



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

METALLBAUTECHNIK

Fachbildung

nach Lernfeldern

7. 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

Ignatowitz, Eckhard	Dr. Ing., Studienrat	Waldbronn
Jaschinski, Annette	Dipl.-Ing., Studienrätin	Waiblingen
Kluge, Manfred	Dipl.-Ing., Oberstudiendirektor	Schorndorf
Lämmlein, Gerhard	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Neustadt/Weinstraße
Pahl, Hans-J.	Dipl.-Ing., OStR	Hamburg
Thiele, Eckhard	Dipl.-Ing., OStR	Wildau
Steinmüller, Armin	Dipl.-Ing.	Hamburg
Weinstock, Hans-Martin	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Heilbronn

Lektor und Leiter des Arbeitskreises:

Gerhard Lämmlein

Autoren und Lektor danken Herrn Erwin Aldinger für die Mitarbeit an der 1. und 2., Herrn Michael Gressmann für die Mitarbeit an der 3. Auflage sowie Herrn Baumann für die Mitarbeit bis zur 4. Auflage dieses Buches. Ein besonderer Dank gilt Herrn Steinmüller für die Leitung des Arbeitskreises bis zur 4. Auflage.

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.

7. Auflage 2011

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 neuesten Ausgaben der DIN-Blätter und der VDI/VDE-Richtlinien zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und die VDI/VDE-Richtlinien selbst.

Verlag für die DIN-Blätter: Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

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

ISBN 978-3-8085-1217-3

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

Umschlaggestaltung: braun werbeagentur, Radevormwald unter Verwendung von Fotos der Firma SAAGE, Nettetal-Leuth, „SAAGE TREPPEN, www.saage.com“

© 2011 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Meis satz&more, 59469 Ense

Druck: B.o.s.s. Druck und Medien GmbH, 47574 Goch

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 größten Wert gelegt. Mit der 6. Auflage und der vorliegenden **7. Auflage** wurde den zwischenzeitlich erfolgten, umfangreichen Änderungen im Normenwerk Rechnung getragen. 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 Fachstoffthemen ist es daneben geeignet zur Verwendung in Meister- und Technikerschulen. 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.

Herbst 2011

Autoren und Verlag

Inhaltsverzeichnis	4...9
Kurzinhhaltsverzeichnis 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...70
5	Stoffschlüssige Verbindungen	71...112
6	Elektrische Maschinen und Anlagen	113...122
7	NC-Technik im Metallbau	123...144

Lernfeld: Demontieren und Montieren von Baugruppen

8	Heben und Bewegen von Lasten	151...164
9	Befestigung von Bauteilen	165...176
10	Montage und Demontage	177...188

Lernfeld: Herstellen von Stahl- und Metallbaukonstruktionen

11	Sicherheit am Bau	191...196
12	Vermessungsarbeiten am Bau	197...200
13	Stahlbau und Dachkonstruktionen	201...256

Lernfeld: Herstellen von Türen, Toren und Gittern

14	Türen	259...274
15	Tore	275...286
16	Schlösser	287...302
17	Gitter und Roste	303...308
18	Steuern und Regeln	309...328

Lernfeld: Herstellen von Fenstern, Fassaden und Glaskanbauten

19	Bauphysikalische Grundlagen	331...348
20	Fenster	349...366
21	Fassaden- und Glaskanbauten	367...382

Lernfeld: Herstellen von Treppen und Geländern

22	Treppen	385...402
23	Geländer	403...409

Lernfeld: Instandhalten von Systemen des Metall- und Stahlbaus

24	Qualitätsmanagement	411...416
25	Instandhaltung	417...432

Lernfeldübergreifendes Wissen

26	Werkstoffe	435...512
27	Kommunikation und Präsentation	513...522

Inhaltsverzeichnis

Lernfelder: Herstellen von Blechteilen, Umformteilen und Konstruktionen aus Profilen 11

1	Umformen	1	1
1.1	Einteilung der Umformverfahren . . .	11	
1.2	Schmieden	11	
1.2.1	Technologische Grundlagen	11	
1.2.2	Schmiedeverfahren	14	
1.2.3	Werkzeuge zum Schmieden	16	
1.2.4	Kunstschmieden und Gestaltung . . .	17	
1.3	Richten	19	
1.3.1	Kaltrichten	19	
1.3.2	Warmrichten	20	
1.4	Biegeumformen	22	
1.4.1	Technologische Grundlagen	22	
1.4.2	Biegen von Rohren und Profilen . . .	23	
1.4.3	Biegeumformen von Blech	24	
1.5	Zug- und Druckumformen	26	
1.6	Fügen durch Umformen	27	
1.6.1	Falzen	27	
1.6.2	Druckfügen	28	
1.6.3	Fließbohren	28	
2	Spanen	29	
2.1	Werkzeugschneide	29	
2.2	Einflussgrößen der Zerspanung	29	
2.3	Bohren	30	
2.4	Sägen	31	
2.5	Fräsen	32	
2.6	Herstellung von Gewinden	33	
2.6.1	Schneiden von Außengewinden . . .	33	
2.6.2	Bohren von Innengewinden	33	
2.7	Schleifen und Feinbearbeitungs- verfahren	34	
2.7.1	Spanungsvorgang	34	
2.7.2	Schleifwerkzeuge	34	
2.7.3	Arbeit mit Schleifwerkzeugen	36	
2.7.4	Schleifverfahren und Schleif- maschinen	37	
2.8	Trennschleifen	39	
2.9	Polieren und Bürsten	39	
3	Mechanisches Zerteilen und Thermisches Trennen	41	
3.1	Keilschneiden	41	
3.2	Scherschneiden	41	
3.2.1	Prinzip des Scherschneidens	41	
3.2.2	Offen-Schneiden	43	
3.2.3	Geschlossen-Schneiden	47	
3.3	Thermisches Trennen	49	
3.3.1	Autogenes Brennschneiden	49	
3.3.2	Schmelzschneiden	51	
3.3.3	Laserstrahlschneiden	52	

4	Schraub-, Niet- und Klemm- verbindungen	55
4.1	Fügeverfahren im Metall- und Stahlbau (Übersicht)	55
4.2	Schraubverbindungen	56
4.2.1	Schraubenbezeichnung	56
4.2.2	Handelsformen und Verwendung der Schrauben	57
4.2.3	Muttern	59
4.2.4	Unterlegscheiben	59
4.2.5	Selbsthemmung von Gewinden	59
4.2.6	Spannschlösser	60
4.2.7	Schraubensicherungen	60
4.2.8	HV-Schrauben	62
4.2.9	Vorteile von Schraubverbindungen im Stahlbau	62
4.2.10	Schraubenabstände	63
4.2.11	Scher-Lochleibungs-Schraub- verbindung (SL-Verbindung)	63
4.2.12	Gleitfest vorgespannte Verbindung (GV-Verbindung)	65
4.2.13	Korrosionsschutz der Schraub- verbindungen	66
4.3	Trägerklemmverbindungen	67
4.4	Nietverbindungen	68
4.4.1	Warmnietung	68
4.4.2	Kaltnietung	68
4.4.3	Blindniete	69
5	Stoffschlüssige Verbindungen	71
5.1	Schweißverfahren	71
5.1.1	Gasschmelzschweißen	72
5.1.2	Lichtbogenschmelzschweißen	77
5.1.3	Unterpulverschweißen	84
5.1.4	Metall-Schutzgasschweißen	85
5.1.5	Wolfram-Plasmaschweißen WP	90
5.1.6	Laserstrahlschweißen	91
5.2	Pressschweißverfahren	93
5.3	Schweißverbindung	96
5.3.1	Schweißnaht	96
5.3.2	Schweißspannungen	97
5.3.3	Schweißfolgeplan	97
5.3.4	Gestaltung von Schweißverbin- dungen	98
5.4	Schweißbarkeit von Metallwerk- stoffen	99
5.5	Kunststoffschweißen	103
5.6	Löten	104
5.6.1	Lötvorgang	104
5.6.2	Lötverfahren	105
5.6.3	Lote	106
5.6.4	Flussmittel	107
5.7	Kleben	108
5.7.1	Kleben im Metallbau	108

5.7.2	Wirkungsweise der Klebstoffe	108	7.9.2	CNC-Laserschneidtechnik	139
5.7.3	Arten der Klebstoffe	109	7.9.3	Wasserstrahlschneiden	139
5.7.4	Vorbereitung der Klebeflächen	111	7.9.4	Blechbiegen, CNC-gesteuert	140
5.7.5	Gestaltungsregeln für Klebe- verbindungen	111	7.9.5	CNC-gesteuertes Biegen von Rohren Stanzen und Nibbeln mit	141
5.7.6	Verarbeitung der Klebstoffe	111	7.9.6	NC-Maschinen	142
5.7.7	Vor- und Nachteile von Klebe- verbindungen	112	7.9.7	Komplettbearbeitung von Profilen . .	144
6	Elektrische Maschinen und Anlagen	113	Lernfeld: Demontieren und Montieren von Baugruppen in der Werkstatt 151		
6.1	Elektrischer Stromkreis	113			
6.2	Elektromagnetismus	114	8	Heben und Bewegen von Lasten	151
6.2.1	Elektromagnetische Induktion	114	8.1	Physikalische Grundlagen	151
6.2.2	Wechselstromgenerator	115	8.2	Hebezeuge	154
6.2.3	Transformator	116	8.2.1	Hebegeräte	154
6.3	Elektromotoren	118	8.2.2	Flaschenzüge	155
6.3.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	118	8.2.3	Hand-Hubzugeräte	156
6.3.2	Gleichstrommotoren	119	8.2.4	Elektrozug	157
6.3.3	Wechselstrommotoren	120	8.2.5	Hebebühnen	157
6.3.4	Arbeit mit Elektromotoren	120	8.2.6	Krane	157
6.4.1	Fehler an elektrischen Anlagen	121	8.2.7	Sperrwerke und Bremsen	158
6.4.2	Schutzmaßnahmen	121	8.3	Flurförderfahrzeuge	159
7	NC-Technik im Metallbau	123	8.4	Befestigung von Lasten	159
7.1	Informationsfluss in der NC-Technik	123	8.4.1	Anschlagen von Lasten	159
7.2	Aufbau von NC-Maschinen	124	8.4.2	Anschlagmittel	160
7.2.1	Eingabeeinheiten	124	8.5	Arbeitssicherheit und Unfallschutz . .	164
7.2.2	Verarbeitungseinheit	125	9	Befestigung von Bauteilen	165
7.2.3	Ausgabeeinheiten	126	9.1	Befestigung mit Mauerankern und Bindemitteln	165
7.3	Konstruktive Merkmale von NC-Maschinen	126	9.2	Befestigung mit Setzbolzen	166
7.3.1	Führungen und Spindeln	126	9.2.1	Bolzensetzwerkzeuge	166
7.3.2	Wegmesssysteme	127	9.2.2	Setzbolzen	166
7.4	Steuerungsarten	128	9.2.3	Kartuschen	166
7.5	Koordinatensysteme	128	9.3	Befestigung mit Ankern und Dübeln	167
7.6	Programmaufbau	129	9.3.1	Baustoff als Verankerungsgrund für Dübel	167
7.6.1	Programmtechnische Informationen	129	9.3.2	Haltemechanismen für Dübel	168
7.6.2	Geometrische Informationen	130	9.3.3	Belastungsart	169
7.6.3	Technologische Informationen	131	9.3.4	Montagearten	170
7.6.4	Zusätzliche Informationen	131	9.3.5	Polyamiddübel (Nylondübel)	171
7.7	Manuelle Programmierung	132	9.3.6	Metallspreizdübel (Schwerlastdübel)	173
7.7.1	Systematik der Programm- erstellung	132	9.3.7	Spreizdruckfreie Dübel	173
7.7.2	Bearbeitungsprogramm	132	9.3.8	Befestigung ohne Dübel und Anker .	176
7.7.3	Werkzeugbahnkorrektur	133	10	Montage, Demontage und Entsorgung	177
7.7.4	Programmierung von Kreisen	133	10.1	Werkstattmontage	177
7.7.5	Bearbeitungszyklen	135	10.1.1	Planen der Montage	179
7.7.6	Unterprogrammtechnik	135	10.1.2	Beispiel: Montage einer Treppe in der Werkstatt	180
7.8	Maschinelle Programmierung	136	10.2	Demontage	187
7.8.1	Programmerstellung in der Arbeitsvorbereitung	136	10.3	Abfälle vermeiden, verwerten, entsorgen	187
7.8.2	CAD/CAM-Verfahren	136			
7.9	Anwendung der NC-Technik in der Metallbaupraxis	137			
7.9.1	CNC-Brennschneideanlagen	137			

Lernfeld: Herstellen von Stahl- und Metallbaukonstruktion 191

11	Sicherheit am Bau	191
11.1	Persönliche Arbeitsschutzmittel	191
11.1.1	Schutzhelme	191
11.1.2	Fußschutz.	192
11.2	Gerüste und Leitern	193
11.3	Anseilschutz.	195
12	Vermessungsarbeiten am Bau	197
12.1	Schnurgerüst.	197
12.2	Längenmessungen	198
12.3	Winkelmessungen	199
12.4	Festlegung von Gebäudehöhen	199
12.5	Festlegung der Ausbauhöhen	200
13	Stahlbau und Dachkonstruktionen.	201
13.1	Einteilung des Stahlbaus	201
13.2	Konstruktionselemente eines Stahlskelettbaus.	203
13.2.1	Einwirkungen von Kräften auf ein Stahlskelett	203
13.2.2	Lastannahmen und Bemessungswerte	204
13.2.3	Bautechnische Besonderheiten des Stahlbaus.	204
13.3	Spannungsarten in Bauteilen	205
13.3.1	Normalspannungen	205
13.3.2	Schubspannungen	205
13.3.3	Bemessung der Bauteile	206
13.4	Stützen	207
13.4.1	Wirkungsweise von Stützen.	207
13.4.2	Bauformen	208
13.4.3	Standfestigkeit von Stützen	209
13.4.4	Stützenköpfe	210
13.4.5	Stützenstöße	210
13.4.6	Stützenfüße	211
13.4.7	Verankerung von Stützen.	212
13.5	Träger	214
13.5.1	Walzträger	214
13.5.2	Geschweißte Blechträger.	215
13.5.3	Wabenträger	215
13.5.4	Biegebeanspruchung in Trägern	216
13.5.5	Fachwerkträger	220
13.5.6	Schwere Fachwerkträger	223
13.5.7	Leichtbau-Fachwerkträger	224
13.5.8	Raumfachwerke.	226
13.5.9	Rahmenträger (Vierendeelträger)	227
13.5.10	Leichtbau mit Rahmenträgern aus Hohlprofilen.	228
13.6	Trägerverbindungen	229
13.6.1	Trägerauflager.	229
13.6.2	Trägeranschlüsse	231
13.6.3	Trägerstöße	235
13.6.4	Trägerbearbeitungen	237

13.7	Aussteifungen und Abspannungen	238
13.7.1	Aussteifungen	238
13.7.2	Seiltragwerke.	240
13.8	Stahlhallenbau	241
13.8.1	Dachformen und statische Systeme	241
13.8.2	Konstruktionselemente einer Satteldachhalle	244
13.8.3	Krananlagen in Stahlhallen	245
13.9	Raumabschließende Bauelemente	247
13.9.1	Stahlbetonverbunddecken.	247
13.9.2	Träger- und Profilverbunddecken	250
13.9.3	Wände	252
13.9.4	Dächer	254
13.10	Stahlbau-Abschlussaufgabe: Kranbahnkonsolen einer 2-schiffigen Halle	256

Lernfeld: Herstellen von Türen, Toren und Gittern 259

14	Türen	259
14.1	Aufbau einer Drehflügeltür	259
14.2	Arten und Merkmale von Türen	261
14.2.1	Einbauort	261
14.2.2	Bewegungsart	261
14.2.3	Bewegungsrichtung	261
14.2.4	Bauarten von Türen	262
14.3	Türen mit besonderen Funktionen	266
14.4	Werkstoffe für Türen.	270
14.5	Türabschließer	271
14.6	Beschläge für Türen	273
14.7	Einbau und Montage	274
15	Tore.	275
15.1	Hallentore	275
15.1.1	Drehtore.	276
15.1.2	Schiebetore	276
15.1.3	Schiebefalttore	278
15.1.4	Schwingtore	280
15.1.5	Rolltore.	281
15.1.6	Sektionaltore	281
15.1.7	Sicherheitseinrichtungen	282
15.2	Tore für den Außenbereich	283
15.2.1	Schiebetore	283
15.2.2	Drehtore.	283
16	Schlösser	287
16.1	Schlossarten	287
16.2	Aufbau und Funktionsweise von Falle-Riegel-Schlössern	288
16.3	Normmaße von Schlössern.	289
16.3.1	Bezeichnung von Einsteckschlössern	290
16.3.2	Bezeichnungsbeispiele.	290
16.4	Schlosssicherungen	290
16.4.1	Buntbartschloss.	290
16.4.2	Chubschloss	291

26.7	Kupfer und Kupferlegierungen.	473	26.12.1	Faserverstärkte Verbundwerkstoffe .	497
26.7.1	Unlegierte Kupferwerkstoffe.	473	26.12.2	Teilchenverstärkte Verbundwerkstoffe.	498
26.7.2	Kupfer-Legierungen.	474	26.12.3	Schicht und Strukturverbunde	498
26.8	Weitere wichtige Metalle.	476	26.13	Hilfsstoffe	499
26.9	Sinterwerkstoffe.	478	26.14	Glas und Glasbauteile	501
26.9.1	Herstellung von Sinterteilen.	478	26.15	Werkstoffprüfung.	503
26.9.2	Typische Anwendungen	478	26.15.1	Technologische Prüfverfahren	503
26.9.3	Hartmetalle.	479	26.15.2	Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy.	503
26.10	Korrosion und Korrosionsschutz	480	26.15.3	Härteprüfungen	504
26.10.1	Elektrochemische Korrosion.	480	26.15.4	Zugversuch.	505
26.10.2	Erscheinungsformen der Korrosion	481	26.15.5	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	506
26.10.3	Korrosion bei hohen Temperaturen.	482	26.15.6	Metallografische Untersuchungen.	507
26.10.4	Einflussfaktoren auf die Korrosion eines Bauteils.	482	26.16	Werkstoffe und Hilfsstoffe – Umwelt- und Gesundheitsschutz.	508
26.10.5	Auswahl der Werkstoffe nach dem Korrosionsverhalten	483	26.16.1	Umgang mit Werk- und Hilfsstoffen	508
26.10.6	Korrosionsschutzgerechte Konstruktion.	484	26.16.2	Recycling und Entsorgung in Metallbaubetrieben	509
26.10.7	Korrosionsschutz von Stahlbauten	485	26.16.3	Vermeiden von Schadstoffen	510
26.10.8	Vorbereiten der Stahloberflächen	485	26.16.4	Gesundheitsgefährdende Stoffe im Metallbau	511
26.10.9	Korrosionsschutz von Stahlbauteilen durch Feuerverzinken.	486	27	Kommunikation und Präsentation	513
26.10.10	Korrosionsschutzbeschichtung von Stahlbauteilen.	487	27.1	Kommunikation	513
26.10.11	Katodischer Korrosionsschutz von Stahlbauteilen.	488	27.1.1	Kommunikationsebenen.	513
26.10.12	Korrosionsschutz bei korrosionsbeständigen Stählen	488	27.1.2	Kommunikationsarten.	513
26.10.13	Korrosionsschutz von Aluminium-Bauteilen.	489	27.1.3	Kommunikationsmodelle	515
26.10.14	Korrosionsschutz bei Maschinen	489	27.1.4	Probleme in der Kommunikation.	515
26.11	Kunststoffe (Plaste)	490	27.1.5	Kommunikationsstrategien.	515
26.11.1	Eigenschaften und Verwendung	490	27.1.5.1	Strategie zur Vermeidung von Konflikten „Aktives Zuhören“	517
26.11.2	Herstellung und innerer Aufbau.	490	27.1.5.2	Strategie zur Beseitigung von bestehenden Konflikten „Metakommunikation“	517
26.11.3	Technologische Einteilung	491	27.2	Präsentation	519
26.11.4	Thermoplaste.	492		Sachwortverzeichnis	523
26.11.5	Duroplaste	493		Weiterführende Literatur	542
26.11.6	Elastomere	494		Bildquellenverzeichnis	543
26.11.7	Sonderanwendungen von Kunststoffen im Metallbau	494			
26.11.8	Weiterverarbeitung der Kunststoff-Erzeugnisse	496			
26.12	Verbundwerkstoffe.	497			

Kurz-Inhaltsverzeichnis englisch

learning fields: making of sheet pieces, formed parts and sectional steel structures

1	forming	11
1.1	classification of forming techniques	11
1.2	forging	11
1.3	straightening	19
1.4	bend forming	22
1.5	tensile and compression forming	26
1.6	joining by forming	27

2	machining	29
2.1	tool edge	29
2.2	influencing variables in chip removal processes	29
2.3	drilling	30
2.4	sawing	31
2.5	milling	32
2.6	threading	33
2.7	grinding	34
2.8	cut-off grinding	39
2.9	polishing and brushing	39

3	mechanical parting and thermal cutting	41
3.1	wedge-action cutting	41
3.2	shear cutting	41
3.3	thermal cutting	49

4	screwed, riveted and clamped joints	55
4.1	joining processes	55
4.2	screwed joints	56
4.3	clamping girder joints	67
4.4	riveted joints	68

5	self-substance joints	71
5.1	welding methods	71
5.2	pressure welding methods	93
5.3	welded joint	96
5.4	weldability of metals	99
5.5	welding of plastics	103
5.6	soldering	104
5.7	bonding	108

6	electrical machines and devices	113
6.1	electric circuit	113
6.2	electromagnetism	114
6.3	electric motors	118

7	NC technology in metal construction	123
7.1	work flow in NC technology	123
7.2	design of NC machines	124
7.3	design characteristics of NC machines	126
7.4	controller types	128
7.5	coordinate systems	128
7.6	program structure	129
7.7	manual programming	132
7.8	machine-aided programming	136
7.9	using NC technology in metal construction	137

learning field: dismantling and assembling structural modules in the shop

8	lifting and moving loads	151
8.1	basic physics	151
8.2	hoists	154
8.3	industrial trucks	159
8.4	fastening loads	159
8.5	safety at work and protection against accidents	164

9	mounting of structural components	165
9.1	mounting with masonry anchors	165
9.2	mounting with studs	166
9.3	mounting with dowels	167

10	assembly, disassembly and disposal	177
10.1	shop assembly	177
10.2	disassembly	187
10.3	avoidance, recycling and disposal of waste	187

learning field: making of steel and metal structures

11	safety on site	191
11.1	personal protective equipment	191
11.2	scaffoldings and ladders	193
11.3	antifall roping	195

12	surveying on site	197
12.1	alignment stage	197
12.2	length measurement	198
12.3	angular measurement	199
12.4	determining building heights	199
12.5	determining finishing and completion heights	200

13	structural steelwork and roof structures	201
13.1	structural steelwork classification	201
13.2	constructional elements	203
13.3	types of stress acting in structural components	205
13.4	piers	207
13.5	girders	214
13.6	girder connection	229
13.7	bracing and guy ropes	238
13.8	industrial steel buildings	241
13.9	space-enclosing structural elements	247

learning field: making of doors, gates and fences

14	doors	259
14.1	revolving folding-door structure	259
14.2	door types and features	261
14.3	doors with specific functions	266
14.4	door materials	270
14.5	door closer	271
14.6	door fittings	273
14.7	placing and assembly	274

15	doors and gates	275
15.1	entrance doors	275
15.2	exterior doors	283

16	locks	287
16.1	types of locks	287
16.2	design and operating mode	288
16.3	standard dimensions of locks	289
16.4	door lock safety catch	290
16.5	master-keyed systems	301

17	grills and grates	303
17.1	articulated grills	303
17.2	fixed grills	303
17.3	gratings	304

18	control engineering	309
18.1	open-loop control	309
18.2	closed-loop control	309
18.3	controller types	310

learning field: making of windows, façades and glass annexes

19	building physics	331
19.1	thermal isolation	331
19.2	moisture protection	341
19.3	noise insulation	343
19.4	fire protection	347

20	windows	349
20.1	window design and components	349
20.2	window types and classification	350
20.3	window fittings	356

20.4	window manufacture	359
20.5	window installation	361
20.6	shop windows and showcases	366

21	façades and glass structures	367
21.1	classification and types	367
21.2	overhead glazing	371
21.3	façade drainage	372
21.4	façade design, fabrication and assembly	373
21.5	glass annexes	376
21.6	sun-shading	378

learning field: making of stairs and balustrades

22	stairs	385
22.1	types of stairs	385
22.2	construction types of stairs	387
22.3	tread types	388
22.4	stairway terminology	389
22.5	main dimensions of stairs	390
22.6	sample design of a stairway	391
22.7	turning the steps of a spiral stairway	395
22.8	marking-out of stringers	398
22.9	computer calculation	398

23	balustrades	403
23.1	balustrade design	403
23.2	balustrades in and at residential buildings	404
23.3	industrial guard-rail	405
23.4	fixing balustrades	406
23.5	bending a string wreath	407

learning field: maintenance of structural metal and steel systems

24	quality management	411
24.1	tasks of quality management	411
24.2	quality management according to DIN EN ISO 9000:2005	414
24.3	quality management system model	415
24.4	quality assurance is not only a matter for the boss!	416
25	maintenance	417
25.1	basic terms	417
25.2	maintenance of structural systems in metal and steel construction	425

interdisciplinary knowledge

26	materials science	435
26.1	general survey of materials	435
26.2	choice of materials depending on their properties	436
26.3	steel and cast iron	438
26.4	inner structure of metals	459
26.5	heat treatment of steel	464
26.6	aluminium and aluminium alloys	470
26.7	copper and copper alloys	473
26.8	other important metals	476
26.9	sintered materials	478
26.10	corrosion and corrosion protection	480
26.11	plastics	490
26.12	composite materials	497
26.13	process materials	499
26.14	glass and glass components	501
26.15	material testing	503
26.16	environmental and health protection	508

27	communication and presentation	513
27.1	communication	513
27.2	presentation	519

	subject index	523
	further reading	542
	image references	543

Lernfeld: 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.

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 längeres 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 ($R_m = f_{u,k}$) 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. 476).

1.1 Einteilung der Umformverfahren

Weil bei erhöhter Temperatur die Plastizität der Werkstoffe zunimmt, unterscheidet man **Kaltumformen** und **Warmumformen**. 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).

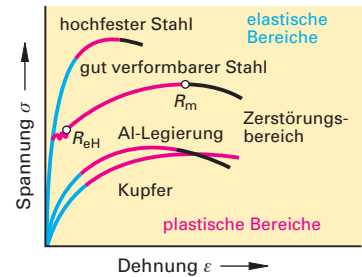
1.2 Schmieden

Seit einigen tausend Jahren werden Gebrauchsgegenstände und Kunstwerke durch dieses älteste aller Metallbearbeitungsverfahren hergestellt.

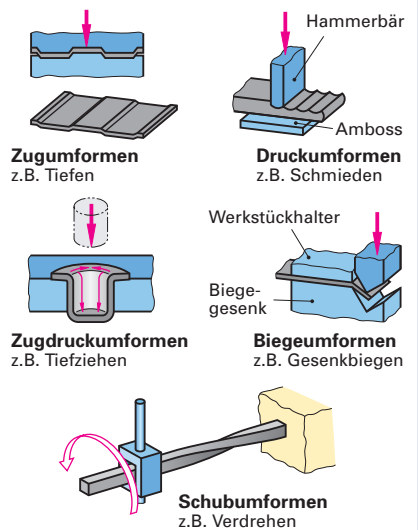
Schmieden ist eine Formänderung erwärmter metallischer Werkstücke durch Schlag, Druck oder Biegeumformen.

1.2.1 Technologische Grundlagen

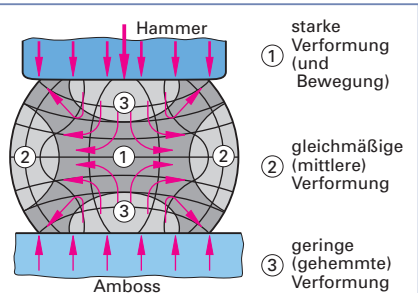
In der Hauptsache handelt es sich beim Schmieden um **Stauchvorgänge**. Dabei wird der Werkstückquerschnitt auf Druck beansprucht. In drei Richtungen wird die geometrische Form des Körpers geändert. Er wird flacher, breiter und länger. Die Druck- und Schubspannungen bewirken ein langsames Fließen der Stoffteilchen parallel zueinander. An den Rändern ist die Verformung nicht so stark wie im Innern des Werkstücks (Bild 3).



1 Spannung-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

Grundsätzlich lassen sich alle diejenigen Metalle schmieden, die zwischen der festen und der flüssigen Phase einen großen plastischen Bereich besitzen. Sie haben ein kubisch-flächenzentriertes Kristallgitter (S. 460). 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).

! Mit steigendem Kohlenstoffgehalt nimmt die Schmiedbarkeit von Stahl ab.

Schmiedetemperatur

Schmiedbarkeit ist nur innerhalb eines bestimmten Temperaturbereichs gegeben. Beim Stahl hängt dies neben dem Kohlenstoffanteil auch von den anderen Legierungsbestandteilen ab.

! Bei der Wahl der Schmiedetemperaturen sind die Vorschriften der Hersteller einzuhalten

Die höchste Schmiedetemperatur muss unter derjenigen Temperatur liegen, bei der das Gefüge grob wird und die Oberfläche verbrennt. Es ist die **Schmiede-Anfangstemperatur**, bei der der Schmiedevorgang beginnt (nebenstehende Tabelle). Die niedrigste mögliche Schmiedetemperatur, die **Schmiede-Endtemperatur**, liegt etwas oberhalb der **Rekristallisationstemperatur**. Dort bilden sich wie bei der Wärmebehandlung (s. S. 464 ff.) die durch Kaltverformung verspannten Kristalle eines Werkstoffs neu.

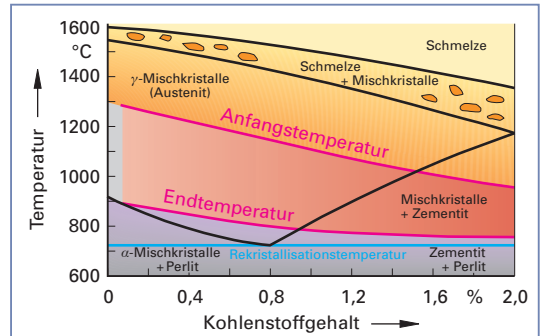
! Je geringer der Kohlenstoffgehalt eines Stahls ist, desto höher kann die Schmiede-Anfangstemperatur sein und desto größer ist der Temperaturbereich des Schmiedens.

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

Weil kein Abfall entsteht, verringern sich die **Werkstoffkosten**. Bei vielen Schmiedestücken verkürzt sich außerdem der **Zeitaufwand**, da die gesamte Form in einem Arbeitsgang gefertigt wird.

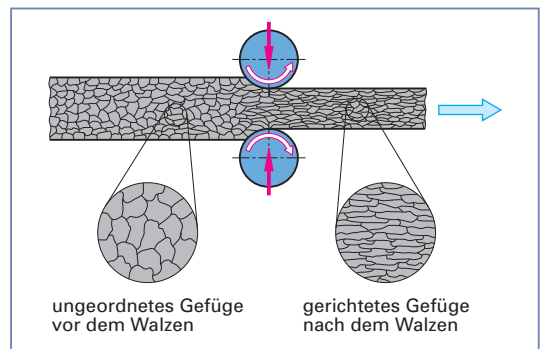


1 Abhängigkeit des Schmiedebereichs bei unlegiertem Stahl vom Kohlenstoffgehalt, dargestellt im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm

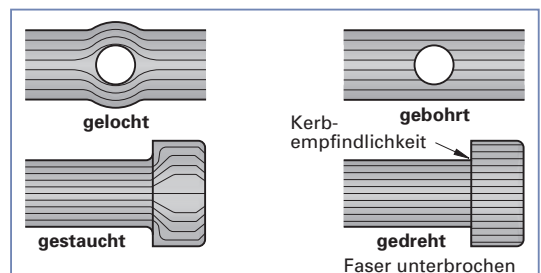
Schmiedetemperaturen und Glühfarben

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



3 Vergleich des Walzfaserverlaufs von geschmiedeten und spanend hergestellten Werkstücken

Erwärmung der Schmiedestücke

Durch das Erwärmen verringern sich die Zusammenhaltkräfte der Stoffteilchen und die Werkstücke werden plastisch.

! Metalle dehnen sich bei Erwärmung aus.

Dünne Teile von Schmiedestücken werden schneller warm als dicke. Bei massiven Teilen erwärmen sich die Randzonen schneller als der Kern. Zu starke Temperaturunterschiede zwischen den Teilen eines Schmiedestücks sind zu vermeiden, um Spannungsrisse zu verhindern.

! Schmiedestücke müssen langsam und gleichmäßig erwärmt oder 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. Allmählich setzen sich auch im traditionsbewussten Schmiedehandwerk gasbeheizte, temperaturgeregelte Öfen durch.

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

Der dabei entstehende **Abbrand** (Zunder) vermindert das Volumen des Werkstücks.

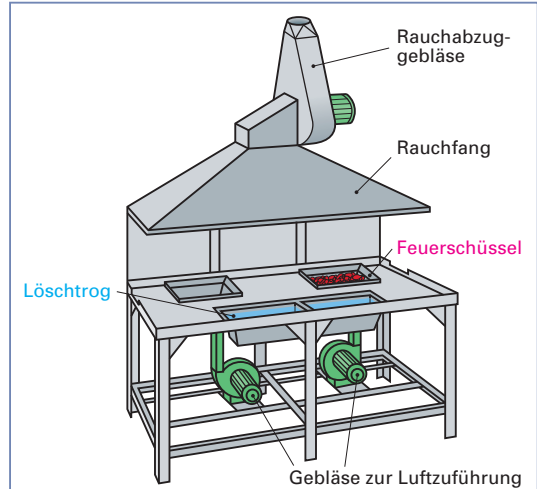
- Ab 300 °C entsteht eine dünne Anlaufschicht.
- Zwischen 500 °C und 700 °C bildet sich eine dicke, feste Zunderschicht (Hammerschlag), sie bleibt bis 900 °C fest.
- Bei 900 °C ... 1000 °C fällt die Zunderschicht ab und entsteht sofort wieder neu.
- Ab ungefähr 1200 °C verbrennt der Stahl.
- Beim Überhitzen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

Maschinen zum Schmieden

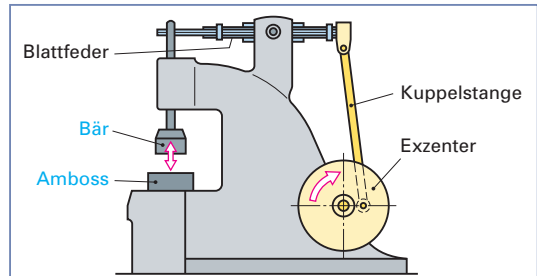
Zum Umformen größerer Teile setzt man Schmiedepressen oder Maschinenhämmer ein. Der eigentliche Hammer wird hier **Bär** genannt. Seine Masse beträgt je nach Größe 50 kg und mehr. Die Kraft des Bären entsteht durch die Fallbeschleunigung. Zusätzliche Kräfte werden durch Federn, hydraulisch oder pneumatisch aufgebracht. Damit ist eine Endlagendämpfung verbunden. Kleinere Maschinen werden auch in Handwerksbetrieben eingesetzt.

Der **Federhammer** hat eine mehrlagige Blattfeder, die über eine Schubstange und die Kurbelwelle mit dem Antriebsmotor verbunden ist (Bild 2).

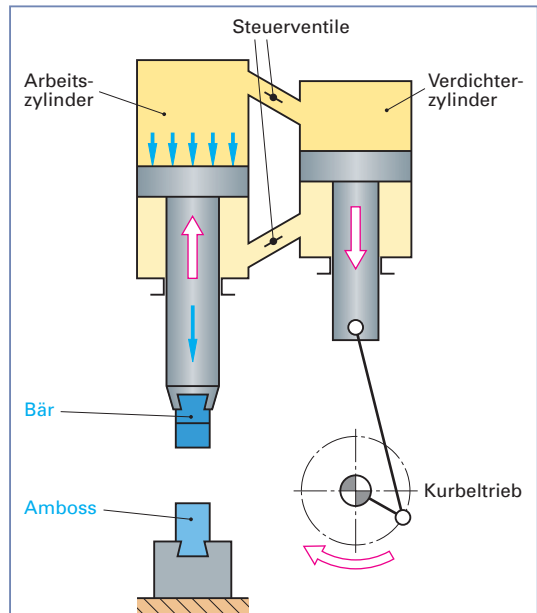
Beim **Lufthammer** wird der Kolben des Verdichters durch einen Motor über einen Kurbeltrieb auf und ab bewegt (Bild 3). Dabei werden der Bär gehoben oder die Luft verdichtet. Durch Wegeventile wird die Bewegung des Bären gesteuert.



1 Doppel-Schmiedeherd



2 Prinzip des Federhammers



3 Prinzipdarstellung eines Lufthammers

1.2.2 Schmiedeverfahren

Neben den Umformverfahren benutzt der Schmied auch solche, die zu anderen Hauptgruppen der Fertigungsverfahren gehören.

Die Vielseitigkeit der durch das **Freiformschmieden** erreichbaren Formen bedingt, dass eine scharfe Trennung der einzelnen Verfahren während der Fertigung eines Werkstücks nicht sinnvoll ist. Die Verfahren des Schmiedens von Hand gelten sinngemäß auch für das hier nicht behandelte Maschinenschmieden.

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 1).

Beim Schlag mit der **Hammerfinne** sind die Flächenpressung und die Eindringtiefe größer. Der Werkstoff fließt vorwiegend nach zwei Seiten (Bild 2). Werden die Schläge aneinander gereiht, vergrößert sich die Länge des Werkstücks.

Beim **Strecken** eines Werkstücks werden die Länge oder Breite vergrößert und die Höhe verringert. Neben der Hammerfinne können auch die Ambosskante und der **Kehlhammer** zum Strecken benutzt werden (Bild 3).

Breiten

Der Werkstoff wird quer zur Richtung der Walzfaser vorangetrieben, die Höhe des Werkstücks nimmt ab (Bild 4).

Spitzen

Der Querschnitt verringert sich gleichmäßig von allen Seiten bis zu einer Spitze (Bild 5).

Absetzen

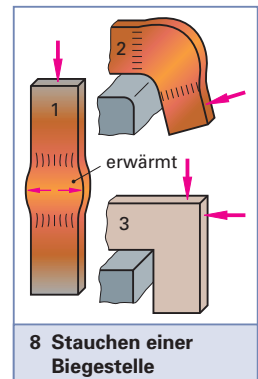
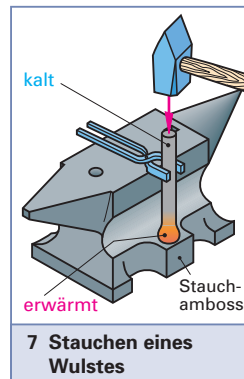
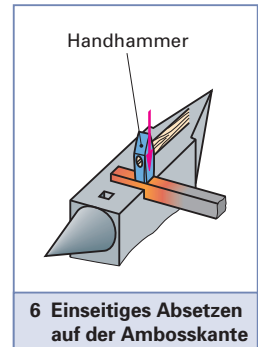
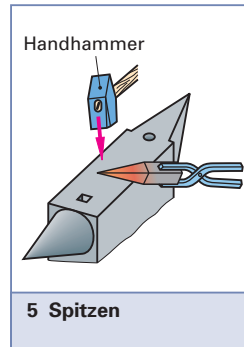
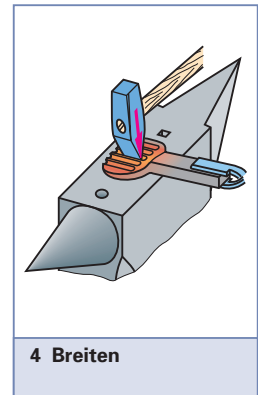
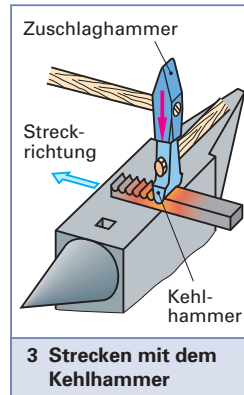
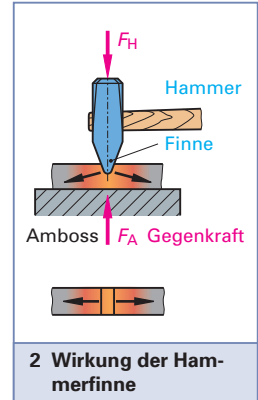
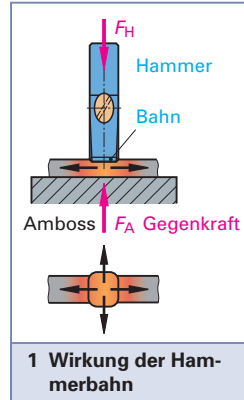
Beim Absetzen wird ein Teil der Oberfläche heruntergeschmiedet, sodass am Werkstück ein Absatz entsteht.

Vor dem Absetzen wird die Übergangsstelle eingekehlt (Bild 6 und Bild 1 auf S. 15).

Stauchen

Beim Stauchen eines Werkstücks werden der Querschnitt vergrößert und die Länge verringert. Häufig werden Wülste angestaucht. Dann wird nur die betreffende Stelle erwärmt, der übrige Teil wird durch Eintauchen in kaltes Wasser abgekühlt (Bilder 7 und 8).

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.



Kehlen

Damit werden Kerben und rinnenartige Vertiefungen im Werkstück hergestellt. Es kann entweder einseitig mit dem **Kehlhammer** allein oder zweiseitig mit einem zusätzlichen **Kehlschrot** gearbeitet werden. Beim Kunstschmieden dient Kehlen auch dem Verzieren (Bild 1).

Abschroten

Dieses Schmiedeverfahren wird zum Abtrennen von Teilen des Werkstücks angewandt.

Neben dem **Schrothammer** wird der in den Amboss einsteckbare **Abschrot** verwendet (Bild 2). Beim einschneidigen Abschroten von kleinen Teilen wird nur eines dieser Werkzeuge benutzt.

Lochen

Dadurch werden beliebig geformte Durchbrüche, meist runde Löcher, in Schmiedestücke eingeformt.

Als Werkzeuge dienen **Lochhämmer** und **Dorne** mit verschieden geformten Querschnitten (Bild 3). Vorgearbeitet wird mit dem Schlitzhammer. Das Fertiglochen mit dem Dorn geschieht häufig auf der Lochplatte.

Spalten

Hiermit trennt man Schmiedestücke vom Ende her in Längsrichtung auf.

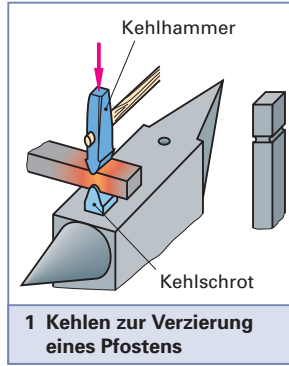
Bei Kunstschmiedearbeiten wird häufig gespalten. Auch Widerhaken an Mauerankern werden durch Spalten geformt. Als Werkzeug dient der **Schlitzhammer**, der auch beim **Schlitz** (Bild 3 b) verwendet wird.

Torsieren

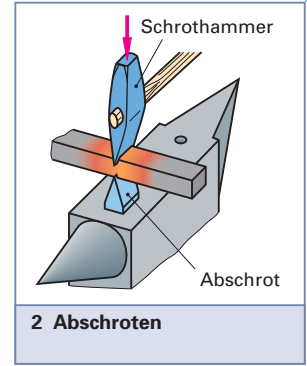
Es ist die am meisten verbreitete Methode zur Verzierung von Stäben (Bild 6). Zum Verdrehen von Stäben um ihre Längsachse müssen diese in erwärmtem Zustand an einem Ende eingespannt werden. Als Werkzeuge zum Verdrehen dienen Dreh- oder Torsiereisen.

Feuerschweißen

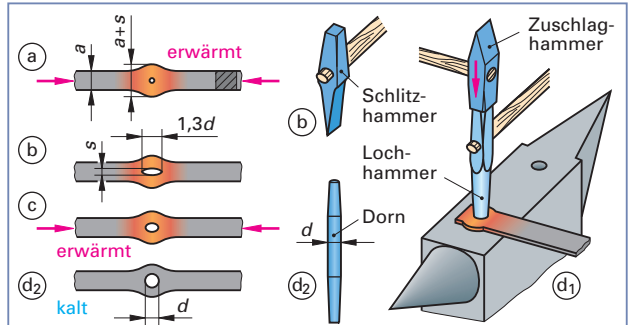
Zuerst müssen möglichst große Flächen an der Verbindungsstelle geschaffen werden (Bild 5). Dann werden die Teile auf eine Temperatur knapp unterhalb des Schmelzpunktes erwärmt, mit Flussmittel (Sand) von Oxiden befreit und durch Hammerschläge zusammengepresst. Dadurch verschweißen die Teile miteinander.



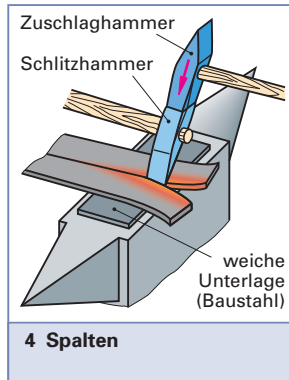
1 Kehlen zur Verzierung eines Pfostens



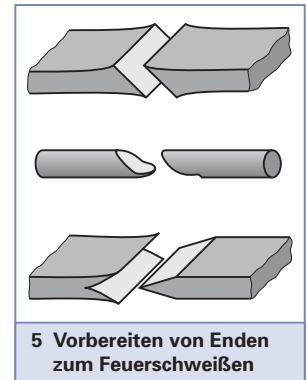
2 Abschroten



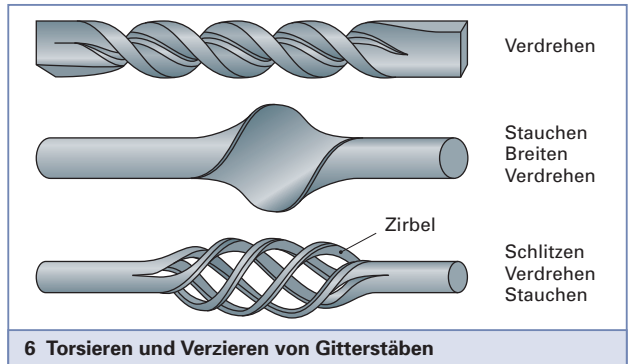
3 Lochen mit Dorn und Lochhammer
a) Körnen und Stauchen, b) Schlitz, c) Vorlochen und Stauchen, d) Fertiglochen



4 Spalten



5 Vorbereiten von Enden zum Feuerschweißen



6 Torsieren und Verzieren von Gitterstäben

Gesenkschmieden

Beim Gesenkschmieden ist die Form 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 Hämmern, in denen einfache Formen schneller und genauer geschmiedet werden können als durch das auf den vorigen Seiten beschriebene Freiformschmieden (Bilder 1 und 2).

1.2.3 Werkzeuge zum Schmieden

Der **Amboss** nimmt durch seine Masse die Kraftwirkung der Hammerschläge auf. Er übt 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).

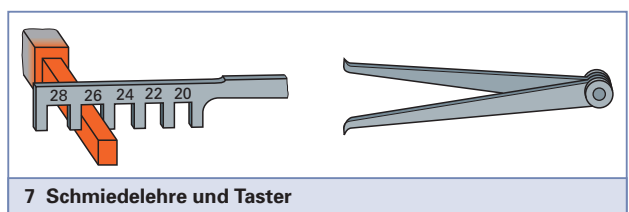
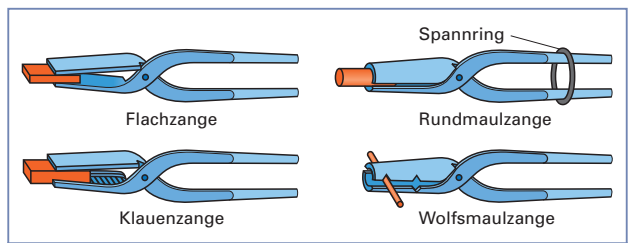
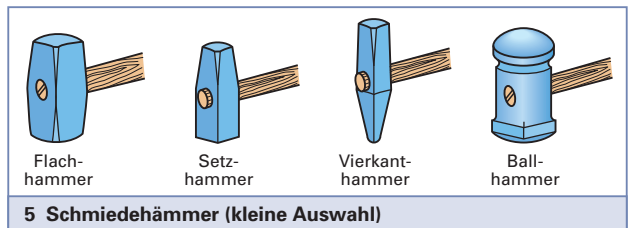
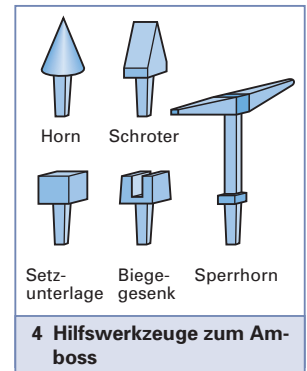
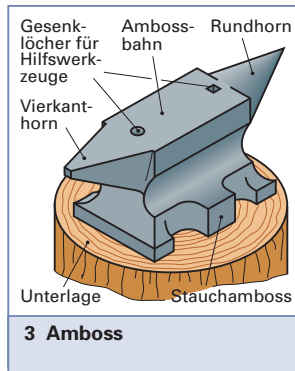
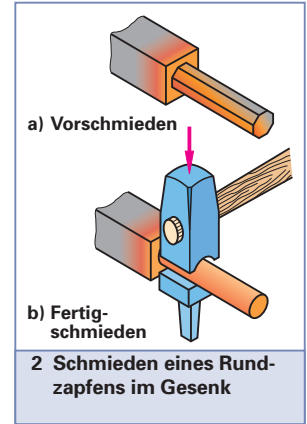
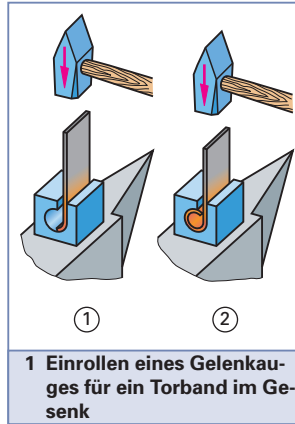
Schmiedehämmer haben eine leicht gewölbte Bahn und eine abgerundete Finne. **Handhämmer** werden einhändig geführt. Ihre Masse beträgt 1 kg bis 2 kg (Bild 5).

Zuschlaghämmer werden beidhändig geführt. Sie haben die Masse von 3 kg bis 15 kg. Ihre Form entspricht dem Handhammer oder wird als Kreuzschlaghammer (Finne in Stielrichtung) gestaltet. **Hilfshämmer** (Bild 5 und Seiten 14, 15) werden vom „**Vorschmied**“ gehalten und vom „**Zuschläger**“ vorgetrieben. Ihre Stiele sitzen lose, um Prellschläge zu vermeiden.

Zangen müssen fest und sicher greifen, deshalb muss für jedes Schmiedestück die geeignete Zange vorhanden sein (Bild 6). Um die Hand nicht zu ermüden, kann ein Spannring über die Schenkel der Zange geschoben werden.

Zum Werkzeug 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.



1.2.4 Kunstschmieden und Gestaltung

An den meisten aus dem Altertum überlieferten Erzeugnissen des Schmiedehandwerks ist erkennbar, dass bei ihrer Gestaltung nicht nur der Gesichtspunkt der Zweckmäßigkeit entscheidend war. Oft ist auch ein ästhetischer Gestaltungswille erkennbar, in dem der vom jeweiligen Stil der Zeit geprägte Sinn für Schönheit zum Ausdruck kommt. Neben rein technisch-funktional bestimmten Werkstücken, wie Mauerankern, Werkzeugrohlingen, Torbeschlägen und Ähnlichem, muss der Metallbauer auch hin und wieder Arbeiten ausführen, die neben der Beherrschung der traditionellen Schmiedetechnik ein gewisses Gestaltungsvermögen voraussetzen.

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

Dazu gehört die Fertigung von Gittern und Geländern, Türen und Toren, aber auch die Anfertigung von Grabzeichen, Beschlägen, Konsolen mit Schildern und verschiedenen Geräten.

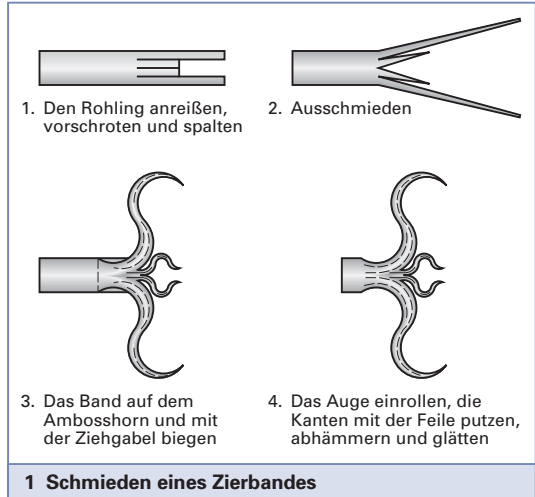
Sollen diese Arbeiten vom Entwurf bis zur Aufstellung individuell und nur in Handarbeit ausgeführt werden, wie es dem traditionellen Selbstverständnis der Kunstschmiede entspricht, so werden die Stücke sehr teuer. Sie erfüllen dann meistens repräsentative Funktionen oder entstehen bei der Wiederherstellung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

Um die Wünsche nach künstlerischer Ausgestaltung von Wohnhäusern, Verwaltungsgebäuden, Schulen, Brücken, Parks und anderen Anlagen zu erschwinglichen Preisen zu erfüllen, bieten Industriebetriebe eine große Auswahl von Einzelteilen und ganzen Baugruppen an. Sie sehen wie Kunstschmiedearbeiten aus, können aber vom Metallbauer mit einfachen Techniken montiert werden (Bilder 2 und 3). Für die Auswahl ist der Stil der Gesamtanlage entscheidend. Dies trifft auch für die Einzelarbeit des Kunstschmieds zu, falls er nicht eine „freie Arbeit“, wie z. B. ein Grabkreuz ausführt.

! 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 Schmiedestück ist;
- der mögliche finanzielle und Zeit-Aufwand;
- die Fähigkeiten des Schmiedes, seine Arbeitsverfahren und Einrichtungen;
- die Bau- und Sicherheitsvorschriften.



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 Gesenken geschmiedet. Die gestreckte Länge kann errechnet, aber auch mithilfe eines Probestücks ermittelt werden (Bild 1). Die Stoßstelle kann stumpf oder schräg überplattet ausgeführt werden.

Rosetten dienen zur Bildung von ornamental aufgelockerten Flächen. Kennzeichnend ist ein Zierriet 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 den Bildern 3 und 6.

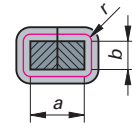
Stabenden werden besonders bei Gitterzäunen gewählt, um die Oberkante zu betonen, aber auch, um unbefugtes Übersteigen zu erschweren (Bild 3). Sie bieten die Möglichkeit individueller Gestaltung.

Stilepochen

Die charakteristischen Gestaltungselemente der einzelnen Stilepochen haben auch heutzutage nicht nur museale Bedeutung bei Restaurierungsarbeiten, sondern werden von vielen Bauherren zur repräsentativen Gestaltung ihrer Anwesen genutzt. Die mittelalterlichen Stile **Romanik** und **Gotik** greifen vielfach auf Naturformen zurück (Bild 4). Der **Renaissancestil** des 15. und 16. Jahrhunderts und der **Empirestil** des 19. Jahrhunderts nehmen antike Formen auf, während der **Barock-** und **Rokokostil** des 17. und 18. Jahrhunderts üppiges Rankenwerk vorziehen (Bild 5). In der **Moderne** gibt es keinen einheitlichen Stil mehr. Von der freien Gestaltung bis zu streng geometrischen Formen reicht die Skala der Möglichkeiten (Bild 6).

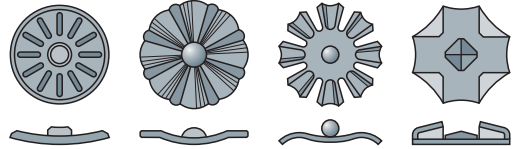
Überprüfen Sie Ihre Kenntnisse

- 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.

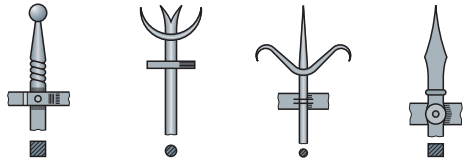


$$l = 2 \cdot a + 2 \cdot b + 2\pi \cdot r$$

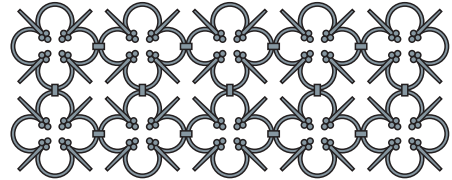
1 Darstellung eines Bundes und Berechnung der gestreckten Länge



2 verschiedene Formen von Rosetten



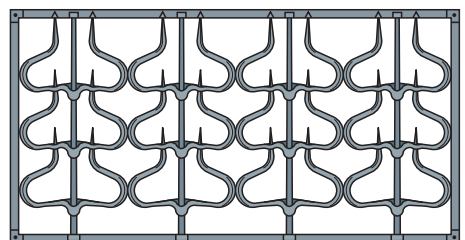
3 Stabenden und -kreuzungen



4 Gotisches Gitter



5 Barockes Tor



6 Tor in moderner Gestaltung

1.3 Richten

Die Voraussetzung für den Zusammenbau von Einzelteilen zu Baugruppen ist in der Regel, dass sie passgenau gerade und eben sind. Nur so können sie an den Verbindungsstellen genau und fest aneinander gefügt werden.

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

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

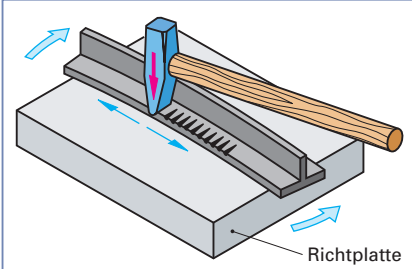
1.3.1 Kaltrichten

Das Prinzip des Richtens mithilfe äußerer Kräfte lässt sich gut am Beispiel des Gerade-Richtens eines verbogenen T-Stahls durch Strecken zeigen (Bild 2). Infolge der Verformung sind die Werkstofffasern an der konvexen Seite gestreckt, die auf der konkaven Seite gestaucht worden. Deshalb muss hier durch sorgfältig geführte Hammerschläge mit der Finne der Werkstoff gestreckt werden, bis die Krümmung beseitigt ist und der Profilstahl wieder seine ordnungsgemäße gerade Form erhalten hat.

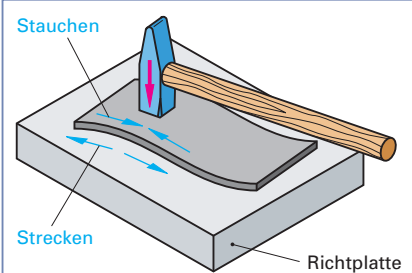
Beim Flachstahl dagegen geschieht das Richten durch Schläge mit der Bahn des Hammers auf die konvex gewölbte Seite, die zur Streckung der gegenüberliegenden konkaven Seite führt (Bild 3).

Das Richten stärkerer Stäbe oder Profile kann auch durch den Druck der Biegebeilagen im Schraubstock geschehen. Auch verbogene dünnere Rohre lassen sich im Schraubstock gerade biegen (Bild 4 a). Verzogene Stahlstäbe müssen vorher noch mithilfe einer Ziehgabel oder größerer Werkzeuge gedreht werden (Bild 4 b).

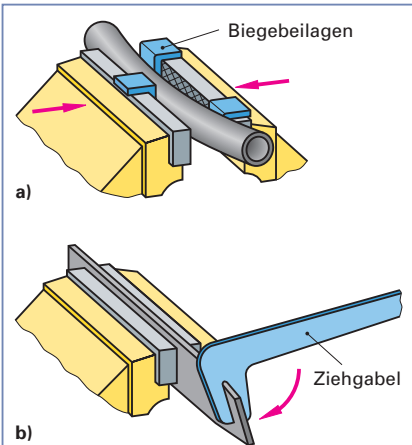
Richten von Blech, auch **Spannen** genannt, kann in der Werkstatt auf der Richtplatte durch gezieltes örtliches Strecken und Stauchen erfolgen (Bild 1).



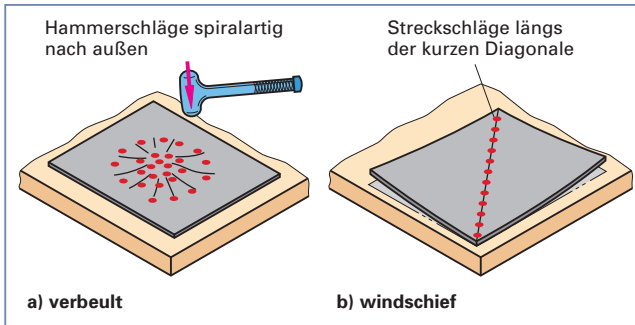
2 Richten eines verbogenen Winkelprofils durch Strecken



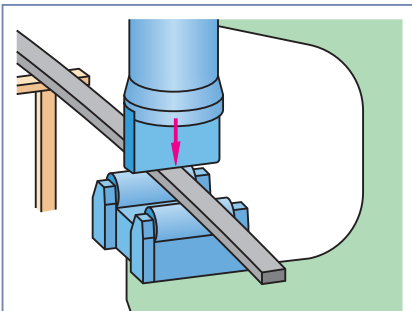
3 Richten von verbogenem Flachstahl



4 Richten im Schraubstock



1 Spannen von Blech



5 Richten von Stabstahl mit einer Presse

Richten mit Maschinen ist bei größeren Abmessungen der Werkstücke nötig. Stäbe, Profile, Träger und auch Rohre werden auf speziellen Pressen meist hydraulisch über die Verformungsrichtung hinaus gebogen (Bild 5 der vorherigen Seite). Größere und dickere Bleche werden durch Walzen auf Rollenrichtmaschinen in den planem Zustand zurückversetzt (Bild 1).

1.3.2 Warmrichten

Metalle dehnen sich beim Erwärmen aus. Werden die Wärmedehnung und die anschließende Schrumpfung beim Abkühlen gezielt behindert, entstehen Schrumpfspannungen, die das Teil in gewünschter Weise verziehen können.

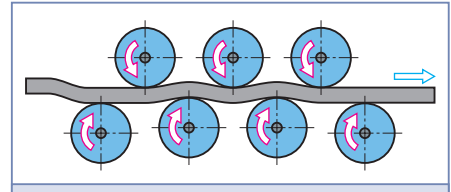
! Beim Warmrichten werden durch örtliche Erwärmung Schrumpfspannungen erzeugt, um ein Bauteil zu richten.

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 2). 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.

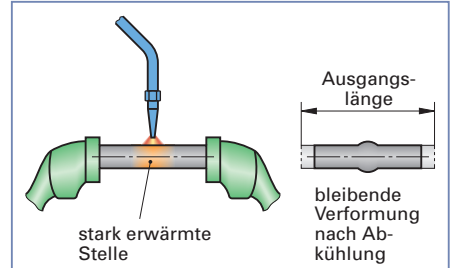
Der in diesem Versuch beobachtete Effekt ist auch die Grundlage des **Flammrichtens** (Bild 3). Ist z. B. ein L-Stahl verbogen worden, kann er durch das Setzen eines oder mehrerer **Wärmekeile** gerade gerichtet werden. Die Basis des dreieckigen Keils muss an der äußeren, langen Seite der stärksten Krümmung liegen. Während der Erwärmung führt die Ausdehnung des Metalls zuerst zu einer noch stärkeren Krümmung des Profils. Ist der Werkstoff innerhalb des Keils teigig geworden, staucht die im Werkstück entstandene Spannung das stark erwärmte Gebiet zusammen. Nach der einsetzenden Abkühlung und 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:

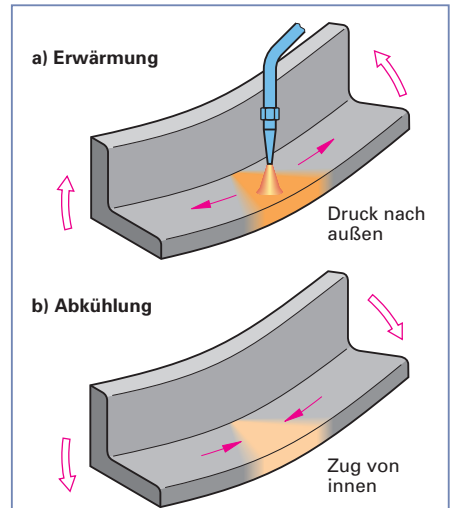
- Nichtrostenden Stahl vorher entfetten, Brenner mit leichtem O₂-Überschuss gegen Aufkohlung einstellen;
- Flammrichtfigur mit Kreide anzeichnen;
- **Behinderung der Wärmeausdehnung** durch Festspannen mit Zwingen oder schweren Gewichten;
- Brennergröße: 2,5 bis 3 mal Blechdicke, Cr-Ni-Stahl etwa eine 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;



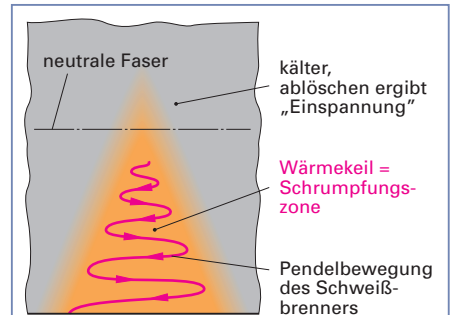
1 Prinzip einer Rollenrichtmaschine



2 Versuch zur Wärmedehnung



3 Richten eines verbogenen Winkelstahls mit einem Wärmekeil



4 Setzen eines Wärmekeils