

Volkmar Schuler
Jürgen Twrdek

Praxiswissen Schweißtechnik

Werkstoffe, Prozesse, Fertigung

7. Auflage

 Springer Vieweg

Praxiswissen Schweißtechnik

Volkmar Schuler • Jürgen Tvrdek

Praxiswissen Schweißtechnik

Werkstoffe, Prozesse, Fertigung

7., überarbeitete und aktualisierte Auflage

Volkmar Schuler
Ulm, Deutschland

Jürgen Twrdek
Ulm, Deutschland

ISBN 978-3-658-41547-1 ISBN 978-3-658-41548-8 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-41548-8>

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

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2003, 2006, 2009, 2012, 2014, 2019, 2024

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jede Person benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des/der jeweiligen Zeicheninhaber*in sind zu beachten.

Der Verlag, die Autor*innen und die Herausgeber*innen gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autor*innen oder die Herausgeber*innen übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Ellen Klabunde

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Wenn Sie dieses Produkt entsorgen, geben Sie das Papier bitte zum Recycling.

Vorwort zur 7. Auflage

Schweißen ist nach wie vor das wichtigste und wirtschaftlichste Fügeverfahren. Dabei verbindet es Theorie und Praxis zu flexiblen und gewichtsoptimierten Konstruktionen in allen technischen Bereichen.

Ziel der Autoren dieses Buches war es von Anfang an, eine Kombination von Theorie und Praxis in einer Vielzahl von bewährten Konstruktionen aufzuzeigen. Wichtig erschien uns stets, die fertigungs- und montagegerechte Gestaltung mit den Möglichkeiten der verschiedenen Verbindungstechnik zu verknüpfen, ohne dass Bauteile überdimensioniert und damit zu schwer oder teuer werden. Sichere, praxisnahe Verbindungen unter Einhaltung aktueller, gesetzlicher Vorschriften, komplettiert mit einem entsprechenden Qualitätsmanagement stehen im Vordergrund. Wirtschaftlich notwendiges und nicht maximal Mögliches sollte für jeden Konstrukteur und Hersteller beachtet werden.

Die 7. Auflage ist deshalb erneut und verstärkt dem Ziel „Praxiswissen“ gefolgt. Da auch immer mehr Baugruppen in 3D-Modellen konstruiert werden, war ein erneutes Anliegen dieser Auflage, Ausschnitte von 3D-Darstellungen mit dem realen Bild des hergestellten Bauteils zu zeigen. Berechnungsmethoden mittels Finiter Elementemethode (FEM) und daraus abgeleitete konstruktive Optimierungen wurden ebenfalls mit Praxisbeispielen aufgezeigt.

An den Zielgruppen hat sich seit der 1. Auflage dieses Buches nichts geändert:

- Fachleute, die mit schweißtechnischen Fragen befasst sind
- Ingenieure des Maschinenbaus, der Produktionstechnik und des Bauingenieurwesens sowie Techniker in Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Fertigung
- Studierende der oben angegebenen Fachrichtungen an Hochschulen für Technik und Technischen Universitäten

Einen ganz besonderen Dank möchten wir an unsere Frauen Inge Schuler und Birgit Twrdek zusammen mit unseren Familien aussprechen. Sie haben uns über die letzten mehr als 20 Jahre seit dem ersten Erscheinen des Buches maßgeblich und unermüdlich mit viel Geduld unterstützt.

Ulm, Deutschland
September 2024

Volkmar Schuler
Jürgen Twrdek

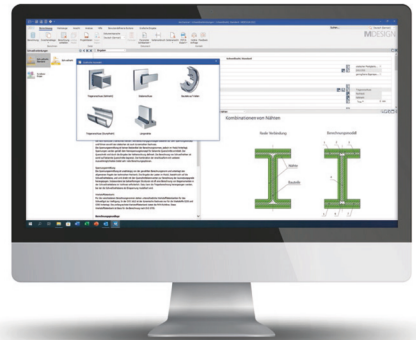


Jetzt
kostenlos
downloaden

SCHWEIßNAHT DIGITAL ERLEBEN

Die Software für Ihre sichere Schweißnahtberechnung

- Maschinenelemente optimal berechnen und auslegen
- Inklusive Zugang zur Werkstoffdatenbank
- Hilfesysteme zum schnellen Verständnis
- Automatisierte Dokumentation
- Schweißnahtberechnung nach Nennspannungs- und örtlichem Konzept
- Nachweis nach Merkblatt DVS 0705, 1612, FKM und Eurocode 3



Jetzt testen unter mdesign.de/schweissnaht

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Schmelzschweißprozesse	7
2.1	Gasschmelzschweißen	8
2.1.1	Brenngase	8
2.1.2	Sauerstoff	10
2.1.3	Armaturen	10
2.1.4	Schweißbrenner	13
2.1.5	Schweißzusätze	17
2.1.6	Schweißarten	17
2.2	Grundlagen des Lichtbogenschweißens	18
2.2.1	Die Vorgänge im Lichtbogen	18
2.2.2	Schweißstromquellen	20
2.3	Das Lichtbogenhandschweißen	30
2.3.1	Stabelektroden	31
2.3.2	Bezeichnung der Elektroden	35
2.4	Unterpulverschweißen	36
2.4.1	Schweißzusätze zum UP-Schweißen	37
2.4.2	Elektroden	38
2.4.3	Schweißpulver	39
2.5	Schutzgasschweißen	41
2.5.1	Schutzgase zum Schweißen	42
2.5.2	Metallschutzgasschweißen	50
2.5.3	Wolfram-Inertgasschweißen	64
2.5.4	Wolfram-Plasmaschweißen	73
2.6	Gießschmelzschweißen	76
2.7	Strahlschweißprozesse	79
2.7.1	Elektronenstrahlschweißen	79
2.7.2	Laserschweißen	84
2.8	Elektro Schlackeschweißen	92
	Weiterführende Literatur	94

3	Prozesse des Pressschweißens	95
3.1	Widerstandspressschweißen	96
3.1.1	Stromquellen und Stromformen beim Widerstandsschweißen	97
3.1.2	Widerstandspunktschweißen	99
3.1.3	Buckelschweißen	116
3.1.4	Rollennahtschweißen	120
3.1.5	Pressstumpfschweißen	123
3.1.6	<i>Abbrennstumpfschweißen</i>	124
3.1.7	Induktives Widerstandspressschweißen	126
3.2	Lichtbogenpressschweißen	127
3.2.1	Bolzenschweißen	127
3.2.2	Pressschweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen	135
3.3	Diffusionsschweißen	137
3.3.1	Ablauf	137
3.3.2	Werkstoffe	138
3.3.3	Anwendung	139
3.4	Reibschweißen	140
3.4.1	Verfahrensprinzip	140
3.4.2	Reibschweißmaschinen	141
3.4.3	Werkstoffe	143
3.5	Kaltpressschweißen	145
3.6	Sprengschweißen	148
3.6.1	Ablauf	148
3.6.2	Werkstoffe	149
3.6.3	Anwendung	150
3.7	Ultraschallschweißen	151
	Weiterführende Literatur	154
4	Löten	157
4.1	Einteilung der Lötprozesse	157
4.1.1	Temperaturen beim Löten	160
4.1.2	Grundlagen des Lötens	160
4.1.3	Kapillareffekt	160
4.1.4	Vor- und Nachteile des Lötens	162
4.1.5	Lötbarkeit	162
4.1.6	Löteignung der Werkstoffe	163
4.2	Lötverfahren	163
4.2.1	MSG-Löten (MIG-Brazing)	163
4.2.2	Flammlöten (Fugenlöten)	164
4.2.3	Kolbenlöten	164

4.2.4	Badlöten	165
4.2.5	Salzbad	165
4.2.6	Widerstandslöten	165
4.2.7	Induktionslöten	165
4.2.8	Ofenlöten	165
4.2.9	Plasma-Lichtbogenlöten	165
4.2.10	Strahllöten	165
4.2.11	Infrarotlöten	166
4.3	Lote	166
4.3.1	Einteilung der Lote nach den Arbeitsbereichen (Temperatur)	166
4.4	Flussmittel	170
4.5	Lötgerechtes Konstruieren	172
4.6	Eigenschaften von Lötverbindungen	173
4.7	Festigkeit von Lötverbindungen	174
4.8	Unregelmäßigkeiten von Lötverbindungen	175
4.9	Prüfung von Personal und Verfahrensprüfungen	175
4.10	Arbeitsschutz beim Löten	175
	Weiterführende Literatur	176
5	Kleben von Kunststoffen und Metallen – ein kompakter Überblick	177
5.1	Lastübertragung in Klebungen	178
5.2	Grundlagen	179
5.2.1	Kohäsion bei Metallen	180
5.2.2	Kohäsion bei Kunststoffen	180
5.2.3	Adhäsion	185
5.2.4	Benetzung	186
5.3	Klebstoffe	188
5.3.1	Chemisch härtende Klebstoffe (Reaktionsklebstoffe)	189
5.3.2	Haftklebstoffe – Klebstoffe ohne Verfestigung	198
5.3.3	Physikalisch abbindende Klebstoffe	199
5.4	Oberflächenbehandlung	200
5.4.1	Aufbau metallischer und polymerer Oberflächen	200
5.4.2	Oberflächenvorbereitung – Reinigung	201
5.4.3	Oberflächenvorbehandlungen	201
5.5	Klebstoffauswahl und klebgerechte Gestaltung	203
5.6	Klebtechnische Verarbeitung	205
5.6.1	Automatische Klebstoffverarbeitung	205
5.6.2	Manuelle Verarbeitung	205
5.7	Qualitätssicherung beim Kleben	206
5.8	Arbeitssicherheit beim Kleben	209
	Literatur	210

6	Fügen durch Umformen	211
6.1	Grundlagen	211
6.2	Clinchen	213
6.2.1	Verfahrensbeschreibung und Varianten	213
6.2.2	Qualitätsrelevante Kenngrößen	214
6.2.3	Anwendungen	215
6.2.4	Geräte und Systeme	215
6.3	Nieten	216
6.3.1	Stanznieten	217
6.3.2	Blindnieten	220
6.3.3	Schließringbolzen	222
6.3.4	Funktionselemente	224
	Weiterführende Literatur	228
7	Kunststoffe schweißen	231
7.1	Einteilung der Kunststoffe	231
7.1.1	Weitere Eigenschaften von Kunststoffen	233
7.2	Schweißprozesse	235
7.2.1	Heizelementstumpfschweißen (HS) (auch Spiegelschweißen genannt)	235
7.3	Heizelementmuffenschweißen	238
7.4	Heizelementwendelschweißen (HM)	239
7.5	Warmgasfächer- und Warmgasziehschweißen	241
7.5.1	Warmgasfächelschweißen	241
7.5.2	Warmgasziehschweißen	241
7.6	Warmgas-Extrusionsschweißen	243
7.7	Ultraschallschweißen	244
7.7.1	Schweißvorgang	245
7.7.2	Konstruktion der Bauteile mit Energierichtungsgebern	245
7.8	Vibrationsschweißen	246
7.9	Laserschweißen	246
7.10	Durchstrahlschweißen	247
7.11	Hochfrequenzschweißen	249
7.12	Reibschweißen	250
7.13	Schweißzusätze	251
7.14	Prüfung von Kunststoffschweißern	252
7.14.1	Fachkundliche Prüfung	253
7.14.2	Praktische Prüfung	253
7.15	Merkmale und Anwendungen der Kunststoffe (Tab. 7.5, 7.6 und 7.7)	254
	Weiterführende Literatur	258

8 Auftragschweißen und Thermisches Spritzen	259
8.1 Auftragschweißen	260
8.1.1 Aufmischungsgrad	261
8.1.2 Lichtbogenhand- und WIG-Schweißen	262
8.1.3 Metallschutzgasschweißen	262
8.1.4 Plasma-Pulver-Auftragschweißen	264
8.1.5 Laserauftragschweißen (Laser-Cladding)	265
8.1.6 RES – Elektro-Schlacke-Bandauftragschweißen	267
8.1.7 Schweißzusätze	268
8.2 Thermisches Spritzen	269
8.2.1 Flammspritzen	272
8.2.2 Drahtflammspritzen	273
8.2.3 Pulverflammspritzen	274
8.2.4 Lichtbogenspritzen	275
8.2.5 Plasmaspritzen	277
8.2.6 Hochgeschwindigkeitsflammspritzen	278
8.2.7 Laserspritzen	279
8.2.8 Detonationsspritzen	279
8.2.9 Kaltgasspritzen	280
8.2.10 Prüfen von Spritzschichten	281
8.2.11 Werkstoffvorbereitung und Zusätze zum Thermischen Spritzen	281
8.2.12 Spritzzusätze in Form von Drähten, Stäben und Schnüre	282
8.2.13 Eigenschaften von Beschichtungen und mögliche Nachbehandlungen	283
8.2.14 Auswahl einiger Spritzzusätze, deren Eigenschaften und Einsatz	284
Weiterführende Literatur	287
9 Thermisches Trennen	289
9.1 Werkstoffe und Materialdicken	291
9.2 Autogenes Brennschneiden	293
9.2.1 Zündtemperatur muss kleiner sein als die Schmelztemperatur	294
9.2.2 Schmelztemperatur Oxide muss kleiner sein als die Schmelztemperatur des Grundwerkstoffes	294
9.2.3 Entstehenden Oxide müssen dünnflüssig sein	294
9.2.4 Geringe Wärmeleitfähigkeit des Grundwerkstoffes	294
9.2.5 Werkstoff muss im Sauerstoff-Strom verbrennbar sein	295
9.2.6 Betriebsgase zum autogenen Brennschneiden	295
9.2.7 Brennschneidgeräte	297
9.2.8 Brennschnittgüte	298
9.2.9 Sonderverfahren des autogenen Brennschneidens	300

9.3	Plasmaschneiden	302
9.3.1	Verfahrensprinzip	302
9.3.2	Einteilung der Verfahren (Abb. 9.15)	303
9.3.3	Plasmagase	304
9.3.4	Plasmapbrenner und Plasmaschnitte (Abb. 9.18 und 9.19)	305
9.3.5	Plasmafugen (Abb. 9.20)	306
9.3.6	HotWire-Plasmaschneiden	306
9.4	Laserstrahlschneiden	307
9.4.1	Laserarten zum Schneiden	308
9.5	Wasserstrahlschneiden	309
9.5.1	Qualitätsstufen f#r Wasserstrahlschnitte	311
	Weiterf#hrende Literatur	312
10	Flammrichten	313
10.1	Verfahrensprinzip	313
10.2	Ausf#hrung	314
10.3	Ausr#stung	321
10.4	Eignung der Werkstoffe und Besonderheiten beim Flammrichten	321
10.4.1	St#hle	321
	Literatur	324
11	Werkstoffe und ihr Verhalten beim Schwei#en	325
11.1	Einteilung der Werkstoffe	325
11.1.1	Metallische Werkstoffe	325
11.2	Schwei#en von unlegierten Baust#hlen	331
11.2.1	Chemische Zusammensetzung der Maschinenbaust#hle	333
11.3	Schwei#en von Feinblechen	336
11.3.1	Spezieller Informationsteil zum Feuerverzinken	337
11.4	Schwei#en h#herfester Baust#hle (Feinkornbaust#hle)	344
11.4.1	Schwei#en der Feinkornbaust#hle	349
11.4.2	Schutzgase nach DIN EN ISO 14175 zum MAG-Schwei#en von Feinkornbaust#hlen	351
11.4.3	Spezieller Informationsteil	352
11.5	Schwei#en verschlei#fester St#hle	355
11.5.1	Schwei#zusatz f#r Hartauftragungen	358
11.6	Schwei#en von Betonst#hlen	359
11.6.1	Feuerverzinkte und nichtrostende Betonstahlg#ten	364
11.6.2	Spezieller Informationsteil	365
11.7	Schwei#en von Einsatz- und Verg#tungsst#hlen	368
11.8	Schwei#en warmfester St#hle	371
11.8.1	Schwei#technische Hinweise	374
11.8.2	Vorw#rm- und Zwischenlagentemperatur	375
11.8.3	W#rmenachbehandlung	375

11.9	Schweißen kaltzäher Stähle	377
11.9.1	Schweißen der kaltzähen Stähle	381
11.10	Schweißen der nichtrostenden (hochlegierten) Stähle	385
11.10.1	Schweißen nichtrostender, ferritischer Stähle	386
11.10.2	Schweißen nichtrostender, martensitischer und ausscheidungshärtender Stähle	388
11.10.3	Schweißen nichtrostender, austenitischer Stähle	390
11.10.4	Schweißen der unstabilierten, austenitischen Stähle	395
11.10.5	Schweißen der stabilisierten, austenitischen Stähle	396
11.10.6	Schweißen der vollaustenitischen Stähle	397
11.10.7	Allgemein gültige Regeln beim Schweißen nichtrostender Stähle	398
11.11	Schweißen von Duplexstählen	399
11.11.1	Empfehlungen zum Schweißen der Duplexstähle	400
11.12	Schweißen der hitzebeständigen Stähle	402
11.12.1	Empfehlungen zum Schweißen der ferritischen, hitzebeständigen Stähle	405
11.12.2	Empfehlungen zum Schweißen der austenitischen, hitzebeständigen Stähle	405
11.13	Schweißen der (hoch)warmfesten Stähle	407
11.14	Schweißen von Stahlguss und Gusseisenwerkstoffen	407
11.14.1	Schweißen von Stahlguss und Eisengusswerkstoffen	412
11.14.2	Schweißen von Stahlguss	413
11.14.3	Schweißen der Gusseisenwerkstoffe	418
11.15	Nichteisenwerkstoffe	426
11.15.1	Schweißen von Nickelwerkstoffen	427
11.15.2	Schweißen von Aluminiumwerkstoffen	437
11.15.3	Schweißen von Kupferwerkstoffen	451
11.15.4	Schweißen von Titanwerkstoffen	465
11.15.5	Schweißen von Magnesiumwerkstoffen	472
11.16	Allgemeine Grundregeln für die Auswahl von Schweißzusätzen	473
11.16.1	Spezieller Informationsteil	475
11.17	Wärmebehandlung der Stähle	479
11.17.1	Kurzbeschreibung der Glühverfahren für Stähle	481
11.17.2	Praktische Hinweise zum Spannungsarmglühen von unlegiertem Baustahl	483
11.17.3	Spezieller Informationsteil	485
	Weiterführende Literatur	486

12	Anforderungsgerechte Gestaltung von Schweißkonstruktionen	489
12.1	Beanspruchungsgerechte Gestaltung	489
12.1.1	Statisch und dynamisch beanspruchte Bauteile	491
12.1.2	Biege- und verdrehsteife Konstruktionen	495
12.1.3	Zug- und druckbeanspruchte Stäbe	498
12.1.4	Vibrationsgerechte Gestaltung	501
12.1.5	Vakuulgerechte Gestaltung	505
12.2	Fertigungsgerechte Gestaltung	507
12.2.1	Allgemein	507
12.2.2	Nahtausführung/Konstruktion	508
12.2.3	Schweißprozess	510
12.3	Werkstoffgerechte Gestaltung	522
12.3.1	Nahtvorbereitung und Fugenform	522
12.3.2	Gestaltung bei Oberflächenbeschichtungen	523
12.3.3	Verbindungen an plattierten Blechen	526
12.3.4	Mischverbindungen	529
12.3.5	Verminderung der Terrassenbruchneigung	533
12.4	Korrosionsgerechte Gestaltung	536
12.4.1	Atmosphärische Korrosion	537
12.4.2	Lochkorrosion (Lochfraß)	538
12.4.3	Spaltkorrosion	541
12.4.4	Interkristalline Korrosion	543
12.4.5	<i>Spannungsrissskorrosion</i>	543
12.5	Prüfgerechte Gestaltung	546
12.6	Instandsetzungsgerechte Gestaltung	548
12.6.1	Allgemeines zu Instandsetzung	548
12.6.2	Verstärkungen	549
12.6.3	Riegeln	551
12.7	Mechanisierungs-/Automatisierungsgerechte Gestaltung	554
	Weiterführende Literatur	560
13	Anwendungsgerechte Gestaltung von Schweißkonstruktionen	563
13.1	Stahlbau – Trägergestaltung und Trägeranschlüsse	563
13.1.1	DIN 18800, DIN EN 1090 und DIN EN 1993	563
13.1.2	Konstruktionsmaterialien (Werkstoffe)	565
13.1.3	Prüfbescheinigungen	566
13.1.4	Tragwerke	566
13.1.5	Halbzeuge	568
13.1.6	Herstellung	569
13.1.7	Grundsätze für die Konstruktion	570
13.1.8	Vollwandträger	570
13.1.9	Aussteifungen	574

13.1.10	Fachwerkträger	577
13.1.11	Hohlprofilkonstruktionen	583
13.1.12	Rahmenecken	584
13.1.13	Trägeranschlüsse	585
13.2	Behälter-, Apparate-, Druckgefäße-, Tank- und Rohrleitungsbau	588
13.2.1	Vorschriften im Behälterbau	588
13.2.2	Herstellung der Druckbehälter	590
13.2.3	Werkstoffe für Druckbehälter	590
13.2.4	Schweißzusätze für Druckbehälter	592
13.2.5	Allgemeine Gestaltungsregeln im Druckbehälterbau	593
13.2.6	Nahtformen und Schweißnahtvorbereitungen im Druckbehälterbau	597
13.2.7	Flanschanschlüsse	598
13.2.8	Rohrverbindungen	602
13.2.9	Stutzenanschlüsse	606
13.2.10	Mäntel, Böden und Doppelmäntel für Behälter, Apparate und Tanks	607
13.2.11	Halbrohre zum Anschweißen an Behälter	614
13.2.12	Einschweißen von Rohren in Rohrböden	615
13.2.13	Rauchgasdichte Rohrwände	616
13.2.14	Bestiften (Bolzenschweißung) an leeren Rohren	617
13.3	Gestaltung von Maschinenelementen	618
13.3.1	Allgemeine Gestaltungsregeln für Maschinenelemente	618
13.3.2	Hebel, Stangen und Gabeln	619
13.3.3	Drehende Maschinenteile	622
13.4	Gestaltung im Fahrzeugbau	623
13.4.1	Schweißverbindungen im Nutzfahrzeugbau	629
13.5	Schweißen und Lötten im Luft- und Raumfahrzeugbau	637
13.5.1	Schweißprozesse im Luft- und Raumfahrzeugbau	639
13.6	Schweißen in Feinwerktechnik und Elektronik	645
	Weiterführende Literatur	653
14	Berechnung von Schweißnähten	655
14.1	Grundsätze der Schweißnahtberechnung im Maschinenbau	655
14.1.1	Belastungen von Tragwerken	656
14.2	Grundregeln für die Fugenformen von Schweißnähten	659
14.2.1	T-Stoß	659
14.2.2	Stumpfstoß	662
	Weiterführende Literatur	668

15	Schweißeigenspannungen und -verformungen	669
15.1	Entstehung von Eigenspannungen	669
15.2	Schrumpfungsarten	670
15.2.1	Beeinflussende Faktoren	670
15.2.2	Maßnahmen zur Verminderung von Schweißeigenspannungen	670
15.2.3	Bauteilverzug und Schweißfolgeplan	674
15.2.4	Abbau von Eigenspannungen	680
15.2.5	Auswirkungen von Schweißeigenspannungen	686
15.2.6	Rechnerische Berücksichtigung der Eigenspannungen	686
	Literatur	688
16	Darstellung und Ausführung von Schweißverbindungen	689
16.1	Zeichnerische Darstellung von Schweißnähten	689
16.1.1	Zusatzsymbol versetzt, unterbrochene Naht	695
16.1.2	Einseitig geschweißte Stumpfnähte mit Angabe der Wurzelüberhöhung	696
16.1.3	Mehrere Pfeillinien	696
16.1.4	Offene und geschlossene Gabel	697
16.1.5	Stumpfnähte	697
16.1.6	Kehlnähte	698
16.1.7	Bolzenschweißfolge	699
16.1.8	Stegabstände und Öffnungswinkel bei Stumpfnähten	700
16.2	Stoßarten, Fugenformen und deren Auswahl	701
	Weiterführende Literatur	705
17	Wirtschaftlichkeitsüberlegungen	707
	Weiterführende Literatur	715
18	Qualitätssicherung	717
18.1	Schweißtechnische Qualitätsanforderungen, Schweißaufsicht und Schweißverfahrensprüfungen	718
18.1.1	Schweißverfahrensprüfungen	724
18.2	Schweißen in gesetzlich geregelten Bereichen	728
18.2.1	Anmerkung Rohrleitungen	729
18.2.2	Zulassung im Bauaufsichtlichen Bereich (Stahlbau etc.)	729
18.2.3	DIN EN 1090-1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile	730
18.2.4	Zulassung im Druckbehälterbereich – HP 0 Zulassung nach AD 2000 Merkblatt	734
18.2.5	Zulassung im Schienenfahrzeugbau – Bescheinigung nach DIN EN 15085	735
18.2.6	Zulassung in der Kerntechnik	737
18.2.7	Zulassung nach DIN 2303 – Qualitätsanforderungen an Herstell- und Instandsetzungsbetriebe für wehrtechnische Produkte	737

18.3	Schweißnaht – Verfahren und Möglichkeiten der Prüfung	737
18.3.1	Zerstörungsfreie Werkstoff-/Schweißnahtprüfungen (Auswahl)	738
18.3.2	Sichtprüfung (VT = Visual Testing)	738
18.3.3	Farbeindringverfahren (PT = Penetrant Testing)	739
18.3.4	Magnetpulverprüfung (MT – Magnetic particle Testing)	742
18.3.5	Ultraschallprüfung (UT = Ultrasonic Testing)	744
18.3.6	Durchstrahlungsprüfung (RT = Radiographic Testing)	751
18.3.7	Wirbelstromprüfung (ET = Eddy Current Testing)	756
18.4	Fehlertoleranzen und Unregelmäßigkeiten von Schweißverbindungen	757
18.4.1	DIN EN ISO 5817 Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (Stahl)	758
18.4.2	DIN EN ISO 10042 Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (Aluminium)	759
18.4.3	DIN EN ISO 13920 Allgemeintoleranzen Schweißkonstruktionen	759
18.4.4	DIN EN ISO 6520 Unregelmäßigkeiten beim Schweißen – Fehlergruppeneinteilung	760
18.5	Schulung und Prüfung von Schweißern und Bedienern von Schweißeinrichtungen	766
18.5.1	Schweißprozesse	770
18.5.2	Schweißzusatzgruppe	770
18.5.3	Schweißzusätze	770
18.5.4	Schweißnahteinheiten	771
18.5.5	Prüfstellen/Prüfer	772
18.5.6	Fachkundeprüfung	772
18.5.7	Geltungsdauer/Verlängerung der Qualifikation	772
18.5.8	Geltungsbereiche	773
18.5.9	Abmessungen	775
18.5.10	Schweißpositionen	776
18.5.11	Schweißnahteinheiten	777
18.5.12	Durchführung der Schweißer-Prüfung	778
18.5.13	Schweißbedingungen (Schweißerprüfung)	779
18.5.14	Prüfverfahren (Schweißprobe)	779
18.5.15	Abnahmeforderungen (Prüfstücke)	781
18.5.16	Schweißer-Prüfungsbescheinigung	781
18.6	Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz (GABS)	783
18.6.1	Gefahrenquelle Elektrischer Strom	785
18.6.2	Gefahrenquelle Optische Strahlung	787
18.6.3	Schadstoffe beim Schweißen – Schweißbrauche	789
18.6.4	Brandschutz beim Schweißen und verwandte Verfahren	791
	Weiterführende Literatur	794

19	Anhang	795
19.1	Internationale Werkstoffvergleiche	795
19.2	Normen in der Schweißtechnik	799
19.2.1	Rechtsverbindlichkeit und Bindung technischer Normen	800
19.2.2	Haftungsrechtliche Bedeutung technischer Normen	800
19.2.3	DVS-Merkblätter und -Richtlinien	801
	Stichwortverzeichnis	803

Schweißen ist ein Fügeprozess, bei dem zwei oder mehr Teile miteinander zu einem Kontinuum verbunden werden. Dabei werden die zu verbindenden Werkstoffe unter Anwendung von Wärme oder Kraft oder beides und mit oder ohne Schweißzusatzwerkstoff hergestellt. Schweißen kann auch zum Beschichten und zum Wiederaufschmelzen benutzt werden. DIN 1910-100 definiert diese und weitere Grundbegriffe zum Schweißen.

Fügen ist nach DIN 8580 definiert als das „auf Dauer angelegte Verbinden oder sonstiges Zusammenbringen von zwei oder mehreren Werkstücken geometrisch bestimmter fester Form oder von eben solchen Werkstücken mit formlosem Stoff; dabei wird der Zusammenhalt örtlich geschaffen und im Ganzen vermehrt“.

Fügen ist die Hauptgruppe 4 in der Einteilung der *Fertigungsverfahren* nach DIN 8580, Abb. 1.1:

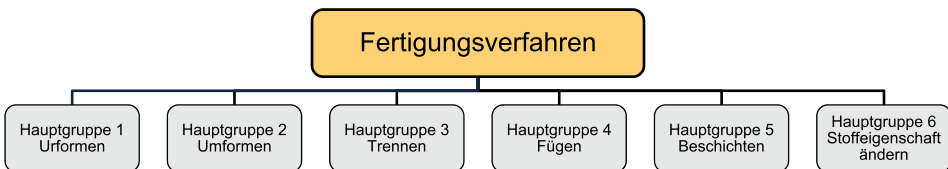


Abb. 1.1 Fertigungsverfahren nach DIN 8580

Urformen, Hauptgruppe 1, ist das Fertigen eines festen Körpers aus formlosem Stoff. Der Ausgangsstoff ist dabei flüssig, plastisch, breiig, pulverförmig oder gasförmig. Ein Zusammenhalt wird geschaffen. Bekanntestes Verfahren des Urformens ist das Gießen. Es lassen sich jedoch auch Bauteile aus reinem Schweißgut (herstellen) urformen.

Umformen, Hauptgruppe 2, beschreibt die plastische Änderung der Form eines festen Körpers. Masse und Zusammenhalt bleiben bei Volumenkonstanz erhalten. Beispiele des Umformens sind das Walzen, Freiformen und Tiefziehen.

Trennen, Hauptgruppe 3, sind alle Verfahren des Zerteilens, Abtragens oder Zerlegens. Der Zusammenhalt der Körper wird teilweise oder im Ganzen aufgelöst.

Fügen, Hauptgruppe 4, und *Beschichten, Hauptgruppe 5*, bewirken einen Zusammenhalt. Sie verbinden Werkstücke bzw. bringen eine fest anhaftende Schicht auf die Oberfläche von Werkstücken. Die wichtigsten Verfahren des Fügens sind in Abb. 1.2 dargestellt. Zum Beschichten gehören alle Verfahren des Schmelztauchens oder Lackierens (Beschichten aus dem flüssigen Zustand), aber auch Beschichten durch Schweißen, Löten, Bedampfen oder Bestäuben.

Hauptgruppe 6, Stoffeigenschaft ändern, hat als wesentliches Ziel, die Eigenschaften der Werkstoffes zu verändern. Verfestigungsstrahlen, Wärmebehandeln, *Thermo-mechanisches Behandeln, Sintern, Magnetisieren* gehören zu den Verfahren dieser Hauptgruppe. Dabei geht es um Veränderungen im submikroskopischen oder atomaren Bereich (Diffusion, chemische Reaktionen, Versetzungen im Atomgitter).

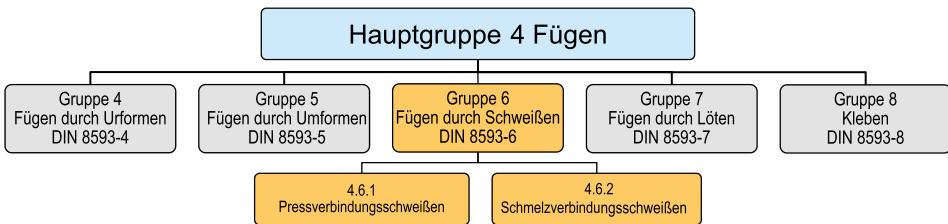


Abb. 1.2 Fügen nach DIN 8580 – ausgewählte Gruppen und Untergruppen

Der Fertigungsablauf ist bei allen Prozessen nach DIN 8580 so gestaltet, dass es eine Ausgangsform und eine Endform, ein Rohteil und ein Fertigteil gibt. Für den speziellen Prozess des Schweißens sind es im Wesentlichen drei Merkmale, die die Schweißbarkeit bestimmen. Das sind die:

- *Schweißignung*,
- Schweißmöglichkeit und
- *Schweißsicherheit*, siehe Abb. 1.3.

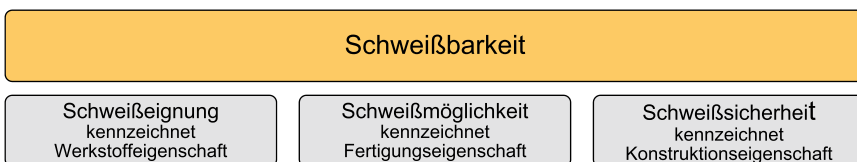


Abb. 1.3 Schweißbarkeit

In der früheren DIN 8528-1 wurden diese Begrifflichkeiten näher definiert.

Die Schweißignung ist eine Werkstoffeigenschaft. Sie ist vorhanden, wenn die chemischen, physikalischen und metallurgischen Eigenschaften des Werkstoffes ein Verbinden der Werkstoffe ohne Probleme erlauben. Während die chemische Zusammensetzung der Werkstoffe unter anderem die Rissbildung und Aufhärtungsneigung beeinflussen, bestimmen die physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe die Wärmeleitfähigkeit und Ausdehnung, Schmelzpunkt, Festigkeit und Zähigkeit. Metallurgische Eigenschaften wie Erschmelzungsart und Wärmebehandlungszustand wirken unter anderem auf die Gefügeausbildung und Korngröße.

Die Schweißmöglichkeit ist eine Fertigungseigenschaft und kennzeichnet demnach die fachgerechte Vorbereitung, Ausführung und Nachbereitung unter anderem durch Einsatz der entsprechenden Schweißprozesse. Weitere fertigungsbedingte Faktoren sind die Art der Verbindung (Stoßart, Fugenform), die Auswahl der Schweißzusätze und Hilfsstoffe, Wärmeführung (Vorwärmen, Zwischenlagentemperatur, Wärmenachbehandlung), Schweißfolge und alle mechanischen und chemischen Nachbehandlungen der Schweißnaht (Bürsten, Schleifen, Beizen, Passivieren).

Unter Schweißsicherheit versteht man die konstruktive Gestaltung, die unter den vorgegebenen Betriebs- und Belastungsbedingungen ihre Funktion erfüllen muss. Deshalb nimmt die Schweißsicherheit Einfluss auf die konstruktive Gestaltung (Kraftfluss, Nahtanordnung, Bauteildicken, Kerbwirkungen) und den Beanspruchungszustand (Temperatur, Korrosion, Art und Höhe der Spannungen).

In der früher gültigen DIN EN 14610, Schweißen und verwandte Prozesse, werden die Schweißprozesse aufgrund der physikalischen Eigenschaften beim Schmelz- und Pressschweißen nach dem Energieträger eingeteilt. Die Energieträger sind feste Körper, Flüssigkeiten und Gase, elektrische Gasentladung, Strahlung, Bewegung von Massen und elektrischer Strom. Diese Energieträger übertragen die zum Schweißen erforderliche Energie auf das Werkstück oder werden durch Umsetzen der Energie verfügbar gemacht. Beim *Hybridschweißen* werden zwei oder mehrere Schweißprozesse gleichzeitig angewendet.

Beim Schmelzschweißen werden die Fügeflächen angeschmolzen. In der Regel wird mit einem Schweißzusatz gearbeitet und keine äußere Kraft aufgewendet.

Beim *Pressschweißen* findet eine plastische Verformung statt. Es wird eine äußere Kraft aufgewendet und ohne Schweißzusatz gearbeitet.

Die nachfolgenden Kap. 2, *Schmelzschweißprozesse*, und Kap. 3, *Pressschweißprozesse*, sind entsprechend eingeteilt. Die nachfolgende Tab. 1.1 gibt eine Übersicht über die wichtigsten Schweißprozesse und deren Prozessparameter.

Tab. 1.1 Übersicht über die wichtigsten Schweißprozesse

Verfahren	Kennzahl ISO4063	Kurz- zeichen	Ab- schmelz- leistung [kg/h]	Leistungs- dichte [W/cm ²]	Schweiß- geschwindig- keit [m/min]	Blech- dicken- bereich [mm]	Auf- mischungs- grad mit GW [%]	Erforder- liche Hand- fertigkeit	Auto- matisier- barkeit	Thermi- scher Wirkungs- grad [%]	Bau- stellen- tauglich- keit	Anlagen- kosten [T€]	Bemerkung
Gasschmelz- schweißen	3	G	0,1–1,0	10 ³	0,03–0,15	0,5–8,0	5–30	sehr groß	keine	40–50	sehr gut	0,5	
Lichtbogen- handschweißen	111	E	0,2–4,0	10 ⁴	0,15–0,3	1–100	15–40	groß	keine	50–60	sehr gut	2–4	
Unterpulver- schweißen, Massivdraht	121	UP	4–16	10 ⁶	0,3–1	3–100	40–60	keine	sehr gut	85–95	bedingt	20–30	
Unterpulver- schweißen, Massivband	122	UP	2–4	10 ³	0,2–0,4	10–100	5–8	keine	sehr gut	90	bedingt	25	
Metall-Schutz- gas (13, MSG), mit Massiv- drahtelektrode	131(MIG)/ 135 (MAG)	MIG/ MAG	1–8	10 ⁵	0,2–1,8	0,6–100	25–35	mäßig	sehr gut	70	gut	6–30	a Maß 6...8 in einer Lage möglich
MAG, Fülldraht	136	MIG	3–15	10 ⁵	0,2–1,5	0,6–100	15–30	mäßig	sehr gut	60	sehr gut	6–30	
MSG, Hoch- leistungs- schweißen		MAG	10–20	10 ⁵	0,5–6	0,6–100	25–35	groß	sehr gut	70	bedingt	12–16	
Wolfram- Inertgas- schweißen (WIG)	141	WIG	0–0,6	10 ⁴	0,1–0,3	0,1–7	bis 100	groß	gut	60	bedingt	4–14	Engspalt- schweißen möglich
Mikro-WIG- Schweißen	141	WIG	0–0,1	10 ⁴	0,02–0,8	0,02–0,8	bis 100	sehr groß	gut	60	bedingt	8	

WIG-Schweißen mit Kalt-drahtzusatz	141	WIG	0,8–1,5	10 ⁴	0,1–0,4		15–25	keine	gut	50	bedingt	8–15
WIG-Schweißen mit Heißdraht	141	WIG		10 ⁴			15–25	keine	gut		bedingt	10–18
WIG-Orbitalschweißen	141	WIG		10 ⁴			bis 100	keine	sehr gut		gut	15–35
Wolfram-Plasma-schweißen, manuell	15	WP	0–0,8	10 ⁶	0,2–0,8	0,2–12	bis 100	sehr groß	K6eine	65	bedingt	7–10
Mikroplasmaschweißen	15	WP	0–0,1	10 ⁶		0,01–0,8	bis 100	sehr groß	bedingt	65	bedingt	7–10
WP-Schweißen mechanisiert, Stichloch	15	WP	0	10 ⁶	0,2–0,6	2,5–12	100	keine	sehr gut	65–70	bedingt	40
WP-Schweißen mit Kaltdrahtzufuhr	15	WP	0,8–2	10 ⁶	0,1–0,5	2–20	15–25	keine	sehr gut	50	bedingt	45
Elektronenstrahlschweißen	51	EB	0	10 ⁸	0,2–5	0,01–260	bis 100	keine	sehr gut	80	keine	50–1000 Al bis 350 mm Dicke
Laserstrahlschweißen	52	LA	0–0,3	10 ⁹	0,2–22	0,01–10	bis 100	keine	sehr gut	80	keine	50–1000 Geschw. stark dicken- abhängig
Elektro-Schlackeschweißen (RES)	72	RES	10–12	10 ⁴	0,01–0,1	10–300	5–20	keine	sehr gut	90	gut	20–40
RES-Band/Auftrag-schweißen	721	RES	2–4	10 ³	0,05–0,1	15–100	3–5	keine	sehr gut	90	gut	30–40

(Fortsetzung)

Tab. 1.1 (Fortsetzung)

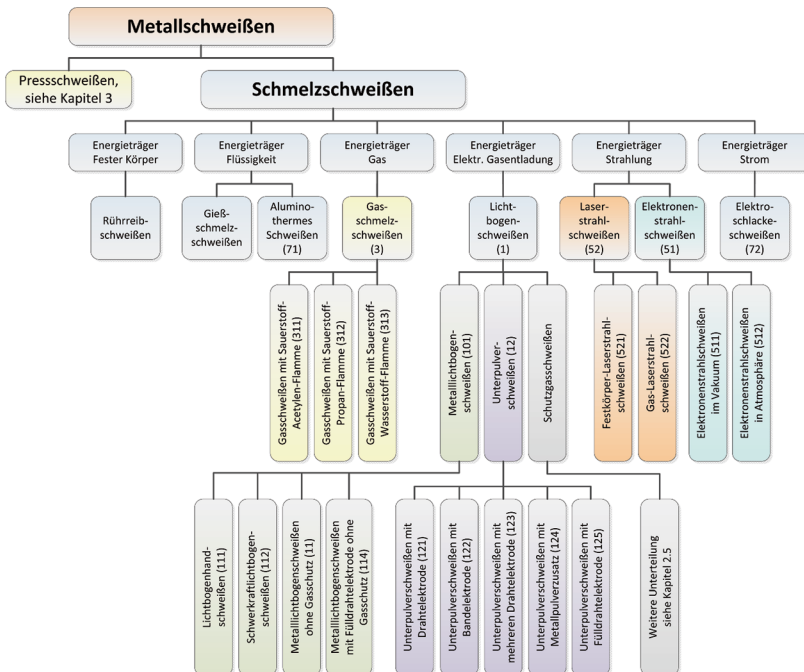
Verfahren	Kennzahl ISO4063	Kurz- zeichen	Ab- schmelz- leistung [kg/h]	Leistungs- dichte [W/cm ²]	Schweiß- geschwindig- keit [m/min]	Blech- dicken- bereich [mm]	Auf- mischungs- grad mit GW [%]	Erforder- liche Hand- fertigkeit	Auto- mati- sierbar- keit	Thermi- scher Wirkungs- grad [%]	Bau- stellen- tauglich- keit	Anlagen- kosten [T€]	Bemerkung
Elektrogas- schweißen	73	MSGG	5–10	10 ⁴	0,02–0,2	10–100	5–20	keine	sehr gut	80	gut	25	
Reifschweißen	42	FR	0		0	0,5–200	100	keine	sehr gut		keine	300– 1000	
Hochfrequenz- schweißen	27	HF	0		21–175	1,5–16	100	keine	sehr gut		keine	700– 2000	
Widerstands- punkt- schweißen	21	RP	0	10 ⁵	0	0,2–8 (20)	100	mäßig	sehr gut	75	bedingt	15–100	
Widerstands- buckelschweißen	23	RB	0	10 ⁴	0	0,5–10	100	keine	sehr gut	70	keine	15–100	
Widerstands- Rollennaht- schweißen	22	RR	0	10 ⁴	0,4–6	0,3–3	100	keine	sehr gut	65	keine	30–200	
Widerstand- sPresstumpf- schweißen	25	RPS	0	10 ⁵	0	A = 200 mm ²	100	keine	sehr gut	65	keine	30–100	
Abbrenn- stumpf- schweißen	24	RA	0	10 ⁴	0	A = 80.000 mm ²	100	keine	sehr gut	60	keine	30–2000	
Bolzen- schweißen Q < 10 mm	786	RB	0	10 ⁴	0	0,5–20	100	mäßig	bedingt	80	sehr gut	3–10	Prozess mit Spitzen- zündung
Bolzen- schweißen Q < 24 mm	783	RB	0	10 ⁴	0	3–30	100	mäßig	bedingt	85	sehr gut	6–15	Prozess mit Hubzündung

Schmelzschweißprozesse

2

Unter dem Begriff Schmelzschweißen werden die Prozesse zusammengefasst, bei denen das Schweißen bei örtlich begrenztem Schmelzfluss ohne Anwendung von Kraft mit oder ohne Schweißzusatz erfolgt. Eine Übersicht über die zu dieser Verfahrensgruppe zählenden Prozesse gibt Tab. 2.1.

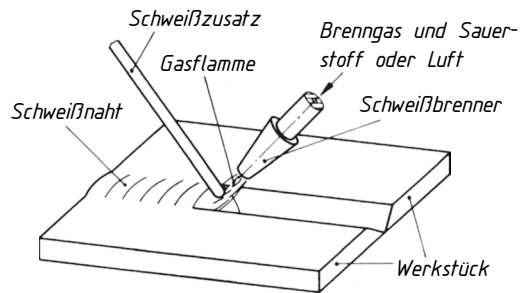
Tab. 2.1 Einteilung der Schmelzschweißprozesse nach DIN 1910-100 mit Nummern nach DIN EN ISO 4063



2.1 Gasschmelzschweißen

Beim Gasschmelzschweißen, auch autogenes Schweißen genannt, entsteht der Schmelzfluss durch unmittelbares, örtlich begrenztes Einwirken einer Brenngas-Sauerstoff-Flamme. Wärme und Schweißzusatz werden, wenn eingesetzt, getrennt zugeführt, Abb. 2.1.

Abb. 2.1 Gasschmelzschweißen
(nach DIN 1910)



2.1.1 Brenngase

Als Brenngase kommen in Betracht Acetylen, Propan, Ethen, Methan, und ggf. auch Wasserstoff. Für die Beurteilung der Verwendbarkeit zum Schweißen ist neben der erreichbaren Flammentemperatur und der Verbrennungsgeschwindigkeit die Flammenleistung von Bedeutung, siehe Abb. 9.6 im Abschn. 9.2.1 „Betriebsgase zum autogenen Brennschneiden“. Als am besten geeignetes Gas ergibt sich daraus das Acetylen. Dieses Gas erfüllt darüber hinaus noch weitere für die Anwendung wichtige Bedingungen: Es ist nicht giftig, bildet bei richtiger Brennereinstellung keine Verbrennungsrückstände in der Naht und bietet bei reduzierend eingestellter Flamme einen guten Schutz des Schmelzbades vor Oxidation.

Unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten sind noch die Explosionsgrenzen von Bedeutung, die beim Gemisch Sauerstoff/Acetylen zwischen 2,4 und 93 % Acetylen liegen. Acetylen wird heute gebrauchsfertig in Stahlflaschen in den Handel gebracht.

Infolge der Dreifachbindung ist Acetylen bereits bei Drücken über 3,5 bar bzw. höheren Temperaturen instabil. Es zerfällt mit großer Drucksteigerung und hohen Temperaturen: Acetylenzerfall.

Im Gegensatz zu anderen Gasen kann es somit nicht unter hohem Druck gespeichert werden. Ausgenutzt wird daher die sehr gute Lösungsfähigkeit des Acetons für Acetylen (bei 1 bar Druck können 25 L Gas in 1 L gelöst werden). Die zur Speicherung verwendeten Stahlflaschen werden heute mit einer hochporösen monolithischen Masse aus Calciumsilikaten oder Kunststoffgranulat gefüllt, in die sich das mit Acetylen beladene Aceton einlagert. So wird eine gleichmäßige Verteilung des Acetons im Speicherraum erreicht

und gleichzeitig vermieden, dass Lösungsmittel bei der Gasentnahme mitgerissen wird. Diese Maßnahme erlaubt auch die Erhöhung des Flaschendruckes bis auf 19 bar. In der Praxis enthält eine 40-Liter-Flasche 13 L Aceton. Bei einem Flaschendruck von 18 bar ergibt dies ein speicherbares Volumen von ca. 6000 L Acetylen, wovon 5600 L nutzbar sind.

Infolge der Lösung des Acetylens im Aceton folgt das Gas nicht den bekannten Gasgesetzen. Der in einer Flasche noch vorhandene Gasvorrat kann daher nicht aus dem Flaschendruck ermittelt werden, vielmehr ist dazu eine Wägung erforderlich.

Aus Sicherheitsgründen ist die maximale Entnahmemenge im Dauerbetrieb auf 700 L Acetylen je Stunde begrenzt, weil die Bildungsgeschwindigkeit des im Aceton gelösten Acetylens für eine Dauerentnahme keine größere Gasmenge pro Zeiteinheit freisetzt. Bei höherem Bedarf sind daher Flaschenbatterien zu verwenden. Die Flaschen tragen eine kastanienbraune (früher gelbe) Kennfarbe. Sind sie bereits mit der modernen hochporösen Füllung versehen, so sind sie zusätzlich mit einem roten Ring am Flaschenhals gekennzeichnet. Die Flaschen dürfen auch waagrecht liegend verwendet werden. Alle Flaschen sind vor Sonneneinstrahlung zu schützen. Der Anschluss der Entnahmemarmaturen an die Flasche erfolgt mit einem Spannbügel und Linksgewinde.

Nach TRAC 204 ist es nicht zulässig, für mit Acetylen in Kontakt kommende Teile Kupfer bzw. Kupferwerkstoffe mit mehr als 70 % Kupferanteil zu verwenden. Wegen der möglichen Bildung von Kupferacetylid (Cu_2C_2) besteht Explosionsgefahr.

- TRAC 204 – Acetylenleitungen (TRAC = Technische Regeln für Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager; Herausgeber: Vereinigungen der Technischen Überwachungsvereine (VdTÜV) und erarbeitet vom Deutschen Acetylenausschuss), Ausgabe 10-1990
- DIN EN ISO 9539 legt die Anforderungen an Werkstoffe fest, die für die Herstellung von Geräten für Gasschweißen, Schneiden und verwandte Prozesse notwendig sind.
- DIN EN ISO 9539 – Gasschweißgeräte – Werkstoffe für Geräte für Einrichtungen zum Gasschweißen, Schneiden und verwandte Prozesse, Ausgabe 04-2014
- DIN EN ISO 14114: Gasschweißgeräte – Acetylenflaschen-Batterieanlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren – Allgemeine Anforderungen, Ausgabe 04-2018
- DIN EN ISO 15615: Gasschweißgeräte – Acetylenflaschen-Batterieanlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse – Sicherheitsanforderungen für Hochdruckeinrichtungen, Ausgabe 02-2022
- DVS Merkblatt 0216: Rohrleitungen für Acetylen – Installationshinweise, Ausgabe 11-2011

2.1.2 Sauerstoff

Der zur Verbrennung erforderliche *Sauerstoff* wird großtechnisch durch Verflüssigung und anschließende Rektifikation aus der atmosphärischen Luft gewonnen. Er kommt in Stahlflaschen mit einem Fülldruck von 200 oder 300 bar in den Handel. Für Großverbraucher ist es günstig, den Sauerstoff flüssig in Großbehältern zu beziehen und in Kaltvergasern an Ort und Stelle in den Verbrauchszustand umzuwandeln. Nach den Gasgesetzen (Boyle-Mariotte) enthält eine 50-Liter-Flasche bei 200 bar Fülldruck 10 m^3 Sauerstoff von 1 bar.

Das in einer *Flasche* vorhandene Sauerstoffvolumen kann nach der Beziehung $Q = p \cdot V$ unmittelbar aus dem Flaschendruck ermittelt werden.

Die Kennfarbe für Sauerstoff-Flaschen ist weiß (früher blau). Der Anschluss des Druckminderers an die Flasche erfolgt über ein G $\frac{3}{4}$ " Rechts-Gewinde. Alle Teile, die mit dem Sauerstoff in Kontakt kommen, müssen unbedingt frei von Fett und Öl gehalten werden. Reiner Sauerstoff darf niemals zum Reinigen von Kleidungsstücken oder zum Belüften von Räumen bzw. Behältern verwendet werden. Sauerstoff ist schwerer als Luft und reichert Kleider und Räume von unten her an.

2.1.3 Armaturen

2.1.3.1 Druckminderventile

Der Arbeitsbereich des Brenners liegt bei 0,5 bar für das Acetylen und 2,5 bar für den Sauerstoff. Das unter wesentlich höherem Druck in den Flaschen gespeicherte Gas muss also auf diesen Arbeitsdruck entspannt werden, was üblicherweise in einem membran gesteuerten *Druckminderventil* erfolgt. Abb. 2.2 zeigt schematisch den Aufbau eines solchen Ventils. Der Ventilteller wird von zwei Federn belastet, einmal von der Schließfeder – sie ist bestrebt, das Ventil zu schließen – und über die vom Arbeitsdruck beaufschlagte Membran von der Einstellfeder, deren Spannung mit der Einstellschraube verändert werden kann und die der Schließkraft entgegenwirkt. Bei eingestelltem Arbeitsdruck herrscht Kräftegleichgewicht. Wird der Arbeitsdruck zu hoch, so drückt dieser die Membran entgegen der Wirkung der Einstellfeder nach unten und das Ventil schließt sich. Beim Absinken des Arbeitsdruckes drückt die Einstellfeder den Ventilteller gegen die Schließkraft nach oben, sodass sich das Ventil wieder öffnet. Die Reduzierung des Druckes erfolgt dabei einstufig über die Drosselwirkung des Ventilsitzes.

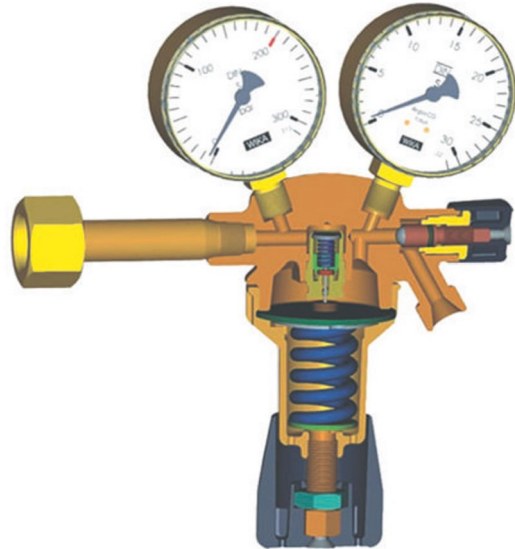
Die Druckminderer, wie auch die im Folgenden besprochenen Armaturen, müssen ihrer Gasart entsprechende Kennbuchstaben tragen, wie O für Sauerstoff, A für Acetylen oder F für andere Brenngase.

Druckminderventile sind genormt in:

- DIN EN ISO 2503 – Gasschweißgeräte – Druckregler und Druckregler mit Durchflussmessgeräten für Gasflaschen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse bis 300 bar, Ausgabe 12-2015

- DIN EN ISO 7291: Gasschweißgeräte – Hauptstellendruckregler für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse bis 30 MPa (300 bar), Ausgabe 03-2021

Abb. 2.2 Druckminderventil.
(Quelle: Werkbild CGE Rhöna)



2.1.3.2 Rückschlagsicherungen

Durch defekte Brenner kann es zu einem schleichenden Rücktritt von Sauerstoff in die Brenngasflasche kommen bzw. können Flammen in diese zurückschlagen. Um dies zu verhindern bzw. nach einem Flammenrückschlag die Zufuhr von Brenngas zu unterbinden, werden *Rückschlagsicherungen* oder Gebrauchsstellenvorlagen unmittelbar hinter dem Druckminderer in der Brenngasleitung angeordnet. Üblich sind heute trockene, druckgesteuerte Gebrauchsstellenvorlagen mit oder ohne thermische Steuerung.

Wie Abb. 2.3 zeigt, handelt es sich um federbelastete Ventile. Der Druck des durchströmenden Gases öffnet diese Ventile gegen die Federkraft. Die Flammensperre wird im Allgemeinen durch poröse Körper (Keramik, Sintermetall) gebildet. Die in der Abbildung gezeigte Nachströmsperre muss nach einem Ansprechen ausgetauscht werden. Die Fixierung des Federkörpers erfolgt mittels eines niedrig schmelzenden Lots, was eine irreversible Ventilauslösung nach Erwärmung zur Folge hat.

Rückschlagsicherungen sind genormt in:

- DIN EN ISO 5175-1: Gasschweißgeräte – Sicherheitseinrichtungen mit integrierter Flammensperre, Ausgabe 03-2018
- DIN EN ISO 5175-2: Gasschweißgeräte – Sicherheitseinrichtungen ohne integrierte Flammensperre, Ausgabe 05-2019