüfplan . . . . .	198
4.5	Aus- und Weiterbildung von Schweißern . . . . .	198
4.6	Schweißen im ungeregelten Bereich . . . . .	201
<b>5</b>	<b>Schweißnahtnachbehandlung und Korrosionsschutz . . . . .</b>	<b>203</b>
5.1	Schleifen und Polieren . . . . .	204
5.1.1	Begriffsbestimmung . . . . .	204
5.1.2	Ausgewählte Schleif- und Poliermittel . . . . .	206
5.1.3	Lieferformen . . . . .	208
5.1.4	Hinweise für die Stahlbearbeitung . . . . .	211
5.2	Beizen . . . . .	213
5.2.1	Begriffsbestimmung . . . . .	213
5.2.2	Beizen von allgemeinem Baustahl . . . . .	215
5.2.3	Beizen von nichtrostendem Stahl . . . . .	216
5.2.4	Verarbeitungsformen . . . . .	218
5.2.5	Arbeitssicherheit und Umweltschutz . . . . .	219
5.3	Nachverzinken von Schweißnähten . . . . .	220
5.4	Wärmebehandlung nach dem Schweißen . . . . .	224
5.4.1	Begriffsbestimmung . . . . .	224
5.4.2	Spannungsarmglühen . . . . .	225
5.4.3	Normalglühen . . . . .	228
5.4.4	Anlagenkalibrierung und Qualitätssicherung . . . . .	229
5.5	Beseitigung von Spannungen und Schrumpfungen . . . . .	230
<b>6</b>	<b>Schweißarbeitsplätze und der Gesundheits- und Arbeitsschutz beim Schweißen . . . . .</b>	<b>235</b>
6.1	Gefährdungen beim Schweißen . . . . .	236
6.1.1	Mechanische Gefährdungen . . . . .	236
6.1.2	Belastung des Bewegungsapparates . . . . .	236
6.1.3	Belastung durch Lärm . . . . .	236
6.1.4	Elektrische Gefährdungen . . . . .	237
6.1.5	Gefährdung durch Hitze . . . . .	237
6.1.6	Gefährdung durch optische Strahlung . . . . .	238

6.1.7	Gefahren durch Explosion und Brand . . . . .	238
6.1.8	Gefährdung durch Schadstoffe . . . . .	238
6.2	Einrichtung von Schweißarbeitsplätzen . . . . .	239
6.2.1	Einrichtung von stationären Schweißarbeitsplätzen . . . . .	239
6.2.2	Schweißen auf der Baustelle . . . . .	242
6.2.2.1	Vermeidung von Absturz . . . . .	242
6.2.2.2	Vermeidung von Bränden und Explosionen auf der Baustelle . . . . .	243
6.2.3	Schweißen in engen Räumen . . . . .	246
6.3	Persönliche Schutzausrüstung des Schweißers . . . . .	246
6.4	Lüftung am Schweißarbeitsplatz . . . . .	251
6.5	Mechanisierung und Automatisierung beim Schweißen . . . . .	259
<b>7</b>	<b>Toleranzen, Fehler und Schäden . . . . .</b>	<b>265</b>
7.1	Zulässige Unregelmäßigkeiten an Schweißverbindungen . . . . .	265
7.1.1	DIN EN 1090 . . . . .	266
7.1.2	Bewertung von Schweißnähten . . . . .	267
7.2	Typische Schadensbilder an Schweißverbindungen . . . . .	270
7.3	Schadensfälle zum Schweißen . . . . .	272
7.3.1	Altstähle ohne Schweißeignung . . . . .	272
7.3.2	Falsche Schweißkonstruktion . . . . .	273
7.3.3	Mischverbindungen falsch konstruiert . . . . .	275
7.3.4	Undichte Schweißnähte an Druckbehältern . . . . .	276
7.3.5	Pore ist kein Mangel . . . . .	277
7.3.6	Falsches Schweißspray verursacht Fehlstellen . . . . .	278
7.3.7	Schweißpalt als Ursache für Korrosion . . . . .	279
7.3.8	Korrosion durch Schweißfehler . . . . .	280
<b>8</b>	<b>Praktische Beispiele von Schweißbauteilen . . . . .</b>	<b>283</b>
8.1	Stütze nach Handskizze . . . . .	283
8.2	Treppenwange . . . . .	290
8.3	Rahmen mit biegesteifem Stoß . . . . .	293
8.4	Unterkonstruktion für Maschine . . . . .	303
<b>9</b>	<b>Anhang . . . . .</b>	<b>307</b>
9.1	Schweißen-Glossar . . . . .	307
9.2	Stichwortverzeichnis . . . . .	324
9.3	Normenverzeichnis . . . . .	329
9.4	Literatur- und Quellenverzeichnis . . . . .	336
9.5	Bildnachweis . . . . .	340
9.6	Autoren . . . . .	342