



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

METALLBAUTECHNIK

Fachbildung

nach Lernfeldern

10. neubearbeitete und erweiterte Auflage

Bearbeitet von
Lehrern an beruflichen Schulen und Ingenieuren

Leiter des Arbeitskreises: Gerhard Lämmlin

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 11311

Autoren

Didi, Mirja	Dipl.-Ing. (FH), M. Eng., Studienrätin	Contwig
Ignatowitz, Eckhard	Dr. Ing., Studienrat	Waldbonn
Lang, Esther	Studienrätin	Waddeweitz
Lämmelin, Gerhard	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Neustadt/Weinstraße
Marter, Roland	Studienrat	Tornesch
Noack, Sven	Dipl.-Ing.	Hamburg
Pahl, Hans-J.	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Hamburg
Thiele, Eckhard	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Wildau
Steinmüller, Armin	Dipl.-Ing.	Hamburg

Lektor und Leiter des Arbeitskreises:

Gerhard Lämmelin

Bildentwürfe und Fotos:

Die Autoren sowie Leihgaben von Firmen und Autoren anderer Werke (s. Anhang).

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, Ostfildern.

Grafische Produktionen Neumann, Rimpar

10. Auflage 2020

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern unverändert sind.

Diesem Buch wurden die aktuellen Ausgaben der Normen nach DIN, EN und ISO und der VDI/VDE-Richtlinien zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und die VDI/VDE-Richtlinien selbst.
Verlag für die Normen: Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

Verlag für die VDE-Bestimmungen: VDE-Verlag GmbH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin

ISBN 978-3-8085-1780-2

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2020 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Jürgen Neumann, Grafische Produktionen, 97222 Rimpar

Umschlag: Blick Kick Kreativ KG, 42653 Solingen

Umschlagfotos: SAAGE, Nettetal-Leuth, Schüco International KG, Bielefeld,

©Tiago Ladeira und Phoomiphat – stock.adobe.com

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort

Das vorliegende Buch umfasst alle wesentlichen Unterrichtsinhalte für **Konstruktionsmechaniker** und **Metallbauer** sowie größtenteils auch für Anlagenmechaniker. Dabei wurden diejenigen Fachrichtungen besonders berücksichtigt, die von der überwiegenden Zahl der Auszubildenden gewählt werden.

Ab der 5. Auflage wurden die Lerninhalte konsequent den Lernfeldern des Rahmenlehrplanes für Metallbauer zugeordnet. Auf eine sachlogische Strukturierung wurde dennoch größer Wert gelegt. Auch mit der vorliegenden **10. Auflage** wurde den zwischenzeitlich erfolgten, umfangreichen Änderungen im Normenwerk Rechnung getragen. Darüber hinaus wurden die Kapitel „Umformen“, „Sicherheit am Bau“, „Tore“ und „Qualitätssicherung“ aktualisiert und angepasst. Das Buch ist somit eine umfassende Quelle für alle in der Ausbildung vorkommenden Inhalte und Themen. Die berufliche Praxis der meisten Auszubildenden, für die dieses Lehrbuch bestimmt ist, kommt in den umfangreichen Kapiteln über Stahlbau, Treppen, Geländer, Schlösser, Fassaden sowie Fenster, Türen und Tore zum Ausdruck.

Einen bedeutenden Raum nehmen darüber hinaus die Grundlagenthemen der Werkstoffkunde und des Fügens ein, sodass dieses Buch auch unabhängig von den Lehrbüchern des ersten Berufsschuljahres verwendet werden kann.

In erster Linie soll dieses Lehrbuch dem Unterricht in der Berufsschule dienen, jedoch wurde bei allen dafür geeigneten Themen großer Wert auf die Verbindung zur praktischen Erfahrung des Auszubildenden im Betrieb gelegt. Durch die vertiefte Darstellung vieler Fachstufenthemen ist es daneben zur Verwendung in Meister- und Technikschulen geeignet. Bauingenieuren und Architekten kann es als eine leicht verständliche Einführung in die Theorie und Praxis der Metall- und Stahlbautechnik von Nutzen sein.

Am Ende jeder größeren thematischen Einheit befinden sich Wiederholungs- und Verständnisfragen sowie am Ende der Lernfeldabschnitte umfassende **Arbeitsaufträge**. Dort, wo es notwendig und sinnvoll ist, findet der Lernende Arbeitsregeln und Hinweise zum Schutz vor Unfällen. Über 1.600 Bilder und Tabellen unterstützen die Aussagen der Texte.

Die Autoren und der Verlag sind jedem Leser dankbar, der mit Fehlerhinweisen und Verbesserungsvorschlägen zur Weiterentwicklung dieses Buches beigetragen hat und bitten auch für die Zukunft um ihre kritische Anteilnahme an der Verbesserung dieses Lehrbuchs an:

lektorat@europa-lehrmittel.de.

Inhaltsverzeichnis	4 ... 9
Kurzinhaltverzeichnis englisch	10

Lernfelder: Herstellen von Blechteilen, Umformteilen und Konstruktionen aus Profilen

1 Umformen	11 ... 28
2 Spanen	29 ... 40
3 Mechanisches Zerteilen und thermisches Trennen	41 ... 54
4 Schraub-, Niet- und Klemmverbindungen	55 ... 72
5 Stoffschlüssige Verbindungen	73 ... 116
6 Elektrische Maschinen und Anlagen	117 ... 126
7 NC-Technik im Metallbau	127 ... 148

Lernfeld: Demontieren und Montieren von Baugruppen in der Werkstatt

8 Heben und Bewegen von Lasten	155 ... 168
9 Befestigung von Bauteilen	169 ... 180
10 Montage, Demontage und Entsorgung	181 ... 192

Lernfeld: Herstellen von Stahl- und Metallbaukonstruktionen

11 Sicherheit am Bau	195 ... 202
12 Vermessungsarbeiten am Bau	203 ... 206
13 Stahlbau und Dachkonstruktionen	207 ... 261

Lernfeld: Herstellen von Türen, Toren und Gittern

14 Türen	265 ... 282
15 Tore	283 ... 296
16 Schlösser	297 ... 312
17 Gitter und Roste	313 ... 318
18 Steuern und Regeln	319 ... 338

Lernfeld: Herstellen von Fenstern, Fassaden und Glasanbauten

19 Bauphysik	341 ... 358
20 Fenster	359 ... 376
21 Fassaden- und Glaskonstruktionen	377 ... 392

Lernfeld: Herstellen von Treppen und Geländern

22 Treppen	395 ... 412
23 Geländer	413 ... 418

Lernfeld: Instandhalten von Systemen des Metall- und Stahlbaus

24 Qualitätsmanagement	421 ... 428
25 Instandhaltung	429 ... 444

Lernfeldübergreifendes Wissen

26 Werkstofftechnik	447 ... 524
27 Kommunikation und Präsentation	525 ... 534

Inhaltsverzeichnis

Lernfelder: Herstellen von Blechteilen, Umformteilen und Konstruktionen aus Profilen				
	1 Umformen	11		
1.1 Einteilung der Umformverfahren	11	4.1 Fügeverfahren im Metall- und Stahlbau (Übersicht)	55	
1.2 Schmieden	11	4.2 Schraubverbindungen	56	
1.2.1 Technologische Grundlagen	11	4.2.1 Schraubenbezeichnung	56	
1.2.2 Schmiedeverfahren	14	4.2.2 Handelsformen und Verwendung der Schrauben	57	
1.2.3 Werkzeuge zum Schmieden	16	4.2.3 Muttern	59	
1.2.4 Kunstschrämmen und Gestaltung	17	4.2.4 Unterlegscheiben	59	
1.3 Richten	19	4.2.5 Selbsthemmung von Gewinden	59	
1.3.1 Kaltrichten	19	4.2.6 Spannschlösser	60	
1.3.2 Warmrichten	20	4.2.7 Schraubensicherungen	60	
1.3.3 Metallentspannung durch Vibration	21	4.2.8 HV-Schrauben	62	
1.4 Biegeumformen	22	4.2.9 Vorteile von HV-Schraubverbindungen im Stahlbau	62	
1.4.1 Technologische Grundlagen	22	4.2.10 Schraubenbenastände	63	
1.4.2 Biegen von Rohren und Profilen	23	4.2.11 Scher-Lochleibungs-Schraubverbindung (SL-Verbindung)	63	
1.4.3 Biegeumformen von Blech	24	4.2.12 Gleitfest vorgespannte Verbindung (GV-Verbindung)	65	
1.5 Zug- und Druckumformen	26	4.2.13 Korrosionsschutz der Schraubverbindungen	66	
1.6 Fügen durch Umformen	26	4.3 Trägerklemmverbindungen	67	
1.6.1 Falzen	27	4.4 Nietverbindungen	68	
1.6.2 Clinchen – Durchsetzfügen	28	4.4.1 Warmnietung	68	
	2 Spanen	29	4.4.2 Kaltnietung	68
2.1 Werkzeugschneide	29	4.4.3 Blindniete	69	
2.2 Einflussgrößen der Zerspanung	29	4.4.4 Fügeverfahren mit Funktionselementen	70	
2.3 Bohren	30	<i>Arbeitsauftrag: Fügen eines Windverbandes</i>	72	
2.4 Sägen	31		5 Stoffschlüssige Verbindungen	73
2.5 Fräsen	32	5.1 Schweißverfahren	73	
2.6 Herstellung von Gewinden	33	5.1.1 Gasschmelzschweißen	74	
2.6.1 Schneiden von Außengewinden	33	5.1.2 Lichtbogenschmelzschweißen	79	
2.6.2 Bohren von Innengewinden	33	5.1.3 Unterpulverschweißen	86	
2.7 Schleifen und Feinbearbeitungsverfahren	34	5.1.4 Schutzgasschweißen	87	
2.7.1 Spanungsvorgang	34	5.1.5 Wolfram-Plasmeschweißen WP	93	
2.7.2 Schleifwerkzeuge	34	5.1.6 Laserstrahlschweißen	94	
2.7.3 Arbeit mit Schleifwerkzeugen	36	5.1.7 Hybridschweißverfahren	95	
2.7.4 Schleifverfahren und Schleifmaschinen	37	5.2 Pressschweißverfahren	96	
2.8 Trennschleifen	39	5.3 Schweißverbindung	100	
2.9 Polieren und Bürsten	39	5.3.1 Schweißnaht	100	
	3 Mechanisches Zerteilen und Thermisches Trennen	41	5.3.2 Schweißspannungen	101
3.1 Keilschneiden	41	5.3.3 Schweißfolgeplan	101	
3.2 Scherschneiden	41	5.3.4 Gestaltung von Schweißverbindungen	102	
3.2.1 Prinzip des Scherschneidens	41	5.3.5 Schweißanweisung	103	
3.2.2 Offen-Schneiden	43	5.4 Schweißbarkeit von Metallwerkstoffen	104	
3.2.3 Geschlossen-Schneiden	47	5.5 Kunststoffschweißen	107	
3.3 Thermisches Trennen	49	5.6 Löten	108	
3.3.1 Autogenes Brennschneiden	49	5.6.1 Lötvorgang	108	
3.3.2 Schmelzschniden	51	5.6.2 Lötverfahren	109	
3.3.3 Laserstrahlschneiden	52	5.6.3 Lote	110	
		5.6.4 Flussmittel	111	
		5.7 Kleben	112	
		5.7.1 Kleben im Metallbau	112	

5.7.2	Wirkungsweise der Klebstoffe	112	7.9.2	CNC-Laserschneidtechnik	143
5.7.3	Arten der Klebstoffe	113	7.9.3	Wasserstrahlschneiden	143
5.7.4	Vorbehandlung der Klebeflächen	115	7.9.4	Blechbiegen, CNC-gesteuert	144
5.7.5	Gestaltungsregeln für Klebeverbindungen	115	7.9.5	CNC-gesteuerte Biegen von Rohren	145
5.7.6	Verarbeitung der Klebstoffe	115	7.9.6	Stanzen und Nibbeln mit NC-Maschinen	146
5.7.7	Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen	116	7.9.7	Komplettbearbeitung von Profilen	148



6 Elektrische Maschinen und Anlagen

117

6.1	Elektrischer Stromkreis	117
6.2	Elektromagnetismus	118
6.2.1	Elektromagnetische Induktion	118
6.2.2	Wechselstromgenerator	119
6.2.3	Transformator	120
6.3	Elektromotoren	122
6.3.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	122
6.3.2	Gleichstrommotoren	123
6.3.3	Wechselstrommotoren	124
6.3.4	Arbeit mit Elektromotoren	124
6.4	Schutz vor den Gefahren des elektrischen Stroms	125
6.4.1	Fehler an elektrischen Anlagen	125
6.4.2	Schutzmaßnahmen	125



7 NC-Technik im Metallbau

127

7.1	Informationsfluss in der NC-Technik	127
7.2	Aufbau von NC-Maschinen	128
7.2.1	Eingabeeinheiten	128
7.2.2	Verarbeitungseinheit	129
7.2.3	Ausgabeeinheiten	130
7.3	Konstruktive Merkmale von NC-Maschinen	130
7.3.1	Führungen und Spindeln	130
7.3.2	Wegmesssysteme	131
7.4	Steuerungsarten	132
7.5	Koordinatensysteme	132
7.6	Programmaufbau	133
7.6.1	Programmtechnische Informationen	133
7.6.2	Geometrische Informationen	134
7.6.3	Technologische Informationen	135
7.6.4	Zusätzliche Informationen	135
7.7	Manuelle Programmierung	136
7.7.1	Systematik der Programmerstellung	136
7.7.2	Bearbeitungsprogramm	136
7.7.3	Werkzeugbahnkorrektur	137
7.7.4	Programmierung von Kreisen	137
7.7.5	Bearbeitungszyklen	139
7.7.6	Unterprogrammtechnik	139
7.8	Maschinelle Programmierung	140
7.8.1	Programmerstellung in der Arbeitsvorbereitung	140
7.8.2	CAD/CAM-Verfahren	140
7.9	Anwendung der NC-Technik in der Metallbaupraxis	141
7.9.1	CNC-Brennschneidanlagen	141

Lernfeld: Demontieren und Montieren von Baugruppen in der Werkstatt



8 Heben und Bewegen von Lasten

155

8.1	Physikalische Grundlagen	155
8.2	Hebezeuge	159
8.2.1	Hebegeräte	159
8.2.2	Flaschenzüge	160
8.2.3	Hand-Hubzeuge	161
8.2.4	Elektrozug	162
8.2.5	Hebebühnen	162
8.2.6	Krane	162
8.2.7	Sperrewerke und Bremsen	163
8.3	Flurförderfahrzeuge	164
8.4	Befestigung von Lasten	164
8.4.1	Anschlagen von Lasten	164
8.4.2	Anschlagmittel	165
8.5	Arbeitssicherheit und Unfallschutz	168



9 Befestigung von Bauteilen

169

9.1	Befestigung mit Mauerankern und Bindemitteln	169
9.2	Befestigung mit Setzbolzen	170
9.2.1	Bolzensetzwerkzeuge	170
9.2.2	Setzbolzen	170
9.2.3	Kartuschen	170
9.3	Befestigung mit Ankern und Dübeln	171
9.3.1	Baustoff als Verankerungsgrund für Dübel	171
9.3.2	Haltemechanismen für Dübel	172
9.3.3	Belastungsart	173
9.3.4	Montagearten	174
9.3.5	Polyamiddübel (Nylondübel)	175
9.3.6	Metallspreizdübel (Schwerlastdübel)	177
9.3.7	Spreizdruckfreie Dübel	177
9.3.8	Befestigung ohne Dübel und Anker	180



10 Montage, Demontage und Entsorgung

181

10.1	Werkstattmontage	181
10.1.1	Planen der Montage	183
10.1.2	Beispiel: Montage einer Treppe in der Werkstatt	184

Inhaltsverzeichnis

10.2 Demontage	191	13.5.5 Fachwerkträger	226
10.3 Abfälle vermeiden, verwerten, entsorgen	191	13.5.6 Schwere Fachwerkträger	229
<i>Arbeitsauftrag: Herstellen und Montieren eines Französischen Balkons</i>	<i>193</i>	13.5.7 Leichtbau-Fachwerkträger	230
<i>Arbeitsauftrag: Vorbereitung einer Laufschienenbaugruppe für ein Schiebetor</i>	<i>194</i>	13.5.8 Raumfachwerke	232
Lernfeld: Herstellen von Stahl- und Metallbaukonstruktionen		13.5.9 Rahmenträger (Vierendeelträger)	233
		13.5.10 Leichtbau mit Rahmenträgern aus Hohlprofilen	234
		13.6 Trägerverbindungen	235
		13.6.1 Trägerauflager	235
		13.6.2 Trägeranschlüsse	237
		13.6.3 Trägerstöße	241
		13.6.4 Trägerbearbeitungen	243
		13.7 Aussteifungen und Abspannungen	244
		13.7.1 Aussteifungen	244
		13.7.2 Seiltragwerke	246
		13.8 Stahlhallenbau	247
		13.8.1 Dachformen und statische Systeme	247
		13.8.2 Konstruktionselemente einer Satteldachhalle	250
		13.8.3 Krananlagen in Stahlhallen	251
		13.9 Raumabschließende Bauelemente	253
		13.9.1 Stahlbetonverbunddecken	253
		13.9.2 Träger- und Profilverbunddecken	256
		13.9.3 Wände	258
		13.9.4 Dächer	260
		<i>Arbeitsauftrag: Kranbahnkonsolen einer 2-schiffigen Halle</i>	<i>262</i>
		<i>Arbeitsauftrag: Bau eines Muldenwaschplatzes</i>	<i>263</i>
Lernfeld: Herstellen von Türen, Toren und Gittern			
		14 Türen	265
		14.1 Aufbau einer Drehflügeltür	265
		14.2 Arten und Merkmale von Türen	267
		14.2.1 Einbauort	267
		14.2.2 Bewegungsart	267
		14.2.3 Bewegungsrichtung	267
		14.2.4 Bauarten von Türen	268
		14.3 Sicherheit an Automatiktüren	273
		14.4 Türen mit besonderen Funktionen	274
		14.5 Werkstoffe für Türen	278
		14.6 Türschließer	279
		14.7 Beschläge für Türen	281
		14.8 Einbau und Montage	282
15 Tore			
		15.1 Hallentore	283
		15.1.1 Drehtore	284
		15.1.2 Schiebetore	284
		15.1.3 Schiebefalttore	286
		15.1.4 Schwingtore	288
		15.1.5 Rolltore	289
		15.1.6 Sektionaltore	289
		15.1.7 Sicherheitseinrichtungen	290
		15.2 Tore für den Außenbereich	291
		Schiebetore	291

15.2.2	Drehtore	291
15.3	Sicherheit an kraftbetätigten Toren	295
15.3.1	Sicherheit bei der Planung und Auswahl von Türen und Toren	295
15.3.2	Begrenzung der Schließkräfte und Gestaltung der Hauptschließkante	296
15.3.3	Sicherheitstechnische Prüfung	296



16 Schlösser 297

16.1	Schlossarten	297
16.2	Aufbau und Funktionsweise von Falle-Riegel-Schlössern	298
16.3	Normmaße von Schlössern	299
16.3.1	Bezeichnung von Einstektschlössern	300
16.3.2	Bezeichnungsbeispiele	300
16.4	Schlosssicherungen	300
16.4.1	Buntbartschloss	300
16.4.2	Chubbschloss	301
16.4.3	Zylinderschlösser	302
16.4.4	Elektronische Zutrittskontrolle	309
16.5	Schließanlagen	311



17 Gitter und Roste 313

17.1	Bewegliche Gitter	313
17.2	Feststehende Gitter	313
17.3	Gitterroste und Roste aus Stahlblech	314
17.3.1	Anwendung und Eigenschaften	314
17.3.2	Bauarten	314
17.3.3	Aussparungen und Rand einfassungen	315
17.3.4	Korrosionsschutz	315
17.3.5	Sicherheitsroste	315
17.3.6	Normroste und Trittstufen	315
17.3.7	Verlegeplan	316
17.3.8	Stützweite	316
17.3.9	Befestigung der Roste	317
17.3.10	Bestellangaben	317
17.3.11	Sicherheitshinweise	317
<i>Arbeitsauftrag: Podest an Kesselgerüst</i>		318



18 Steuern und Regeln 319

18.1	Steuern	319
18.2	Regeln	319
18.3	Steuerungsarten	320
18.3.1	Mechanische Steuerungen	321
18.3.2	Pneumatische Steuerungen	321
18.3.3	Hydraulische Steuerungen	326
18.3.4	Elektrische Steuerungen	330
18.3.5	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	333
18.3.6	Steuerungstechnische Projekte	335
<i>Arbeitsauftrag: Planung und Ausführung einer Hauseingangstür mit Schließanlage</i>		339

Lernfeld: Herstellen von Fenstern, Fassaden und Glasanbauten



19 Bauphysik 341

19.1	Wärmeschutz	341
19.1.1	Einsparung von Heizenergie	341
19.1.2	Wärmeschutz am Bau	342
19.1.3	Grundlagen der Wärmelehre	342
19.1.4	Wärmetransport	344
19.1.5	Wärmedämmung von Gebäuden	346
19.1.6	Energieeinsparung	349
19.2	Feuchteschutz	351
19.3	Schallschutz	353
19.3.1	Entstehung des Schalls	353
19.3.2	Schallausbreitung	354
19.3.3	Schallwahrnehmung	354
19.3.4	Schallschutz im Hochbau	355
19.4	Brandschutz	357
19.4.1	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen	357
19.4.2	Brandschutzmaßnahmen	358
19.4.3	Schutz von Bauteilen aus Stahl	358



20 Fenster 359

20.1	Aufbau und Bauteile von Fenstern	359
20.2	Bauarten und Einteilung der Fenster	360
20.2.1	Konstruktionsarten	360
20.2.2	Öffnungsarten	360
20.2.3	Rahmenwerkstoffe	362
20.2.4	Fenster mit besonderen Funktionen	364
20.3	Fensterbeschläge	366
20.3.1	Dreh-Kippbeschlag	366
20.3.2	Einbruchhemmende Beschläge	368
20.3.3	Hebe-Schiebeflügelbeschlag	368
20.4	Herstellung von Fenstern	369
20.4.1	Aufmaß am Bauwerk	369
20.4.2	Zuschchnitt und Bearbeitung	369
20.4.3	Rahmenverbindung	370
20.4.4	Beschlageinbau	370
20.5	Montage von Fenstern	371
20.5.1	Klotzung der Scheiben	372
20.5.2	Verglasungssysteme	373
20.5.3	Anschluss und Befestigung am Bauwerk	373
20.6	Schaufenster und Vitrinen	376



21 Fassaden und Glaskonstruktionen 377

21.1	Einteilung und Bauarten	377
21.1.1	Warmfassaden	378
21.1.2	Kaltfassaden	379
21.1.3	Kalt-Warmfassaden(CW-Fassade)	379
21.1.4	Doppelfassade, Zweite-Haut-Fassade	380
21.1.5	Ganzglasfassaden (Structural Glazing)	380
21.1.6	Punktgeholtene Glasfassade	381
21.2	Überkopfverglasung (Schrägverglasung)	381

Inhaltsverzeichnis

21.3	Wasserabführung bei Fassaden	382	24.1.3	Qualitätsprüfung	423	
21.4	Planung, Fertigung und Montage von Fassaden	383	24.1.4	Qualitätsverbesserung	423	
21.4.1	Planungsgrundlagen	383	24.2	Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9000:2015	424	
21.4.2	Montage der Unterkonstruktion	384	24.2.1	Die acht Grundsätze des Qualitätsmanagementsystems	424	
21.4.3	Pfosten-Riegel-Montage	385	24.3	Modell eines Qualitäts-managementsystems	425	
21.4.4	Elementmontage	385	24.3.1	Verantwortung der Leitung	426	
21.5	Glasanbauten	386	24.3.2	Management der Mittel	426	
21.6	Sonnenschutz	388	24.3.3	Produkt- und Dienstleistungs-realisierung	426	
21.6.1	Innenliegende Sonnenschutzanlagen	388	24.3.4	Messung, Analyse und Verbesserung	426	
21.6.2	Äußere Sonnenschutzanlagen	389	24.4	Qualität ist nicht nur Chefsache	426	
<i>Arbeitsauftrag: Projektierung, Konstruktion und Herstellung eines Glasvordaches</i>			24.5	Qualitätsmanagement in der Schweißtechnik	427	
			24.5.1	Allgemeine Qualitätsanforderungen	427	
			24.5.2	Spezielle Anforderungen im Stahl- und Metallbau	427	
			24.5.3	Qualifizierung von Schweißverfahren	428	
			24.5.4	Qualifizierung von schweißtechnischem Fachpersonal – Schweißer und Bediener	428	
Lernfeld: Herstellen von Treppen und Geländern			25	Instandhaltung	429	
	22	Treppen	395			
22.1	Treppenarten	395	25.1	Grundlegende Begriffe	429	
22.2	Konstruktionsarten von Treppen	397	25.2	Instandhalten von Systemen im Metall- und Stahlbau	437	
22.2.1	Wangentreppen	397	25.2.1	Vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen	437	
22.2.2	Holmtreppen	397	25.2.2	Instandhaltungsvorschriften	439	
22.2.3	Spindeltreppen	398	25.2.3	Diagnostik, Fehleranalyse und Dokumentation	440	
22.3	Stufenarten	398	25.2.4	Instandhaltung von Arbeitsmitteln	443	
22.4	Bezeichnungen an der Treppe	399	<i>Arbeitsauftrag: Instandhaltung einer zweiflügeligen Feuerschutztür</i>		445	
22.5	Hauptmaße von Treppen (n. DIN 18065)	400	<i>Arbeitsauftrag: Instandhaltung einer Werkzeugmaschine</i>		445	
22.6	Konstruktionsbeispiel	401	<i>Arbeitsauftrag: Instandhaltungsstrategie</i>		445	
22.6.1	Geschoss Höhenberechnung	401	<i>Arbeitsauftrag: Wartung eines Hoftores mit kraftbetätigten Drehflügeltüren</i>		446	
22.6.2	Steigungsberechnung	402				
22.6.3	Konstruktion der Wangen	403				
22.7	Stufenverziehung bei gewendelten Treppen	405				
22.8	Anreißen von Wangen	408				
22.9	Berechnung mit Computern	408				
	23	Geländer	413			
23.1	Aufbau des Geländers	413				
23.2	Geländer in und an Wohnhäusern	414				
23.3	Industriegeländer	415				
23.4	Befestigung der Geländer	416				
23.5	biegen eines Treppengeländer-Krümmings	417				
<i>Arbeitsauftrag: Konstruktionen einer Treppe</i>						
<i>Arbeitsauftrag: Konstruktion eines Treppengeländers</i>						
Lernfeld: Instandhalten von Systemen des Metall- und Stahlbaus						
	24	Qualitätsmanagement	421	26	Werkstofftechnik	447
24.1	Aufgaben des Qualitätsmanagements	422	26.1	Übersicht der Werkstoffe	447	
24.1.1	Qualitätsplanung	422	26.2	Auswahl der Werkstoffe nach ihren Eigenschaften	448	
24.1.2	Qualitätslenkung	423	26.3	Stähle und Gusseisen	450	
			26.3.1	Roheisengewinnung und Stahlherstellung	450	
			26.3.2	Verarbeitung zu Stahlerzeugnissen	452	
			26.3.3	Normung der Stahlerzeugnisse (Formnormung)	455	
			26.3.4	Kurznamen für Stähle und Stahlguss	457	
			26.3.5	Kurznamen für Gusseisenwerkstoffe	459	
			26.3.6	Alte Kurznamen der Stähle und		

26.3.7	Gusseisenwerkstoffe	460	26.11	Kunststoffe (Plaste)	502
Werkstoffnummern für Stähle, Gusseisenwerkstoffe und Stahlguss	461	26.11.1	Eigenschaften und Verwendung	502	
26.3.8	Einteilung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe	462	26.11.2	Herstellung und innerer Aufbau	502
Einteilung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe	463	26.11.3	Technologische Einteilung	503	
26.3.9	Stähle für den Metallbau und Stahlbau	463	26.11.4	Thermoplaste	504
Korrosionsbeständige Stähle (Edelstahl Rostfrei)	465	26.11.5	Duroplaste	505	
26.3.11	Stähle für Bleche und Bänder	467	26.11.6	Elastomere	506
Stähle für Bleche und Bänder	468	26.11.7	Sonderanwendungen von Kunststoffen im Metallbau	506	
26.3.12	Maschinenbaustähle	469	26.11.8	Weiterverarbeitung der Kunststoff- Erzeugnisse	508
Werkzeugstähle	470	26.12	Verbundwerkstoffe	509	
26.3.14	Gusseisenwerkstoffe und Stahlguss	470	26.12.1	Faserverstärkte Verbundwerkstoffe	509
26.4	Innerer Aufbau der Metalle	471	26.12.2	Teilchenverstärkte Verbundwerkstoffe	510
Gefüge und kristalline Struktur	471	26.12.3	Schicht- und Strukturverbunde	510	
Innerer Aufbau und Eigenschaften	471	26.13	Hilfsstoffe	511	
Kristallgittertypen der Metalle	472	26.14	Glas und Glasbauteile	513	
Entstehung des Metallgefüges	472	26.15	Werkstoffprüfung	515	
Gefüge reiner Metalle und von Legierungen	473	26.15.1	Technologische Prüfverfahren	515	
Schmelz- und Erstarrungsverhalten	474	26.15.2	Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy	515	
Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm und Gefügearten der unlegierten Stähle	475	26.15.3	Härteprüfungen	516	
26.5	Wärmebehandlung der Stähle	476	26.15.4	Zugversuch	517
Glühen	476	26.15.5	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	518	
Härteln	477	26.15.6	Metallografische Untersuchungen	519	
Vergüten	480	26.16	Werkstoffe und Hilfsstoffe – Umwelt- und Gesundheitsschutz	520	
Härteln der Randzone	480	26.16.1	Umgang mit Werk- und Hilfsstoffen	520	
26.6	Aluminium und Aluminiumlegierungen	482	26.16.2	Recycling und Entsorgung in Metallbaubetrieben	521
Aluminium-Werkstoffe	483	26.16.3	Vermeiden von Schadstoffen	522	
Handhabung und Bearbeitung von Aluminium-Bauteilen	484	26.16.4	Gesundheitsgefährdende Stoffe im Metallbau	523	
Fügen von Aluminium-Bauteilen	484		27	Kommunikation und Präsentation	525
26.7	Kupfer und Kupferlegierungen	485	27.1	Kommunikation	525
Unlegierte Kupferwerkstoffe	485	27.1.1	Kommunikationsebenen	525	
Kupfer-Legierungen	486	27.1.2	Kommunikationsarten	525	
26.8	Weitere wichtige Metalle	488	27.1.3	Kommunikationsmodelle	527
26.9	Sinterwerkstoffe	490	27.1.4	Probleme in der Kommunikation	527
Herstellung von Sinterteilen	490	27.1.5	Kommunikationsstrategien	528	
Typische Anwendungen	490	27.1.5.1	Strategie zur Vermeidung von Konflikten „Aktives Zuhören“	529	
Hartmetalle	491	27.1.5.2	Strategie zur Beseitigung von bestehenden Konflikten „Metakommunikation“	529	
26.10	Korrosion und Korrosionsschutz	492	27.2	Präsentation	531
Elektrochemische Korrosion	492		Sachwortverzeichnis	535	
Erscheinungsformen der Korrosion	493	498	Normen und Vorschriften	556	
Korrosion bei hohen Temperaturen	494	499	500	Informationsquellen/ Anschriftenverzeichnis (Auswahl)	559
Einflussfaktoren auf die Korrosion eines Bauteils	494	501	501	Bildquellenverzeichnis	560
Auswahl der Werkstoffe nach dem Korrosionsverhalten	495				
Korrosionsschutzgerechte Konstruktion	496				
Korrosionsschutz von Stahlbauten	497				
Vorbereiten der Stahloberfläche	497				
Korrosionsschutz von Stahlbauteilen durch Feuerverzinken	498				
Korrosionsschutzbeschichtung von Stahlbauteilen	498				
Katodischer Korrosionsschutz von Stahlbauteilen	499				
Korrosionsschutz bei korrosionsbeständigen Stählen	499				
Korrosionsschutz von Aluminium- Bauteilen	500				
Korrosionsschutz bei Maschinen	501				

Kurz-Inhaltsverzeichnis englisch

learning fields: making of sheet pieces, formed parts and sectional steel structures	10 assembly, disassembly and disposal	20.3 window fittings	366
1 forming 11	10.1 shop assembly 181	20.4 window manufacture 181	369
1.1 classification of forming techniques 11	10.2 disassembly 191	20.5 window installation 191	371
1.2 forging 11	10.3 avoidance, recycling and disposal of waste 191	20.6 shop windows and showcases 191	376
1.3 straightening 19	learning field: making of steel and metal structures	21 façades and glass structures	377
1.4 bend forming 22	11 safety on site	21.1 classification and types 195	377
1.5 tensile and compression forming 26	11.1 personal protective equipment 196	21.2 overhead glazing 196	381
1.6 joining by forming 26	11.2 scaffoldings and ladders 198	21.3 façade drainage 198	382
2 machining 29	11.3 antifall roping 200	21.4 façade design, fabrication and assembly 200	383
2.1 tool edge 29	11.4 behavior in the event of fire 202	21.5 glass annexes 202	386
2.2 influencing variables in chip removal processes 29	12 surveying on site 203	21.6 sun-shading 202	388
2.3 drilling 30	12.1 alignment stage 203	learning field: making of stairs and balustrades	
2.4 sawing 31	12.2 length measurement 204	22 stairs 395	
2.5 milling 32	12.3 angular measurement 205	22.1 types of stairs 204	395
2.6 threading 33	12.4 determining building heights 205	22.2 construction types of stairs 205	397
2.7 grinding 34	12.5 determining finishing and completion heights 206	22.3 tread types 205	398
2.8 cut-off grinding 39	13 structural steelwork and roof structures 207	22.4 stairway terminology 206	399
2.9 polishing and brushing 39	13.1 structural steelwork classification 207	22.5 main dimensions of stairs 206	400
3 mechanical parting and thermal cutting 41	13.2 constructional elements 209	22.6 sample design of a stairway 207	401
3.1 wedge-action cutting 41	13.3 types of stress acting in structural components 211	22.7 turning the steps of a spiral staircase 207	405
3.2 shear cutting 41	13.4 piers 213	22.8 marking-out of stringers 220	408
3.3 thermal cutting 49	13.5 girders 220	22.9 computer calculation 220	408
4 screwed, riveted and clamped joints 55	13.6 girder connection 235	23 balustrades 413	
4.1 joining processes 55	13.7 bracing and guy ropes 244	23.1 balustrade design 231	413
4.2 screwed joints 56	13.8 industrial steel buildings 247	23.2 balustrades in and at residential buildings 232	414
4.3 clamping girder joints 67	13.9 space-enclosing structural elements 253	23.3 industrial guard-rail 233	415
4.4 riveted joints 68	learning field: maintenance of doors, gates and fences	23.4 fixing balustrades 234	416
5 self-substance joints 73	14 doors 265	23.5 bending a string wreath 235	417
5.1 welding methods 73	14.1 revolving folding-door structure 265	learning field: maintenance of structural metal and steel systems	
5.2 pressure welding methods 96	14.2 door types and features 267	24 quality management 421	
5.3 welded joint 100	14.3 security on automatic doors 273	24.1 tasks of quality management 422	
5.4 weldability of metals 104	14.4 doors with specific functions 274	24.2 quality management according to DIN EN ISO 9000:2005 424	
5.5 welding of plastics 107	14.5 door materials 278	24.3 quality management system model 425	
5.6 soldering 108	14.6 door closer 279	24.4 quality assurance is not only a matter for the boss! 426	
5.7 bonding 112	14.7 door fittings 281	24.5 quality management in welding technology 427	
6 electrical machines and devices 117	14.8 placing and assembly 282	25 maintenance 429	
6.1 electric circuit 117	15 doors and gates 283	25.1 basic terms 429	
6.2 electromagnetism 118	15.1 entrance doors 283	25.2 maintenance of structural systems in metal and steel construction 437	
6.3 electric motors 122	15.2 exterior doors 291	interdisciplinary knowledge	
6.4 Protection against the dangers of electric current 125	15.3 safety at power operated/automatic gates 295	26 materials science 447	
7 NC technology in metal construction 127	16 locks 297	26.1 general survey of materials 447	
7.1 work flow in NC technology 127	16.1 types of locks 297	26.2 choice of materials depending on their properties 298	
7.2 design of NC machines 128	16.2 design and operating mode 298	26.3 steel and cast iron 299	448
7.3 design characteristics of NC machines 130	16.3 standard dimensions of locks 299	26.4 inner structure of metals 300	450
7.4 controller types 132	16.4 door lock safety catch 300	26.5 heat treatment of steel 311	471
7.5 coordinate systems 132	16.5 master-keyed systems 311	26.6 aluminium and aluminium alloys 311	476
7.6 program structure 133	17 grills and grates 313	26.7 copper and copper alloys 313	482
7.7 manual programming 136	17.1 articulated grills 313	26.8 other important metals 313	485
7.8 machine-aided programming 140	17.2 fixed grills 314	26.9 sintered materials 314	488
7.9 using NC technology in metal construction 141	17.3 gratings 314	26.10 corrosion and corrosion protection 319	490
learning field: dismantling and assembling structural modules in the shop	18 control engineering 319	26.11 plastics 319	502
8 lifting and moving loads 155	18.1 open-loop control 319	26.12 composite materials 319	509
8.1 basic physics 155	18.2 closed-loop control 320	26.13 process materials 320	511
8.2 hoists 159	18.3 controller types 320	26.14 glass and glass components 320	513
8.3 industrial trucks 164	learning field: making of windows, façades and glass annexes	26.15 material testing 320	515
8.4 fastening loads 164	19 building physics 341	26.16 environmental and health protection 320	520
8.5 safety at work and protection against accidents 168	19.1 thermal insulation 341	27 communication and presentation 525	
9 mounting of structural components 169	19.2 moisture protection 351	27.1 communication 351	525
9.1 mounting with masonry anchors 169	19.3 noise insulation 353	27.2 presentation 353	531
9.2 mounting with studs 170	19.4 fire protection 357	subject index 535	
9.3 mounting with dowels 171	20 windows 359	further reading 556	
	20.1 window design and components 359	image references 560	

Lernfelder: Herstellen von Blechteilen, Umformteilen und Konstruktionen aus Profilen

1 Umformen

Die Fertigungsverfahren des Umformens werden häufig zusammen mit dem Zerteilen „spanlose Formgebung“ genannt, weil bei ihnen keine Späne abfallen.

Merke

Umformen ist Fertigen durch bildsames (plastisches) Ändern der Form eines festen Körpers.

Bei den Umformverfahren wird die Formänderung durch äußere Kräfte oder Momente bewirkt. Spannt man z. B. einen Blechstreifen in den Schraubstock und biegt ihn etwas, so federt er nach Entlastung zurück. Mit größerer Kraft kann man ihn bleibend verformen. Durch häufiges Hin- und Herbiegen wird der Zusammenhalt an der Biegestelle zerstört.

Das erinnert an den Zugversuch bei der Werkstoffprüfung (**Bild 1**). Auch hier kann man den Bereich der elastischen Dehnung von dem der plastischen Dehnung unterscheiden. Erhöht man die Spannung im plastischen Bereich über die Zugfestigkeit hinaus, wird der Zusammenhalt der Werkstoffteilchen zerstört. Deshalb darf beim Umformen eine bestimmte Spannung nicht überschritten werden.

Als **Werkstoffe** zum Umformen verwendet man Metalle, deren Verformungswiderstand verhältnismäßig niedrig ist. Der plastische Bereich muss ausreichend groß sein (**Bild 1**). Das sind verschiedene Stähle sowie Kupfer, Aluminium, Zink und ihre Legierungen (z. B. Titanzinkblech, s. S. 488).

1.1 Einteilung der Umformverfahren

Mit steigender Temperatur verändert sich die Plastizität der Werkstoffe, weshalb man zwischen **Kaltumformen** und **Warmumformen** unterscheidet. Nach der geometrischen Form des Werkstücks wird in **Massivumformen** und **Blechumformen** unterteilt.

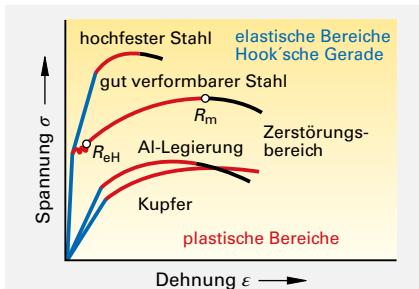
Die genormte Einteilung der Fertigungsverfahren des Umformens unterscheidet nach der im Werkstückquerschnitt auftretenden Spannung fünf Gruppen (**Bild 2**).

1.2 Schmieden

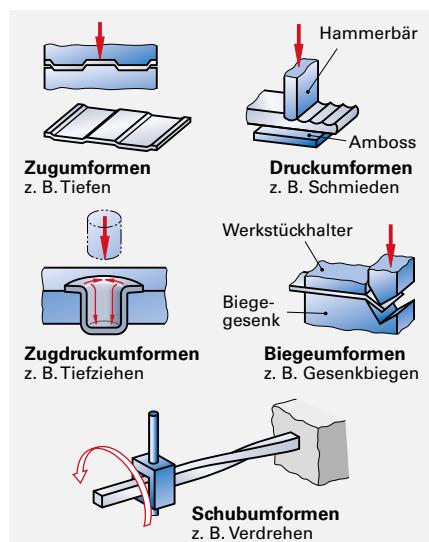
Schmieden ist eine spanlose Formänderung meist erwärmter metallischer Werkstücke durch Druckumformen zwischen zwei Werkzeugen.

1.2.1 Technologische Grundlagen

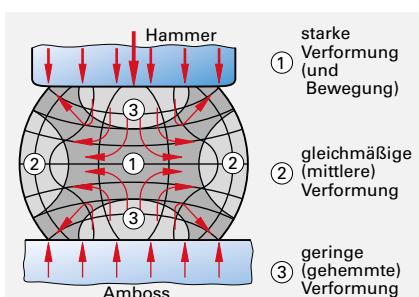
Beim Schmieden wird das in der Regel erwärmte Werkstück auf Druck beansprucht, wodurch Querschnittsveränderungen ohne Materialverlust entstehen. Die auftretenden Druck- bzw. Schubspannungen im Werkstück bewirken ein langsames Fließen der Stoffteilchen parallel zueinander. Dabei ist an den Rändern die Verformung nicht so stark wie im Inneren des Werkstücks (**Bild 3**). Gleichzeitig wird der Werkstoff auch durchgeknetet und verdichtet, wodurch sich die Festigkeit erhöht.



1 Spannungs-Dehnungs-Diagramme metallischer Werkstoffe mit ausgeprägtem elastischem und plastischem Bereich



2 Einteilung der Umformverfahren in fünf Gruppen



3 Unterschiedliche Beanspruchungen im Innern eines Werkstücks beim Schmieden

Schmiedbarkeit der Werkstoffe

Fast alle Metalle und Metallegierungen lassen sich schmieden. Werkstoffe mit großer Festigkeit müssen zur Verbesserung der Bildsamkeit auf eine höhere Temperatur gebracht werden. Besonders gut sind die geeignet, die zwischen der festen und der flüssigen Phase einen großen plastischen Bereich besitzen. Sie haben oft ein kubisch-flächenzentriertes Kristallgitter (S. 472). Es ermöglicht ein besonders gutes Gleiten der Kristalle des Werkstoffs aneinander. Neben Stahl gilt das für Kupfer und Aluminium. Den stärksten Einfluss auf die Schmiedbarkeit von **Stahl** hat der **Kohlenstoffgehalt** (Bild 1).

Merke

Mit steigendem Kohlenstoffgehalt nimmt die Härte zu, die Dehnbarkeit ab und damit wird der Stahl schlechter schmiedbar.

Schmiedetemperatur

Die Schmiedbarkeit nimmt mit steigender Temperatur zu. Sie liegt für Stahl innerhalb des Temperaturbereichs, in welchem das Gefüge sein Gitter von kubisch-raumzentriert in kubisch-flächenzentriert gewandelt hat. Beim Stahl hängt dies neben dem Kohlenstoffanteil auch von den anderen Legierungsbestandteilen ab.

Der Schmiedevorgang beginnt bei der **Schmiedeanfangstemperatur** (Tabelle). Die niedrigste mögliche Schmiedetemperatur, die **Schmiedeedendtemperatur**, liegt etwas oberhalb der **Rekristallisations temperatur**. Dort bilden sich wie bei der Wärmebehandlung (s. S. 476 ff.) die durch Kaltverformung verspannten Kristalle eines Werkstoffs neu.

Merke

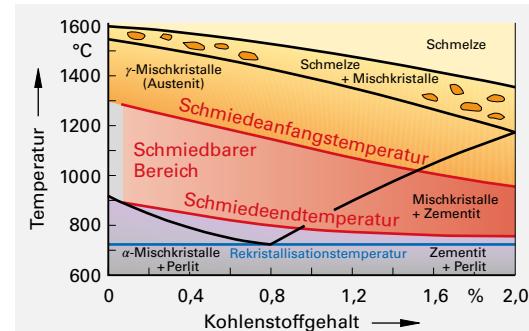
Je geringer der Kohlenstoffgehalt eines Stahls ist, desto höher kann die Schmiedeanfangstemperatur sein und desto größer ist der Temperaturbereich des Schmiedens.

Beim Erwärmen von Stahl lassen sich die Temperaturstufen ziemlich genau an den **Glühfarben** erkennen (nebenstehende Tabelle und Bild 1).

Vorteile des Schmiedens

Kleine und mittelgroße Schmiedeteile werden aus gewalztem Material hergestellt. Es besitzt eine faserähnliche Gefügestruktur (Textur), wodurch die **Festigkeit** gegenüber dem Gussgefüge erhöht wird (Bild 2). Beim Schmieden bleibt diese **Faserstruktur** grundsätzlich erhalten, das Gefüge wird gleichmäßig feinkörnig und dadurch noch fester. Bei spanenden Verfahren wird durch die Formgebung dieser Faserverlauf unterbrochen und die Festigkeit verringert (Bild 3).

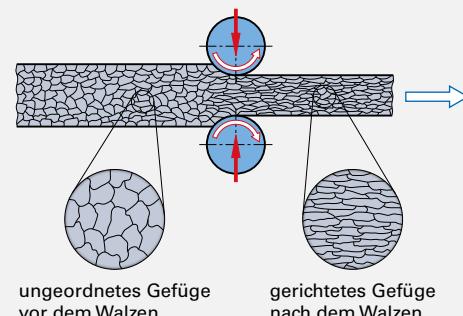
Außerdem erhalten die Werkstücke beim Schmieden annähernd ihre Fertigform, wodurch im Vergleich zum Spanen eine Werkstoffersparnis erreicht wird.



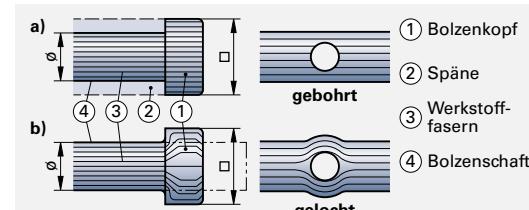
1 Abhängigkeit des Schmiedebereichs bei unlegiertem Stahl vom Kohlenstoffgehalt, dargestellt im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm

Schmiedetemperaturen und Glühfarben

Werkstoff	Anfangs-temperatur	End-temperatur	
Baustahl Fe 360 B	1250 °C	780 °C	
unlegierter Werkzeugstahl	1000 °C	800 °C	
Schnellarbeitsstahl	1150 °C	900 °C	
Messing, Kupfer, Bronze	700 °C	500 °C	
Aluminium	500 °C	300 °C	
dunkelrot	650 °C	gelbrot	900 °C
kirschrot	750 °C	dunkelgelb	1050 °C
hellkirschrot	800 °C	hellgelb	1150 °C
hellrot	850 °C	weißgelb	1300 °C



2 Entstehung einer Faserstruktur im Gefüge von vorgewalztem Stabstahl und Knüppeln



Werkstoffeinsparung:

- a) Herstellung durch Drehen und Fräsen
- b) Herstellung durch Schmieden (Stauchen)

3 Vergleich des Walzfaserverlaufs von geschmiedeten und spanend hergestellten Werkstücken

Erwärmung der Schmiedestücke

Beim Erwärmen dehnt sich der Werkstoff aus und mit steigender Temperatur verringern sich die Zusammenhaltskräfte der Stoffteilchen, das Material wird bildsam (plastisch). Eine „Wärme“ (gelegentlich auch „Hitze“ genannt) ist die zugeführte Energie, die bis zur nächsten Erwärmung die Schmiedbarkeit gewährleistet.

Dünne Bereiche von Schmiedestücken werden schneller warm als dicke. Bei massiven Teilen besteht die Gefahr, dass die Randzonen schon erwärmt sind, während der Kern noch kalt ist. Zu starke Temperaturunterschiede zwischen den Teilen eines Schmiedestücks sind zu vermeiden, um Spannungsrisse zu verhindern.

Merke

Schmiedestücke müssen langsam und gleichmäßig erwärmt und gegebenenfalls auch so abgekühlt werden.

Der **Schmiedeherd** mit offenem Feuer ist die einfachste Möglichkeit, Werkstücke auf Schmiedetemperatur zu bringen (**Bild 1**). Verbrannt werden Schmiedekohle, Koks und in besonderen Fällen auch Holzkohle. Oft werden auch gasbefeuerte und damit temperaturgeregelte Öfen genutzt.

Merke

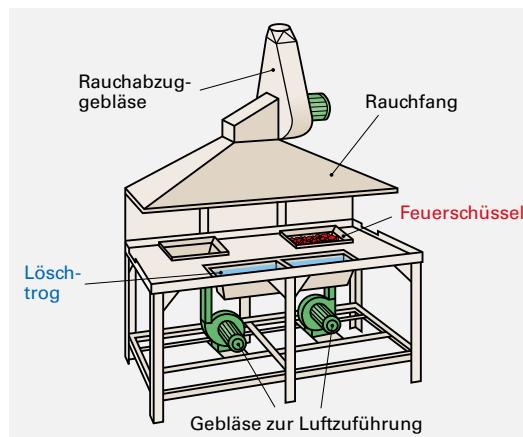
Das Erwärmen des kohlenstoffhaltigen Stahls führt zur **Verzunderung** der Oberfläche.

Der beim Erwärmen des Werkstücks im Feuer entstehende **Abbrand** (Zunder) vermindert das Volumen des Werkstücks.

- Ab 300 °C entsteht eine dünne Anlaufschicht.
- Zwischen 500 °C und 700 °C bildet sich eine dicke, feste Korrosionsschicht, die Zunderschicht (Hammerschlag). Sie bleibt bis 900 °C fest.
- Von 900 °C ... 1000 °C fällt die Zunderschicht ab und entsteht sofort wieder neu.
- Ab ungefähr 1200 °C verbrennt der Stahl.
- Beim Überhitzen oder zu langem Erwärmen des Stahls vergröbert sich das Gefüge.

Maschinen zum Schmieden

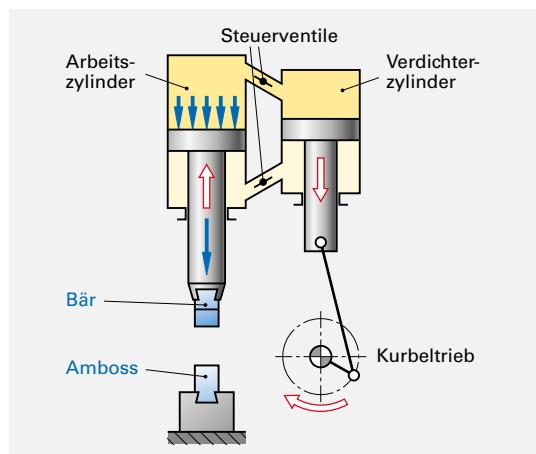
Schmiedepressen oder **Maschinenhämmer** (**Bild 2**) ersetzen die Muskelkraft. Der Hammer wird hier **Bär** genannt. Seine Masse beginnt bei ca. 30 kg. Die Kraft des Bären entsteht durch die Fallbeschleunigung. Zusätzliche Kräfte auf den Bären werden durch pneumatische und für besonders leistungsfähige Maschinen durch hydraulische Systeme aufgebracht. Dadurch können die erforderliche Schlagkraft sowie die Hubzahl genau eingestellt werden. Beim **Lufthammer** wird der Kolben des Verdichters durch einen Motor über einen Kurbeltrieb auf und ab bewegt (**Bild 3**). Dabei wird der Bär gehoben oder die Luft verdichtet. Durch Wegeventile wird die Bewegung des Bären gesteuert.



1 Doppel-Schmiedeherd



2 Luft-Schmiedehammer



3 Prinzipdarstellung eines Lufthammers

Kunstschrämmedemaschinen und **Profilwalzen** (Bild 1 und Bild 2) dienen zum Fertigen bestimmter Formen, wie z. B. Oberflächenstrukturen oder Stabenden (Bild 3). (Bild 3).

1.2.2 Schmiedeverfahren

Neben den Umformverfahren benutzt der Schmied auch solche, die zu anderen Hauptgruppen der Fertigungsverfahren gehören (z. B. Abschrotzen zum „Trennen“ oder Feuerschweißen zum „Fügen“).

Die Vielseitigkeit der Formen beim **Freiformschmieden** im Vergleich zum Gesenkschmieden bedingt, dass eine scharfe Trennung der einzelnen Verfahren während der Fertigung eines Werkstücks nicht sinnvoll ist.

Grundsätzlich bestimmt die Hammerführung und die verwendete Seite des Hammerkopfes die Wirkung. Die Eindringtiefe der **Hammerbahn** ist gering. Die Aufschlagkraft des Hammers verteilt sich als Druck auf die gesamte getroffene Fläche. Es entsteht Flächenpressung und der Werkstoff fließt gleichmäßig nach allen Seiten (Bild 4).

Beim Schlag mit der **Hammerfinne** sind die Flächenpressung und die Eindringtiefe größer. Der Werkstoff fließt vorwiegend nach zwei Seiten (Bild 4). Werden die Schläge aneinander gereiht, vergrößert sich die Länge des Werkstücks.

Beim **Strecken** eines Werkstücks wird vor allem die Länge vergrößert und die Höhe verringert. Neben der Hammerfinne können auch die Ambosskante und der **Kehlhammer** zum Strecken benutzt werden (Bild 5).

Breiten

Der Werkstoff wird quer zur Richtung der Walzfaser vorangetrieben, die Höhe des Werkstücks nimmt ab (Bild 6).

Spitzen

Der Querschnitt verringert sich gleichmäßig von allen Seiten bis zu einer Spitz (Bild 1, Seite 15).

Absetzen

Beim Absetzen wird ein Teil der Oberfläche heruntergeschmiedet, sodass am Werkstück ein Absatz entsteht. Vor dem Absetzen wird die Übergangsstelle eingekehlt (Bild 2, Seite 15).

Stauchen

Beim Stauchen eines Werkstücks wird der Querschnitt vergrößert und die Länge verringert. Häufig werden Wülste angestaucht (Bild 3, Seite 15).

Gestaucht werden größere Werkstücke auf dem Stauchamboss, der etwas tiefer liegt als die Ambossbahn. Aus Sicherheitsgründen steht dann der Schmied so, dass sich der Amboss zwischen ihm und dem Stauchamboss befindet. Seitlich steht der Zuschläger.



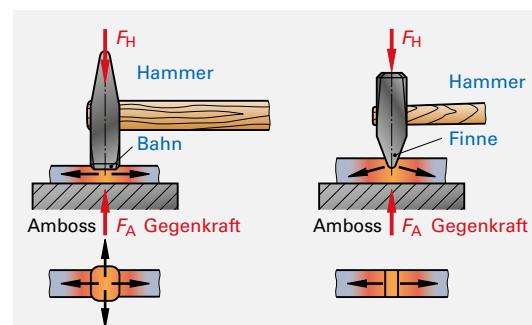
1 Schmiedegerät für Stabenden



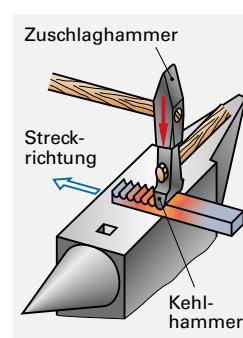
2 Profilwalzen für angeschmiedete Stabenden



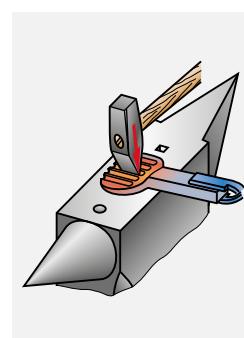
3 angeschmiedete Stabenden und geprägte Oberflächen



4 Wirkung von Hammerbahn und -finne



5 Strecken



6 Breiten

Kehlen

Damit werden Kerben und rinnenartige Vertiefungen im Werkstück hergestellt. Es kann entweder einseitig mit dem **Kehlhammer** alleine oder zwei-seitig mit einem zusätzlichen Kehlschrot gearbeitet werden. Beim Kunstschnieden dient Kehlen auch dem Verzieren (**Bild 4**).

Abschroten

Dieses Schmiedeverfahren wird zum Abtrennen von Teilen des Werkstücks angewandt. Neben dem **Schrothammer** wird der in den Amboss eingeschobene **Abschrot** verwendet (**Bild 5**). Beim einschneidigen Abschroten von kleinen Teilen wird nur eines dieser Werkzeuge benutzt.

Spalten

Hiermit trennt man Schmiedestücke vom Ende her in Längsrichtung auf (**Bild 6**). Bei Kunstschniedearbeiten wird häufig gespalten. Auch Widerhaken an Mauerankern werden durch Spalten geformt. Als Werkzeug dient der **Schlitzhammer**, der auch beim **Schlitzen** (**Bild 7b**) verwendet wird.

Lochen

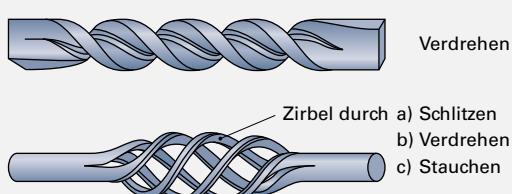
Dadurch werden beliebig geformte Durchbrüche, meist runde Löcher, in Schmiedestücke eingefertigt. Als Werkzeuge dienen **Lochhämmere** und **Dorne** mit verschiedenen geformten Querschnitten (**Bild 7**). Vorgearbeitet wird mit dem Schlitzhammer. Das Fertiglochen mit dem Dorn geschieht häufig auf der Lochplatte.

Torsieren

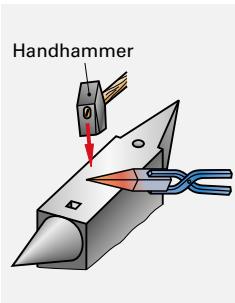
Es ist die am meisten verbreitete Methode zur Verzierung von Stäben (**Bild 8**). Zum Verdrehen von Stäben um ihre Längsachse müssen diese in erwärmtem Zustand an einem Ende eingespannt werden. Als Werkzeuge zum Verdrehen dienen Dreh- oder Torsiereisen.

Feuerschweißen

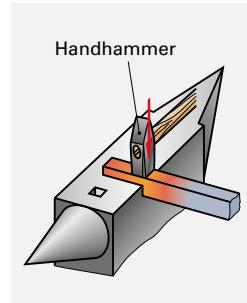
Zuerst müssen möglichst große Flächen an der Verbindungsstelle geschaffen werden. Dann werden die Teile auf eine Temperatur knapp unterhalb des Schmelzpunktes erwärmt, mit Flussmittel (Sand) von Oxiden befreit und durch Hammerschläge zusammengepresst. Dadurch verschweißen die Teile miteinander.



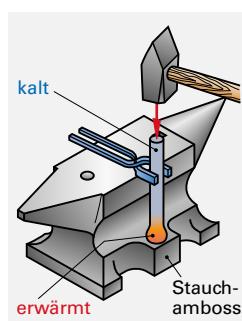
8 Torsieren



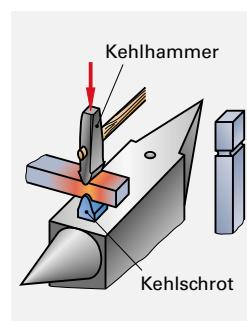
1 Spalten



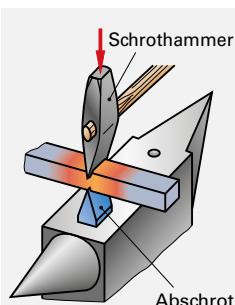
2 Abschroten



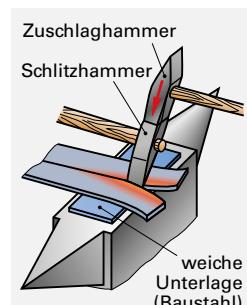
3 Stauchen



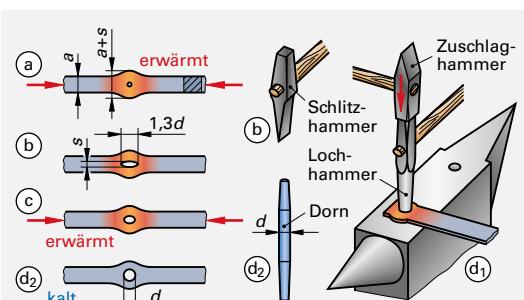
4 Kehlen



5 Abschroten



6 Spalten



7 Lochen mit Dorn und Schlitzhammer a) Körnen und Stauchen, b) Schlitzen, c) Vorlochen und Stauchen, d) Fertiglochen

Gesenkschmieden

Merke

Beim Gesenkschmieden sind die Formen der Fertigteile negativ in den Werkzeugen enthalten. Der Werkstoff kann sich nur innerhalb der Wirkflächen bewegen.

Gesenkschmieden ist ein Verfahren der industriellen Massenfertigung. Beim Schmieden von Hand in der Werkstatt gibt es nur wenige **Hilfsgesenke** mit entsprechenden Hämtern, in denen einfache Formen schneller und genauer geschmiedet werden können als durch das auf den vorigen Seiten beschriebene Freiformschmieden (**Bild 1** und **Bild 2**).

1.2.3 Werkzeuge zum Schmieden

Der **Amboss** verfügt durch seine große Masse über eine hohe Trägheit, d. h. er nimmt die Hammerschläge auf, ohne sich zu bewegen. Er übt somit die **Gegenkraft** aus. Die Ambossbahn ist gehärtet und mit dem Ambosskörper verbunden (**Bild 3**). Die Löcher auf der Bahn dienen der Aufnahme von **Hilfswerkzeugen** (**Bild 4**).

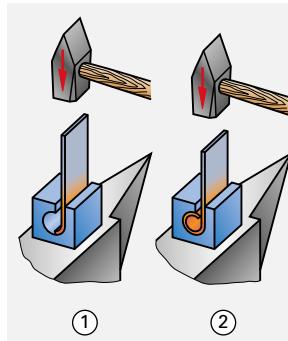
Schmiedehämmer haben eine leicht gewölbte Bahn und eine abgerundete Finne. **Handhämmer** werden einhändig geführt. Ihre Masse beträgt 1 kg bis 2 kg (**Bild 5**).

Zuschlaghämmere werden beidhändig geführt. Sie haben die Masse von 3 kg bis 15 kg. Ihre Form entspricht dem Handhammer oder wird als Kreuzzschlaghammer (Finne in Stielrichtung) gestaltet. **Hilfshämmer** (**Bild 6, Seite 15**) werden vom „**Vorschmied**“ gehalten und vom „**Zuschläger**“ vorgetrieben. Ihre Stiele sitzen lose, um Prellschläge zu vermeiden.

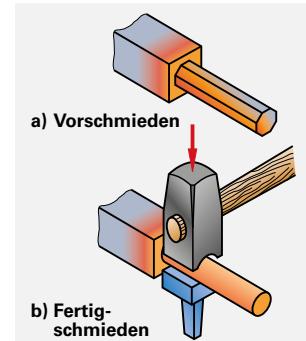
Kleine Schmiedestücke lassen sich nur mit **Zangen** sicher halten. Deshalb muss für die verschiedenen Formen der Werkstücke die geeignete Zange vorhanden sein (**Bild 6**). Um die Hand nicht zu ermüden, kann ein Spannring über die Schenkel der Zange geschoben werden.

Zu den Werkzeugen des Schmiedens gehört auch ein geschmiedeter **Schraubstock**, der stabiler ist als der gegossene des Mechanikers.

Ein spezielles Prüfmittel ist die **Schmiedelehre** (**Bild 7**). Da die erforderliche Genauigkeit beim Freiformschmieden von Hand gering ist, genügt für andere Längenmaße die Übertragung durch den Taster oder ein Stahl-Bandmaß.



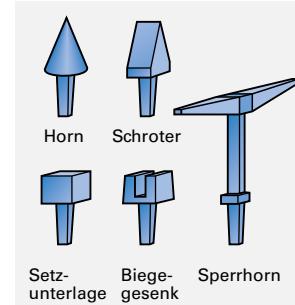
1 Einrollen eines Gelenkauges für ein Torband im Gesenk



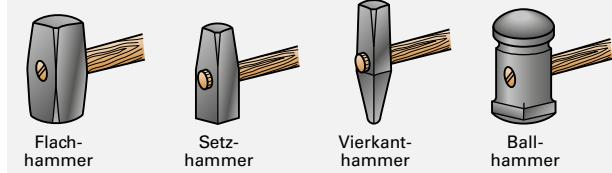
2 Schmieden eines Rundzapfens im Gesenk



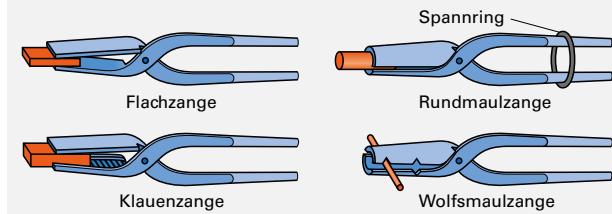
3 Amboss



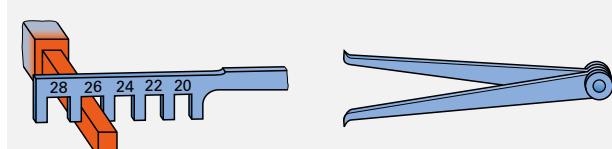
4 Hilfswerkzeuge zum Amboss



5 Schmiedehämmer (kleine Auswahl)



6 Zangen (kleine Auswahl)



7 Schmiedelehre und Taster

1.2.4 Kunstschrnieden und Gestaltung

An vielen historischen Erzeugnissen des Schmiedehandwerks ist erkennbar, dass bei ihrer Gestaltung nicht nur der Gesichtspunkt der Zweckmäßigkeit entscheidend war. Oft wird auch ein ästhetischer Gestaltungswille deutlich, in dem der vom jeweiligen Stil der Zeit geprägte Sinn für Schönheit zum Ausdruck kommt. Neben rein technisch-funktional bestimmten Werkstücken, wie z. B. Mauerankern oder Torbeschlägen, muss der Metallbauer häufig auch Arbeiten ausführen, die neben der Beherrschung der traditionellen Schmiedetechnik ein gewisses Gestaltungsvermögen voraussetzen.

Merke

Metallgestaltung ist das Verarbeiten von Stahl und anderen schmiedbaren Metallen durch Metallbauer und Schmiede unter hauptsächlich künstlerisch-gestalterischen Gesichtspunkten.

Dazu gehört z. B. die Fertigung von Gittern, Geländern und Toren, aber auch die Anfertigung von Grabzeichen, Beschlägen und verschiedenen Geräten.

Sollen diese Arbeiten vom Entwurf bis zur Aufstellung individuell und nur in Handarbeit ausgeführt werden, wie es dem traditionellen Selbstverständnis der Kunstschrniede entspricht, so erfordert dies viel Zeit und die Stücke werden sehr teuer. Sie erfüllen dann meistens repräsentative Funktionen oder entstehen bei der Wiederherstellung historischer Gebäude oder Anlagen (**Bild 1**).

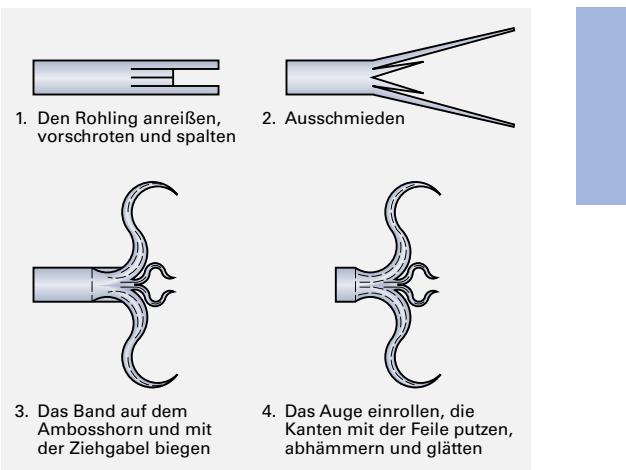
Um die Wünsche nach künstlerischer Ausgestaltung von z. B. Geländern in Wohnhäusern zu erschwinglichen Preisen zu erfüllen, bieten Industriebetriebe eine große Auswahl von Einzelteilen und ganzen Baugruppen an. Sie sehen wie traditionelle Kunst-Schrniedearbeiten aus, werden aber maschinell gefertigt und können vom Metallbauer mit einfachen Techniken montiert werden (**Bild 2**). Auch hier sollte sich die Auswahl der Elemente am Stil der Gesamtanlage orientieren. Selbst die Einzelarbeit eines Kunstschrnieds ist als Kundenwunsch abgestimmt (**Bild 3**). Ein Auftrag ohne gestalterische Vorgaben, eine sogenannte „freie Arbeit“ wie z. B. die Fertigung eines Grabkreuzes, muss im Ergebnis ebenso in das Gesamtbild passen.

Merke

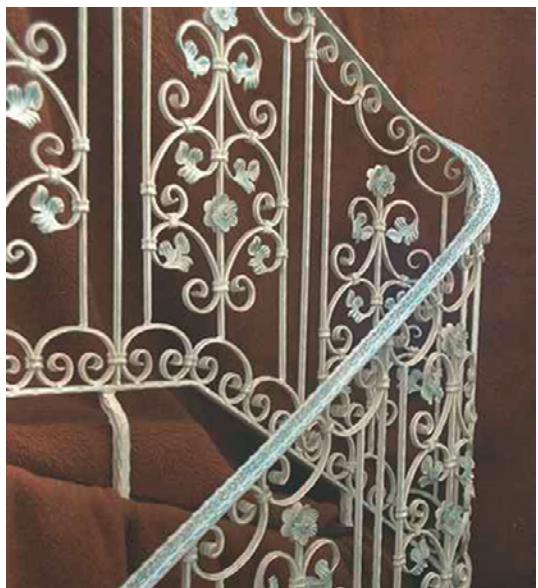
Die bei der Metallgestaltung gewählten Formen gehören zum künstlerischen Stil bestimmter Epochen und sollten zum Bauwerk passen.

Einflüsse auf die Gestaltung haben außerdem:

- die Umgebung, deren Teil das Schrnedestück ist;
- der mögliche finanzielle und zeitliche Aufwand;
- die Fähigkeiten des Schrnedes, seine Arbeitsverfahren und Einrichtungen;
- die Bau- und Sicherheitsvorschriften.



1 Schmieden eines Zierbandes



2 Industrielle Schrnedeteile



3 Bogen mit Geschäftshinweis

Gestaltungselemente

Einzelne Bauteile an Gittern und ähnlichen Schmiedeerzeugnissen kehren immer wieder und prägen damit das Gesamtbild der Anlage.

Bunde waren ursprünglich reine Befestigungselemente, dienen jetzt aber meist zur Zierde. Bundprofile werden aus Flach- oder Rundstahl in Geisenken geschmiedet. Mithilfe des Bundschließers werden sie nach erfolgter Montage der Gitterstäbe dauerhaft geschlossen (**Bild 1**).

Rosetten dienen zur Bildung von ornamental aufgelockerten Flächen. Kennzeichnend ist ein Zier niet in der Mitte. Durch Kehlen, Stauchen und Hämmern wird die Fläche gestaltet (**Bild 2**).

Stabkreuzungen stabilisieren das Gitter, können ihm aber gleichzeitig eine stilistische Ausprägung geben (z. B. symmetrisch oder asymmetrisch). Die Stäbe können übereinanderlaufen oder werden durchgesteckt wie in **Bild 3**.

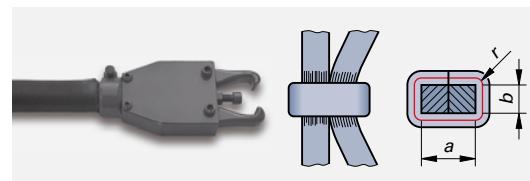
Stabenden werden besonders bei Zäunen genutzt, um die Oberkante zu betonen, aber auch, um unbefugtes Übersteigen zu erschweren (**Bild 3**).

Stilepochen

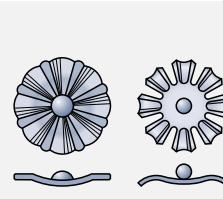
Die charakteristischen Gestaltungselemente der einzelnen Stilepochen sind vor allem bei Restaurierungsarbeiten zu beachten. Die mittelalterlichen Stile **Romanik** (1000-1250) und **Gotik** (1200-1500) greifen vielfach auf Naturformen zurück (**Bild 4**). Der **Renaissancestil** (1500-1650) greift antike Formen auf, während der **Barock** (1650-1750) und das **Rokoko** (1725-1780) üppiges bzw. verschönkeltes Rankenwerk vorziehen (**Bild 5**). Der **Klassizismus** (1779-1850) lehnt an den griechischen Tempelbau an (**Bild 6**). Der **Historismus** (1850-1900) ist ein „Best of“ vergangener Stile und wurde vom **Jugendstil** (um 1900) mit seinen gebogenen Linien abgelöst (**Bild 7**). In der **Moderne** (seit 1900) gibt es keinen einheitlichen Stil mehr. Von der freien Gestaltung bis zu streng geometrischen Formen reicht die Skala der Möglichkeiten (**Bild 8**).

Überprüfen Sie Ihre Kenntnisse

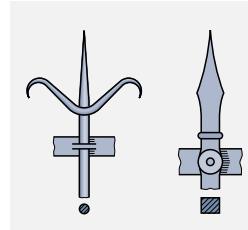
- 1 Beschreiben Sie die Eigenschaft Schmiedbarkeit.
- 2 Welche Metalle sind gut schmiedbar und warum?
- 3 Warum ist ein großer Abstand zwischen Anfangs- und Endtemperatur beim Schmieden vorteilhaft?
- 4 Warum ist Gusseisen nicht schmiedbar?
- 5 Beschreiben Sie vier Schmiedeverfahren und die dazugehörigen Werkzeuge.
- 6 Unterscheiden Sie die Arbeit eines Schmiedes von der eines Metallbauers bei der Fertigung eines Gitters.
- 7 Erläutern Sie anhand der Stabenden von **Bild 3** die erkennbaren Arbeitstechniken und ihre Abfolge.



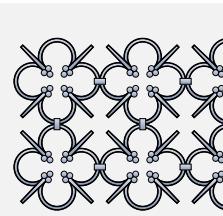
1 Bundschließer und Bund



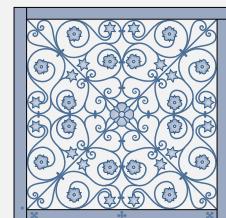
2 Beispiele für Rosetten



3 Stabkreuzungen und -enden



4 Gotisches Gitter



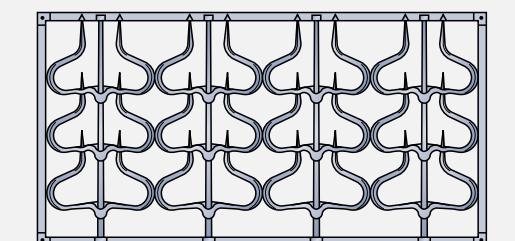
5 Barockes Schmuckgitter



6 Klassizismus-Gitter



7 Jugendstil-Gitter



8 Gitter in moderner Gestaltung

1.3 Richten

Halbzeuge wie Rohre, Bleche oder Profilstähle sind oft verzogen, gewellt oder ausgebeult. Ursache der Verformung sind die ungleichmäßige Abkühlung nach dem Warmwalzen oder ein unsachgemäßes Transport. Auch die Schweißspannungen bei fertigen Werkstücken bewirken unerwünschte Verformungen. Vor der Weiterverarbeitung müssen Flächen und Kanten wieder gerade und eben gerichtet werden.

Merke

Richten ist das Beseitigen unerwünschter Verformungen, die durch mechanische Beanspruchungen oder Wärmeinwirkung an Halbzeugen oder Bauteilen entstanden sind.

1.3.1 Kaltrichten

Der Richteffekt entsteht durch das Strecken kurzer sowie das Stauchen langer Partien. Voraussetzung für den Einsatz dieses Verfahrens ist die Zugänglichkeit an der zu richtenden Stelle sowie die Eignung des Werkstoffes.

Merke

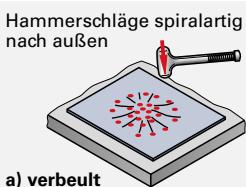
Das Kaltrichten erfolgt ohne Erwärmung mithilfe äußerer Kräfte.

Das Gerade-Richten eines verbogenen Winkelprofils wird durch Streckung des Materials erreicht (**Bild 2**). Deshalb muss hier durch sorgfältig geführte Hammerschläge mit der Hammerfinne der Werkstoff auf der konkaven Seite gestreckt werden, bis die Krümmung beseitigt ist und der Profilstahl wieder seine ordnungsgemäße gerade Form erhalten hat.

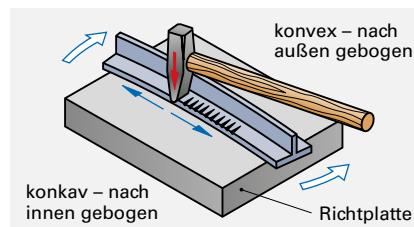
Beim Flachstahl dagegen geschieht das Richten durch Schläge mit der Bahn des Hammers auf die konvex gewölbte Seite, die zur Streckung der gegenüberliegenden konkaven Seite führt (**Bild 3**). Das Richten stärkerer Stäbe oder Profile kann auch durch den Druck der Biegebeilagen im Schraubstock geschehen. Auch verbogene dünnerne Rohre lassen sich im Schraubstock gerade biegen (**Bild 4a**). Verzogene Stahlstäbe müssen vorher noch mithilfe einer Ziehgabel oder größerer Werkzeuge gedreht werden (**Bild 4b**).

Richten von Blech kann in der Werkstatt auf der Richtplatte durch gezieltes örtliches Strecken und Stauchen erfolgen (**Bild 1**).

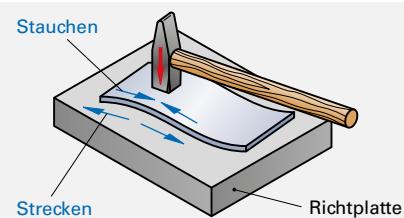
Richten mit Maschinen ist bei größeren Abmessungen der Werkstücke nötig. Diese werden auf speziellen Pressen meist hydraulisch über die Verformungsrichtung hinaus gebogen (**Bild 5**). Größere und dicke Bleche oder Stäbe werden durch Walzen auf Rollenrichtmaschinen in den planen Zustand zurückversetzt (**Bild 6**).



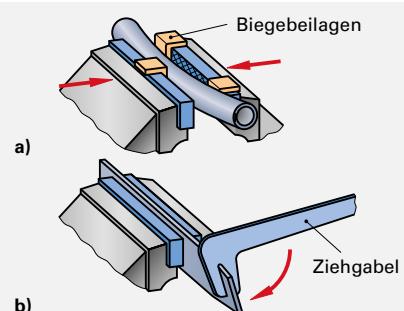
1 Richten von Blech



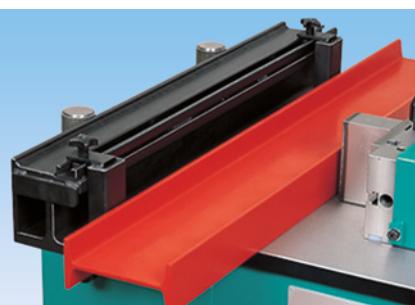
2 Richten durch Strecken



3 Richten von verbogenem Flachstahl



4 Richten im Schraubstock



5 Richten mit Richtbalken



6 Doppelrichtapparat mit einzeln anstellbaren Richtrollen

1.3.2 Warmrichten

Metalle dehnen sich beim Erwärmen aus. Wird die Wärmedehnung gezielt behindert, entstehen Schrumpfspannungen, die das Teil in gewünschter Weise verziehen können.

Merk

Beim Warmrichten werden durch örtliche Erwärmung Schrumpfspannungen erzeugt, um ein Bauteil zu richten.

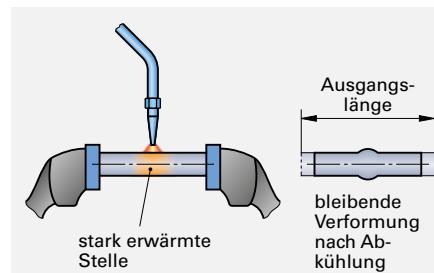
Aus der Wärmelehre ist bekannt, dass jedes Metall eine bestimmte Wärmeausdehnungszahl besitzt. 1 m unlegierter oder nichtrostender ferritischer Stahl dehnt sich je Grad Temperaturerhöhung um 0,012 mm aus, nichtrostender austenitischer Stahl dehnt sich sogar 1,5 mal so stark aus. Bei Behinderung dieser Ausdehnung entstehen beträchtliche Kräfte, die das Bauteil verziehen oder auch stauchen können, wie folgender **Versuch** zeigt (**Bild 1**). Ein Stahlstab wird zwischen zwei Schraubstockbacken fest eingespannt und dann in der Mitte auf 700 °C erwärmt. Da die Wärmeausdehnung durch die Schraubstockbacken behindert wird, staucht sich der Stab. Lässt man ihn anschließend abkühlen, zieht er sich zusammen und fällt aus dem Schraubstock heraus.

Der in diesem Versuch beobachtete Effekt ist auch die Grundlage des **Flammrichtens** (**Bild 2** und **Bild 3**). Verbogene Profile werden durch das Setzen eines oder mehrerer **Wärmekeile** gerade gerichtet. Die Basis des dreieckigen Keils muss an der äußereren, langen Seite der stärksten Krümmung, also außerhalb der Neutralen Faser, liegen. Begonnen wird mit der Erwärmung an der Spitze. Während der Erwärmung führt die Ausdehnung des Metalls zu einer noch stärkeren Krümmung des Profils. Ist der Werkstoff innerhalb des Keils durch Verlust der Festigkeit weich geworden, staucht die im Werkstück entstandene Spannung das stark erwärmte Gebiet zusammen. Nach der einsetzenden Abkühlung und anschließenden Verfestigung des Werkstoffs im Keil zieht dieser sich zusammen und verkürzt die lange Seite des Werkstücks. Die Größe und Anzahl der Wärmekeile wird so gewählt, dass die Krümmung gerade beseitigt wird.

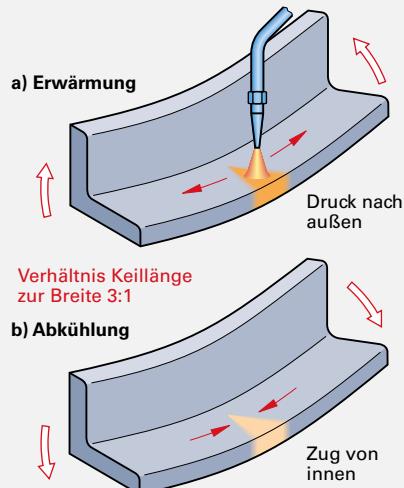
Diese Regeln sollten beachtet werden:

- Nichtrostenden Stahl vorher entfetten, Brenner mit leichtem O₂-Überschuss gegen Aufkohlung einstellen;
- Flammrichtfigur mit Kreide anzeichnen;
- **Behinderung der Wärmeausdehnung** durch Festspannen mit Zwingen oder schweren Gewichten;
- Brennergröße: 2,5 bis 3 mal Blechdicke, Cr-Ni-Stahl etwa eine Größe kleiner, Aluminium eine Größe mehr als bei unlegiertem Stahl wählen;
- Nichtrostende Rohre innen mit H₂ formieren;
- feuerverzinkten Stahl mit Flussmittel FH 10 abdecken und höchstens auf 700 °C erwärmen;
- örtlich scharf abgegrenzt und schnell von innen her (**Bild 3**) dunkelrot erwärmen, dann schnell abkühlen;
- Anlauffarben bei Cr-Ni-Stahl anschließend abbeizen;
- Grauguss ist nicht flammrichtbar.

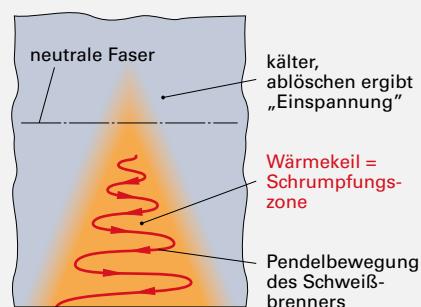
Wärmepunkte genügen, um kleine unerwünschte Dellen zu beseitigen. Je größer die Punkte sind, desto stärker ist ihre Wirkung (**Bild 4**).



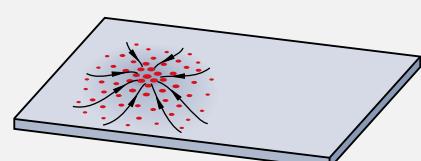
1 Versuch zur Wärmedehnung



2 Richten eines verbogenen Winkelstahls mit einem Wärmekeil



3 Setzen eines Wärmekeils



4 Wirkung von Wärmepunkten und Wärmeovalen