

Jörg Dombrowski (Hrsg.)

Schweißen im Metallbau

Planen, Ausführen, Nachbehandeln, Toleranzen



M&T
fachbuch

Coleman

Metallbau

Schweißen im Metallbau

Planen, Ausführen, Nachbehandeln, Toleranzen

259 Abbildungen und 111 Tabellen

Herausgeber:

Dipl.-Ing. Jörg Dombrowski

Autoren:

Ing.-Päd. f. Maschinenbau Lothar Hirschhausen

**Dipl.-Ing. Frank Kania,
Schweißfachingenieur (EWE)**

**Dipl.-Ing. (FH) Armin Richter,
Schweißfachingenieur (IWE)**

Dr.-Ing. Uwe Roxlau

**Metallbauermeister Roland Rühlmann,
Schweißfachmann (IWS)**

**M. Sc. Dipl.-Ing. (FH) René Schasse,
Schweißfachingenieur (IWE)**

Dipl.-Ing. Joachim Schmidt

Prof. Dr.-Ing. habil. Jochen Schuster

**Dipl.-Ing. (FH), Metallbauermeister Stephan Stickling,
Schweißfachingenieur (IWE)**

**Dipl.-Ing. Karsten Zimmer,
Schweißfachingenieur (EWE)**



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Charles Colemann Verlag GmbH & Co. KG, Köln 2015
Alle Rechte vorbehalten

Das Werk einschließlich seiner Bestandteile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme.

Maßgebend für das Anwenden von Normen ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist. Maßgebend für das Anwenden von Regelwerken, Richtlinien, Merkblättern, Hinweisen, Verordnungen usw. ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der jeweiligen herausgebenden Institution erhältlich ist. Zitate aus Normen, Merkblättern usw. wurden, unabhängig von ihrem Ausgabedatum, in neuer deutscher Rechtschreibung abgedruckt.

Das vorliegende Werk wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Verlag und Autoren können dennoch für die inhaltliche und technische Fehlerfreiheit, Aktualität und Vollständigkeit des Werkes und seiner elektronischen Bestandteile (Internetseiten) keine Haftung übernehmen.

Wir freuen uns, Ihre Meinung über dieses Fachbuch zu erfahren. Bitte teilen Sie uns Ihre Anregungen, Hinweise oder Fragen per E-Mail: info@coleman-verlag.de oder
Telefax: 0221 5497-200 mit.

Umschlaggestaltung: Künkelmedia, Jörg Künkel, Brühl
Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, Erfstadt
Druck und Bindearbeiten: PHOENIX PRINT GmbH, Würzburg
Printed in Germany

ISBN 978-3-87128-104-4 (Buch-Ausgabe)

ISBN 978-3-87128-105-1 (E-Book-PDF)

Vorwort

165.000 Schweißer gibt es allein in Deutschland, belegen aktuelle Erhebungen des Deutschen Verbandes für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS). Auch in fast jeder Metallbauwerkstatt findet man ein Schweißgerät, denn Schweißen ist nach wie vor das wichtigste Fügeverfahren im Metallhandwerk. Und trotz Leichtbauweise und Klebetechnik wird das Schweißen seine Bedeutung nicht verlieren, weil mit diesem sehr wirtschaftlichen Verfahren verschiedenste Metallkonstruktionen funktions- und gewichtsoptimiert hergestellt werden können.

Es gibt viele Fachbücher über das Schweißen. Einen Titel, der speziell auf die Belange des Metallhandwerks zugeschnitten ist und die wichtigsten, für den Schweißpraktiker relevanten Informationen enthält, sucht man bisher jedoch vergeblich. Deshalb fassen wir in diesem Buch erstmals die praxisbezogenen Grundlagen und das anwendungsbezogene Wissen für den Metallbauer zum Thema Schweißen von **Stahl und Edelstahl** zusammen. Das Schweißen von Aluminium wird hier nicht betrachtet, weil es ein besonderer Werkstoff für den schweißenden Metallbauer ist, und das notwendige Wissen sonst den Rahmen des Buches sprengen würde.

Um die Informationen möglichst praxis- und anwendungsnah aufzubereiten, haben wir für die einzelnen Kapitel ein Autorenteam von zehn erfahrenen Schweißfachleuten zusammengestellt. Sie sind in der Ausbildung, der technischen Beratung und der Zertifizierung – oftmals speziell für das Metallhandwerk – tätig und können deshalb viele schweißtechnische Probleme dieses Berufszweiges sehr gut beantworten und nachvollziehen.

Der inhaltliche Aufbau des Buches orientiert sich am praktischen Ablauf des Schweißprozesses. Der Bogen spannt sich dabei von der Vorbereitung und Planung der Schweißung über den eigentlichen Schweißprozess bis hin zur Prüfung und Nachbehandlung der Naht. Auch die Qualifizierung der Schweißer und der Gesundheits- und Arbeitsschutz spielen bei den Ausführungen eine wichtige Rolle.

Ausführlich werden auch die Neuerungen behandelt, die die europäische Normenreihe DIN EN 1090 gebracht hat. Auf praxisnahe und übersichtliche Art und Weise werden die Auswirkungen auf die Planung und Durchführung der Schweißprozesse im Metallhandwerksbetrieb beschrieben. Wir haben das Buch mit vielen Tipps, Hinweisen, Querverweisen und Hilfen versehen, damit es Ihnen im betrieblichen Schweißalltag ein wertvoller und nützlicher Ratgeber ist.

Wir wünschen allen Nutzern eine nützliche Lektüre.

Köln, im August 2015

Dipl.-Ing. Jörg Dombrowski

Inhalt

	Vorwort.....	5
	Einführung	21
1	Schweißverfahren, Schweißnähte und Schweißpositionen	25
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	Weißer 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
2	Konstruktion und Statik	83
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	Einschenkliges 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 Schweißeigenstressungen	107
2.3.3	Praxis des Pilgerschrittverfahrens	110
3	Werkstoffe und ihre Schweißseignung	113
3.1	Begriff der Schweißbarkeit	113
3.1.1	Schweißbarkeit	113
3.1.2	Schweißseignung	114
3.1.3	Schweißmöglichkeit	115
3.1.4	Schweißsicherheit	115
3.2	Gruppeneinteilung von Stählen zum Schweißen	115
3.3	Schweißen und Schweißseignung 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	Spröbruchverhalten.	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	Schweißbeignung	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	Schweißtechnologischer 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	Schweißbeignung 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	Schweißbeignung von Altstählen	158
3.9	Werkstoffe und ihre Eignung zum Schmelztauchverzinken ..	159
4	Schweißen im geregelten und ungeregelten Bereich	163
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
5	Schweißnahtnachbehandlung und Korrosionsschutz	203
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
6	Schweißarbeitsplätze und der Gesundheits- und Arbeitsschutz beim Schweißen	235
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
7	Toleranzen, Fehler und Schäden	265
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 Schweißbeignung	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
8	Praktische Beispiele von Schweißbauteilen	283
8.1	Stütze nach Handskizze	283
8.2	Treppenwange	290
8.3	Rahmen mit biegesteifem Stoß	293
8.4	Unterkonstruktion für Maschine	303
9	Anhang	307
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

Tabelle 4.2: Auszug aus den notwendigen Kenntnissen nach DIN EN 1090-2 (Tabelle 14/15)

Ausführungsklasse	Stähle	Materialdicke		
		t ≤ 25 mm	25 < t ≤ 50 mm	t > 50 mm
EXC 1	S235–S275	keine spezielle Qualifizierung		
EXC 2	S235–S355 Austenite	B	S	C
	S420–S700 Austenite-Ferrite	S	C	C
EXC 3	S235–S355 Austenite	S	C	C
	S420–S700 Austenite-Ferrite	C	C	C
EXC 4	alle	C	C	C

Leitendes Personal: Schweißaufsichtspersonal

Die Verantwortlichen für den Prozess Schweißen werden als Schweißaufsichtspersonal (SAP) bezeichnet. Nach DIN EN 1090-2 (Abschnitt 7.4.3) muss der Herstellbetrieb ab Ausführungsklasse EXC2 über ausreichend qualifiziertes Schweißaufsichtspersonal mit Erfahrungen in den zu beaufsichtigenden Schweißarbeiten verfügen. Bei kleineren Betrieben reicht hier oftmals eine Person aus, es können aber bei größeren Betrieben oder Betrieben, die gleichzeitig auf mehreren Baustellen Schweißarbeiten durchführen, auch mehrere Schweißaufsichtspersonen notwendig werden. In letzterem Fall ist eine klare Zuordnung der Aufgaben und Verantwortlichkeiten besonders wichtig. Eine Übersicht über die möglichen Aufgaben der Schweißaufsicht enthält DIN EN ISO 14731:2006-12.

Die erforderlichen Kenntnisse der Schweißaufsicht für Planung, Ausführung, Beaufsichtigung und Prüfung werden nach DIN EN ISO 14731 wie folgt eingeteilt:

- **Basiskenntnisse (B):** technische Kenntnisse für Aufgaben und Verantwortungen innerhalb eines eingeschränkten technischen Bereichs, der nur einfache geschweißte Konstruktionen einschließt; zum Beispiel „Internationaler Schweißfachmann (IWS)“,
- **spezielle technische Kenntnisse (S):** technische Kenntnisse für Aufgaben und Verantwortungen innerhalb eines ausgewählten oder eingeschränkten technischen Bereichs; zum Beispiel „Internationaler Schweißtechniker (IWT)“,
- **umfassende technische Kenntnisse (C):** volle technische Kenntnisse für alle Aufgaben und Verantwortungen der schweißtechnischen Herstellung; zum Beispiel „Internationaler Schweißfachingenieur (IWE)“ (siehe Tabelle 4.2).

MEHR INFOS:

Die DIN EN ISO 14731 ist Bestandteil des Normenpaketes des Fachregelwerkes Metallbauerhandwerk – Konstruktionstechnik. Sie kann von Abonnenten im Volltext aufgerufen und genutzt werden.



Ausführendes Personal: Schweißer und Bediener

Für die Ausführung von Schweißarbeiten dürfen nur qualifizierte Schweißer oder Bediener eingesetzt werden.

Bei manuellen oder teilmechanischen Schweißverfahren müssen die Schweißer eine gültige Schweißerprüfbescheinigung nach DIN EN ISO 9606-1 haben.

MEHR INFOS:

Die DIN EN ISO 9606-1 ist Bestandteil des Normenpaketes des Fachregelwerkes Metallbauerhandwerk – Konstruktionstechnik. Sie kann von Abonnenten im Volltext aufgerufen und genutzt werden.



Abb. 4.2: Zur zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) gehört auch das Messen einer Kehlnaht

Außerdem muss der Geltungsbereich der Schweißerprüfung für die auszuführende Schweißaufgabe ausreichen.

Früher wurde von den anerkannten Stellen oft als Mindestanforderung zwei Stumpfnah- und zwei Kehlnahtprüfungen für Blech verlangt. Das ist nicht sinnvoll. Beispielsweise könnte ein Betrieb, der hauptsächlich im Geländerbau tätig ist, mit nur einer Stumpfnahprüfung auskommen. Stattdessen muss er Mitarbeiter für Kehlnaht-Rohrschweißungen qualifizieren und – falls er im Treppenbau tätig ist – das vielleicht noch mit einer Prüfung „abzweigendes Rohr < 60°“ ergänzen.

In jedem Fall bleibt die Schweißaufsicht dafür verantwortlich, dass nur Schweißer mit entsprechender Qualifikation eingesetzt werden.

Für vollautomatische Schweißverfahren müssen nach DIN EN ISO 14732 geprüfte Bediener eingesetzt werden.

Prüfendes Personal

Für die zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) der Schweißverbindung darf mit Ausnahme der Sichtprüfung nur qualifiziertes Personal nach DIN EN 473 beziehungsweise DIN EN ISO 9712:2012-02 eingesetzt werden.

Oftmals ist es üblich und sinnvoll, dass die Schweißer die vorgeschriebene Sichtprüfung selbst durchführen. Dafür ist zwar keine Qualifizierung als VT-Prüfer nach den oben genannten Normen erforderlich, das bedeutet aber

nicht, dass die Schweißer für diese Aufgabe automatisch qualifiziert sind.

MERKE:

Das Mindeste ist eine dokumentierte betriebsinterne Schulung der Schweißer über die Durchführung der Sichtprüfung durch die Schweißaufsicht oder einen VT-Prüfer und eine Arbeitsanweisung. Außerdem sollten generell alle Personen die zerstörungsfreie Prüfungen durchführen, jährlich ihre Sehfähigkeit nachweisen.

Weitere Informationen zur Prüfung von Schweißnähten finden Sie im Kapitel 4.4.

4.2.3 Qualifizierung von Schweißverfahren

Für alle Ausführungsklassen, also auch für EXC1, werden Schweißanweisungen (WPS) gefordert. Ab EXC2 müssen diese auch qualifiziert werden.

Vollmechanische und automatische Schweißverfahren müssen in jeder Ausführungsklasse qualifiziert werden (zum Beispiel Bolzenschweißen).

Schweißanweisungen sind die Grundlage für die Planungen von schweißtechnischen Tätigkeiten und für die Überwachung während des Schweißens und müssen vor dem eigentlichen Schweißen erstellt werden.



Tabelle 4.3: Methoden nach DIN EN 1090-2 (Tabelle 12) zur Qualifizierung des Schweißverfahrens

Methoden zur Qualifizierung	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
Schweißverfahrensprüfung (DIN EN ISO 15614-1)	keine Qualifizierung der WPS notwendig	möglich	möglich	möglich
vorgezogene Arbeitsprüfung (DIN EN ISO 15613)		möglich	möglich	möglich
Standardschweißverfahren (DIN EN ISO 15612)		möglich bis S355 ^a	nicht möglich	nicht möglich
vorliegende schweißtechnische Erfahrung (DIN EN ISO 15611)		möglich bis S275 ^a	nicht möglich	nicht möglich
Einsatz von geprüften Schweißzusätzen (DIN EN ISO 15610)		möglich bis S275 ^a	nicht möglich	nicht möglich

^a nur für manuelle und teilmechanische Schweißprozesse

Bei der Qualifizierung einer WPS erstellt die Schweißaufsicht eine vorläufige Schweißanweisung (pWPS) (siehe auch Kapitel 4.4).

Mit einer von fünf möglichen Qualifizierungsmethoden wird die Brauchbarkeit der pWPS nachgewiesen. Nach erfolgreicher Qualifizierung wird die pWPS zur Schweißanweisung (WPS), das Schweißverfahren ist damit qualifiziert.

Methoden nach DIN EN 1090-2 (Tabelle 12) zur Qualifizierung des Schweißverfahrens für die Prozesse:

- 111 – Lichtbogenhandschweißen,
- 114 – Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode ohne Schutzgas,
- 12 – Unterpulverschweißen,
- 13 – Metall-Schutzgasschweißen,
- 14 – Wolfram-Schutzgasschweißen (siehe Tabelle 4.3).

Schweißverfahrensprüfung nach DIN EN ISO 15614-1

Bei der Schweißverfahrensprüfung muss ein genormtes Prüfstück so ähnlich wie es aus der Schweißerprüfung bekannt ist, geschweißt werden. Eine Prüfstelle führt verschiedene, in der Norm definierte, zerstörungsfreie und zerstörende Prüfungen durch. Besteht die Schweißung die Prüfungen, erhält der Hersteller einen Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR).

MEHR INFOS:

Die DIN EN ISO 15614-1 ist Bestandteil des Normenpaketes des Fachregelwerkes Metallbauerhandwerk – Konstruktionstechnik. Sie kann von Abonnenten im Volltext aufgerufen und genutzt werden.



Der Geltungsbereich einer Verfahrensprüfung richtet sich nach verschiedenen Kriterien:

- Grundwerkstoff des Prüfstücks,
- Werkstoffdicke,
- bedingt auch der Schweißposition und Nahtart.

Die Verfahrensprüfung gilt nur für den ausgeführten Schweißprozess.

MERKE:

Zu beachten ist, dass anders als im Geltungsbereich der Schweißerprüfung, eine mehrlagige Naht, **nicht** die einlagige Naht einschließt!

Tabelle 4.4: Geltungsbereich der Werkstoffdicke von Stumpfnähten nach DIN EN ISO 15614-1 (Tabelle 5)

Dicke des Prüfstücks in mm	Geltungsbereich	
	einlagig	mehrlagig
$t \leq 3$	0,7 t bis 1,3 t	0,7 t bis 2 t
$3 < t \leq 12$	0,5 t (min 3) bis 1,3 t	3 t bis 2 t
$12 < t \leq 100$	0,5 t bis 1,1 t	0,5 t bis 2 t
$t > 100$	nicht anwendbar	50 t bis 2 t

Wer bezüglich der Schweißpositionen einen möglichst großen Geltungsbereich abdecken will, muss zwei Positionen schweißen. An der „kältesten“ Schweißposition (im Allgemeinen eine waagerechte Position) wird die Aufhärtung überprüft, an der „wärmsten“ Schweißposition (im Allgemeinen die Steigposition) wird die Kerbschlagarbeit überprüft.

Sollen später in der Fertigung Heftnähte überschweißt werden, dann muss dies auch in der Verfahrensprüfung durchgeführt werden.

Um den Forderungen der DIN EN 1090-2 gerecht zu werden, müssen für Kehlnähte Kreuzzugproben genommen werden. Weil nicht alle Prüfstellen die Kreuzzugprobe automatisch durchführen, sollte man dies auf jeden Fall mit beauftragen.

Eine Verfahrensprüfung ist, im Gegensatz zu Schweißerprüfungen, unbegrenzt gültig, solange der Schweißprozess regelmäßig eingesetzt wird.

Wurde bei Stahlsorten \leq S355 der Schweißprozess länger als drei Jahre nicht eingesetzt, fordert die DIN EN 1090-2, dass eine Makroschliffprobe aus einer Arbeitsprüfung entnommen wird und die Tauglichkeit geprüft wird.

Für höherfeste Stähle gelten strengere Regeln.

Die Verfahrensprüfung und deren Geltungsbereich sind beim Bolzenschweißen in der DIN EN ISO 14555:2014-08 geregelt.

Tabelle 4.5: Geltungsbereich der Werkstoffdicke und Nahtdicke von Kehlnähten nach DIN EN ISO 15614-1 (Tabelle 6)

Dicke des Prüfstücks in mm	Geltungsbereich		
	Werkstoffdicke in mm	Nahtdicke	
		einlagig	mehrlagig
$t \leq 3$	0,7 t bis 2 t	0,75 a bis 1,5 a	keine Einschränkung
$3 < t < 30$	0,5 t (min 3) bis 2 t	0,75 a bis 1,5 a	keine Einschränkung
$t \geq 30$	≥ 5	a	keine Einschränkung

Vorgezogene Arbeitsprüfung nach DIN EN ISO 15613

Wenn die Anforderungen an die Geometrie der Verbindung nicht mit den genormten Prüfstücken der Verfahrensprüfung angemessen repräsentiert werden können, so ist eine Qualifizierung durch eine vorgezogene Arbeitsprüfung sinnvoll.

Das Vorgehen ähnelt hierbei der Verfahrensprüfung, lediglich Form und Maße der Prüfstücke entsprechen den realen schweißtechnischen Bedingungen für das Bauteil.

Standardschweißverfahren nach DIN EN ISO 15612

Bei Standardschweißverfahren wird eine durch Verfahrensprüfung qualifizierte Schweißanweisung (WPS) zur Verfügung gestellt (zur Schweißanweisung siehe Kapitel 4.3) (siehe auch „Qualifizierte Schweißanweisungen des Bundesverbandes Metall“).

Im Geltungsbereich der DIN EN 1090-2 ist dieses Verfahren nur bis S355 und bis zur Ausführungsklasse EXC2 möglich.

Es dürfen nur Schweißmaschinen verwendet werden, die die gleichen elektrischen und mechanischen Eigenschaften haben, die bei der Erstellung der Prüfungsschweißung verwendet wurden. Deshalb werden solche Schweißanweisungen meist von den Herstellern von Schweißmaschinen zur Verfügung gestellt – selbstver-

ständig gegen Bezahlung und natürlich nur anwendbar für das Schweißgerät des entsprechenden Schweißgeräte-Herstellers.

Diese qualifizierten Schweißanweisungen dürfen vom Metallbauer jedoch nicht einfach übernommen werden. Die Schweißaufsicht des Metallbaubetriebes muss eigene Schweißanweisungen für die einzelne Schweißaufgabe erstellen. Dabei kann sie auf die Ergebnisse der vorliegenden qualifizierten Schweißanweisungen zurückgreifen. Die Schweißaufsicht muss die WPS unterschreiben und ist damit auch für den Inhalt verantwortlich.

Die in der Fertigung eingesetzte Ausrüstung muss die Überwachung aller wesentlichen schweißtechnischen Randbedingungen zulassen. Geräte zur Messung der Schweißparameter müssen entweder als Teil der Schweißvorrichtung oder als tragbares Gerät verfügbar sein. Diese Einrichtungen müssen nach DIN EN ISO 17662 kalibriert, verifiziert oder validiert werden.

Bei Stahlgüten, die zur Aufhärtung neigen, muss je nach Werkstückdicke und Kohlenstoffäquivalent die Vorwärmung bestimmt werden. Die notwendige Vorwärmtemperatur kann von der in der Standardschweißanweisung festgelegten Temperatur deutlich abweichen.

Die in der Qualifikation beschriebene Vorwärmtemperatur darf nicht unterschritten werden. Wird eine höhere Temperatur festgelegt, muss diese in einer neuen WPS beschrieben werden.

Und wie für alle neuen Schweißanweisungen müssen gemäß DIN EN 1090-2 (Abschnitt 12.4.2.2) die ersten fünf Anschlüsse, die nach dieser WPS geschweißt wurden, umfangreicher überprüft werden. Zum Beispiel durch ergänzende zerstörungsfreie Prüfungen (ZfP).

Übliche, ergänzende zerstörungsfreie Prüfungen sind:

- für Kehlnähte:
 - Farbeindringprüfung (PT),
 - Magnetpulverprüfung (MT),

- für Stumpfnähte:
 - Ultraschallprüfung (UT),
 - Durchstrahlungsprüfung (RT).



MERKE:

Oft werden Schweißgeräte mit „nach EN 1090 zertifiziert“ beworben. Ein Schweißgerät kann natürlich nicht nach einer Norm zertifiziert sein, die für die Ausführung von tragenden Stahl- oder Aluminiumbauteilen geschrieben wurde. Gemeint ist hier, die Qualifizierung als Standardschweißverfahren. Der Gerätehersteller lässt bei sich Verfahrensprüfungen durchführen und überlässt dem Nutzer der Schweißmaschine die Schweißanweisungen und Qualifizierungsberichte. Alle oben beschriebenen Punkte sind vom Anwender allerdings nach wie vor einzuhalten, sodass der Vorteil überschaubar bleibt.

Vorliegende schweißtechnische Erfahrung nach DIN EN ISO 15611

Die Qualifizierung durch vorhandene schweißtechnische Erfahrung ist nur möglich, wenn durch geeignete, beglaubigte und unabhängige Dokumentationen bewiesen werden kann, dass bereits früher derartige in Betracht kommende Verbindungsarten und Werkstoffe zufriedenstellend geschweißt wurden.

Denkbar wäre, dass ein Betrieb, der bisher Druckbehälter gebaut hat, jetzt Stahlbaukonstruktionen herstellt. Durch die aus dem Druckbehälterbau umfangreich vorliegenden Prüfprotokolle kann auf vorliegende, schweißtechnische Erfahrung geschlossen werden. Für den üblichen Metallbaubetrieb kommt diese Qualifizierungsmethode mangels fehlender Dokumentation in der Regel nicht infrage.

Im Geltungsbereich der DIN EN 1090-2 ist dieses Verfahren nur bis S275 und bis zur EXC 2 möglich.

Schweißen im Metallbau

Das Schweißen ist das wichtigste Fügeverfahren im Metallhandwerk. Es zeichnet sich neben seiner Wirtschaftlichkeit dadurch aus, dass es dem Metallbauer ermöglicht, seine Konstruktionen sehr flexibel und funktions- und gewichtsoptimiert zu planen und zu fertigen.

Dieses Buch fasst erstmals die praxisbezogenen Grundlagen und das anwendungsbezogene Wissen für den Metallbauer zum Thema Schweißen von Stahl und Edelstahl zusammen. Der inhaltliche Aufbau orientiert sich am praktischen Ablauf des Schweißprozesses und liefert:

- einen Überblick über die im Metallhandwerk gebräuchlichen Schweißverfahren sowie
- Hinweise zur Vorbereitung des Schweißens, zur schweißgerechten Materialbestellung und zur richtigen Auswahl von Schweißzusätzen und Hilfsstoffen,
- zur Gestaltung und Berechnung der Schweißnaht,
- zur Planung der Schweißung bis hin zum
- eigentlichen Schweißprozess,
- zur Prüfung und Bewertung der Schweißnaht und
- zur Nachbehandlung und -bearbeitung.

Einen breiten Raum nehmen dabei die Themen „Werkstoffe und ihre Schweißbeignung“ und das „Schweißen im geregelten und ungeregelten Bereich“ ein. Hier werden vor allem die Neuerungen behandelt, die die europäische Normenreihe DIN EN 1090 zur Ausführung von Stahl- und Aluminiumtragwerken gebracht hat. Auf praxisnahe und übersichtliche Art und Weise werden die Auswirkungen auf die Planung und Durchführung der Schweißprozesse im Metallhandwerksbetrieb vorgestellt.

Nützlich sind auch die Hinweise zur Qualifizierung der Schweißer, zum Gesundheits- und Arbeitsschutz, zur Einrichtung von Schweißarbeitsplätzen und zur Mechanisierung und Automatisierung des Prozesses. Ein eigenes Kapitel beschäftigt sich mit den zulässigen Unregelmäßigkeiten an Schweißverbindungen und es werden anhand einiger Schadensfälle typische Fehler beim Schweißen analysiert.

Zum Abschluss wird am Beispiel von vier ausgewählten Bauteilen das praktische Vorgehen bei der produktbezogenen schweißtechnischen Herstellung dieser Teile erläutert.

Das Buch ist mit seinen vielen Tipps, Hinweisen, Querverweisen und Hilfen vor allem für Metallbauer und Sachverständige nützlich, wird aber auch für die Ausbildungseinrichtungen des Metallhandwerks und für Schweißfachkräfte aus Handwerk und Industrie eine wertvolle Hilfe sein.

Herausgeber Dipl.-Ing. Jörg Dombrowski ist seit vielen Jahren Redakteur beim Charles Coleman Verlag. Er hat für das Buch ein Autorenteam aus erfahrenen Schweißfachleuten zusammengestellt, die in der Ausbildung, technischen Beratung und Zertifizierung tätig sind.