EUROPA-FACHBUCHREIHE für Metallberufe

METALLBAUTECHNIKFachbildung

nach Lernfeldern

11. neubearbeitete Auflage

Bearbeitet von Lehrern an beruflichen Schulen und Ingenieuren

Leiter des Arbeitskreises: Gerhard Lämmlin

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

Europa-Nr.: 11311

Autoren

Didi, MirjaDipl.-Ing. (FH), M. Eng., StudienrätinContwigIgnatowitz, EckhardDr. Ing., StudienratWaldbronnLang, EstherStudienrätinWaddeweitz

Lämmlin, Gerhard Dipl.-Ing., Studiendirektor a. D. Neustadt/Weinstraße

Marter, Roland Studienrat Tornesch
Noack, Sven Dipl.-Ing. Bautzen
Pahl, Hans-J. Dipl.-Ing., Oberstudienrat Hamburg
Thiele, Eckhard Dipl.-Ing., Studiendirektor Wildau
Steinmüller, Armin Dipl.-Ing. Hamburg

Lektor und Leiter des Arbeitskreises:

Gerhard Lämmlin

Bildentwürfe und Fotos:

Die Autoren sowie Leihgaben von Firmen und Autoren anderer Werke (S. 559 f.).

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, Ostfildern. Grafische Produktionen Neumann, Rimpar

11. Auflage 2023 Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch 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 978-3-7585-1317-6

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

© 2023 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten www.europa-lehrmittel.de

Satz: Jürgen Neumann, Grafische Produktionen, 97222 Rimpar

Umschlag: Blick Kick Kreativ KG, 42653 Solingen

 $Umschlag fotos: @\ Piccolo\ -\ stock. adobe.com,\ zhu\ difeng\ -\ stock. adobe.com,\ Luckyboost\ -\ stock. adobe.com,\ difference and adobe.com,\ difference and adobe.com,\ difference and adobe.com,\ difference and\ difference\ difference\$

NVB Stocker - stock.adobe.com

Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

Vorwort

Das vorliegende Buch umfasst alle wesentlichen Unterrichtsinhalte für Konstruktionsmechaniker und Metallbauer sowie größtenteils auch für Anlagenmechaniker. Dabei wurden dieienigen 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 größter Wert gelegt. Auch mit der vorliegenden 11. Auflage wurde den zwischenzeitlich erfolgten, umfangreichen Änderungen im Normenwerk Rechnung getragen. In der 10. Auflage 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 Technikerschulen 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 kritischen Hinweise zur Verbesserung dieses Lehrbuchs an:

lektorat@europa-lehrmittel.de.

Inhaltsverzeichnis 4 ... 9 Kurzinhaltsverzeichnis 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 41	2
23	Geländer	413 41	8

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, Umform-Schraub-, Niet- und Klemmverbindungen teilen und Konstruktionen aus Profilen 55 4.1 Fügeverfahren im Metall- und Stahlbau **Umformen** 11 (Übersicht) 55 4.2 Schraubverbindungen 56 4.2.1 Schraubenbezeichnung 56 1.1 Einteilung der Umformverfahren 11 4.2.2 Handelsformen und Verwendung der 1.2 11 Schmieden Schrauben 57 1.2.1 Technologische Grundlagen 11 423 Muttern 59 1.2.2 Schmiedeverfahren 14 4.2.4 Unterleascheiben 59 1.2.3 Werkzeuge zum Schmieden 16 4.2.5 Selbsthemmung von Gewinden 59 1.2.4 Kunstschmieden und Gestaltung 17 4.2.6 Spannschlösser 60 19 1.3 Richten 4.2.7 Schraubensicherungen 60 1.3.1 Kaltrichten 19 4.2.8 HV-Schrauben 62 1.3.2 Warmrichten 20 4.2.9 Vorteile von HV-Schraubverbindungen 1.3.3 Metallentspannung durch Vibration 21 im Stahlbau 62 1.4 22 **Biegeumformen** 4.2.10 Schraubenabstände 63 Technologische Grundlagen 22 1.4.1 4.2.11 Scher-Lochleibungs-Schraubverbindung 1.4.2 Biegen von Rohren und Profilen 23 (SL-Verbindung) 63 Biegeumformen von Blech 24 1.4.3 4.2.12 Gleitfest vorgespannte Verbindung 1.5 Zug- und Druckumformen 26 (GV-Verbindung) 65 4.2.13 Korrosionsschutz der Schraub-26 1.6 Fügen durch Umformen verbindungen 66 27 1.6.1 Falzen 1.6.2 Clinchen - Durchsetzfügen 28 4.3 Trägerklemmverbindungen 67 4.4 68 Nietverbindungen 4.4.1 29 Warmnietung 68 Spanen 4.4.2 Kaltnietung 68 4.4.3 Blindniete 69 2.1 Werkzeugschneide 29 4.4.4 Fügeverfahren mit Funktionselementen 70 2.2 29 Arbeitsauftrag: Fügen eines Windverbandes 72 Einflussgrößen der Zerspanung 2.3 30 **Bohren** Stoffschlüssige 2.4 Sägen 31 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 Unterpulverschweißen 5.1.3 86 2.7 Schleifen und Feinbearbeitungs-5.1.4 Schutzgasschweißen 87 verfahren 34 Wolfram-Plasmaschweißen WP 5.1.5 93 34 2.7.1 Spanungsvorgang 5.1.6 Laserstrahlschweißen 94 34 2.7.2 Schleifwerkzeuge 5.1.7 Hybridschweißverfahren 95 36 2.7.3 Arbeit mit Schleifwerkzeugen 5.2 Pressschweißverfahren 96 Schleifverfahren und Schleifmaschinen 2.7.4 37 Schweißverbindung 2.8 Trennschleifen 39 5.3 100 5.3.1 Schweißnaht 100 Polieren und Bürsten 39 2.9 5.3.2 101 Schweißspannungen 5.3.3 Schweißfolgeplan 101 Mechanisches Zerteilen und 102 5.3.4 Gestaltung von Schweißverbindungen Thermisches Trennen 41 5.3.5 Schweißanweisung 103 Schweißbarkeit von Metallwerkstoffen 104 5.4 3.1 Keilschneiden 41 5.5 Kunststoffschweißen 107 3.2 Scherschneiden 41 3.2.1 Prinzip des Scherschneidens 41 5.6 Löten 108 3.2.2 Offen-Schneiden 43 5.6.1 Lötvorgang 108 3.2.3 Geschlossen-Schneiden 47 5.6.2 Lötverfahren 109 5.6.3 Lote 110 3.3 Thermisches Trennen 49 Flussmittel 5.6.4 111 3.3.1 Autogenes Brennschneiden 49 5.7 Kleben 112 3.3.2 Schmelzschneiden 51 52 3.3.3 Laserstrahlschneiden 5.7.1 Kleben im Metallbau 112

E 70	Wirkungsweise der Klabateffe	112	7.9.2	CNC Lagarachacidtachaile	143
5.7.2 5.7.3	Wirkungsweise der Klebstoffe Arten der Klebstoffe	113	7.9.2 7.9.3	CNC-Laserschneidtechnik Wasserstrahlschneiden	143
5.7.3 5.7.4	Vorbehandlung der Klebeflächen	115	7.9.3 7.9.4	Blechbiegen, CNC-gesteuert	143
5.7.5		115	7.9.4	CNC-gesteuertes Biegen von Rohren	145
5.7.5	Gestaltungsregeln für	115	7.9.6	Stanzen und Nibbeln mit	145
E 7 6	Klebeverbindungen	115	7.3.0	NC-Maschinen	146
5.7.6 5.7.7	Verarbeitung der Klebstoffe Vor- und Nachteile von	115	7.9.7		148
5.7.7		116		Komplettbearbeitung von Profilen	148
	Klebeverbindungen	110	Arbeits	auftrag: Herstellen eines Schüttgut- behälters	149
			Arbaita	auftrag: Bau einer Wetterschutzhutze	149
	6 Elektrische Maschinen und			auttrag: Bau emer wetterschutzhutze auftrag: Bau und Montage eines	151
	Anlagen	117	Arbeits	geschmiedeten Gitters	153
0.4	Elektrischer Stromkreis	447		geschinedeten ditters	155
6.1		117			
6.2	Elektromagnetismus	118	Lernfe	eld: Demontieren und Montieren von	
6.2.1	Elektromagnetische Induktion	118		Baugruppen in der Werkstatt	
6.2.2	Wechselstromgenerator	119			
6.2.3	Transformator	120		8 Heben und Bewegen von	
6.3	Elektromotoren	122		_	155
6.3.1	Stromdurchflossener Leiter im			Lastell	155
	Magnetfeld	122	8.1	Physikalische Grundlagen	155
6.3.2	Gleichstrommotoren	123	8.2	Hebezeuge	159
6.3.3	Wechselstrommotoren	124	8.2.1	Hebegeräte	159
6.3.4	Arbeit mit Elektromotoren	124	8.2.2	Flaschenzüge	160
6.4	Schutz vor den Gefahren des		8.2.3	Hand-Hubzeuge	161
	elektrischen Stroms	125	8.2.4	Elektrozug	162
6.4.1	Fehler an elektrischen Anlagen	125	8.2.5	Hebebühnen	162
6.4.2	Schutzmaßnahmen	125	8.2.6	Krane	162
			8.2.7	Sperrwerke und Bremsen	163
	7 NC-Technik im Metallbau	127	8.3	Flurförderfahrzeuge	164
	7 Ito Ioomin minotanbaa	,		<u> </u>	
1			8.4	Befestigung von Lasten Anschlagen von Lasten	164 164
7.1	Informationsfluss in der NC-Technik	127	8.4.1 8.4.2	Anschlagmittel	165
7.2	Aufbau von NC-Maschinen	128		5	
7.2.1	Eingabeeinheiten	128	8.5	Arbeitssicherheit und Unfallschutz	168
7.2.2	Verarbeitungseinheit	129			
7.2.3	Ausgabeeinheiten	130		9 Befestigung von Bauteilen	169
7.3	Konstruktive Merkmale von		395		
	NC-Maschinen	130	- 4	B () () ()	
7.3.1	Führungen und Spindeln	130	9.1	Befestigung mit Mauerankern und	400
7.3.2	Wegmesssysteme	131		Bindemitteln	169
7.4	Steuerungsarten	132	9.2	Befestigung mit Setzbolzen	170
7.5	Koordinatensysteme	132	9.2.1	Bolzensetzwerkzeuge	170
7.6	•		9.2.2	Setzbolzen	170
7.6 7.6.1	Programmaufbau Programmtashnische Informationen	133 133	9.2.3	Kartuschen	170
	Programmtechnische Informationen	133	9.3	Befestigung mit Ankern und Dübeln	171
7.6.2	Geometrische Informationen		9.3.1	Baustoff als Verankerungsgrund für	
7.6.3 7.6.4	Technologische Informationen Zusätzliche Informationen	135		Dübel	171
		135	9.3.2	Haltemechanismen für Dübel	172
7.7	Manuelle Programmierung	136	9.3.3	Belastungsart	173
7.7.1	Systematik der Programmerstellung	136	9.3.4	Montagearten	174
7.7.2	Bearbeitungsprogramm	136	9.3.5	Polyamiddübel (Nylondübel)	175
7.7.3	Werkzeugbahnkorrektur	137	9.3.6	Metallspreizdübel (Schwerlastdübel)	177
7.7.4	Programmierung von Kreisen	137	9.3.7	Spreizdruckfreie Dübel	177
7.7.5	Bearbeitungszyklen	139	9.3.8	Befestigung ohne Dübel und Anker	180
7.7.6	Unterprogrammtechnik	139			
7.8	Maschinelle Programmierung	140		10 Montage, Demontage und	
7.8.1	Programmerstellung in der Arbeits-				181
70.0	vorbereitung	140			
7.8.2	CAD/CAM-Verfahren	140	10.1	Werkstattmontage	181
7.9	Anwendung der NC-Technik in der		10.1.1	Planen der Montage	183
	Metallbaupraxis CNC-Brennschneidanlagen	141	10.1.2	Beispiel: Montage einer Treppe in der	184
7.9.1		141		Werkstatt	

10.2	Demontage	191	13.5.5	Fachwerkträger	226
10.3	Abfälle vermeiden, verwerten,		13.5.6	Schwere Fachwerkträger	229
	entsorgen	191	13.5.7	Leichtbau-Fachwerkträger	230
Arbeitsa	auftrag: Herstellen und Montieren eines		13.5.8	Raumfachwerke	232
	Französischen Balkons	193	13.5.9	Rahmenträger (Vierendeelträger)	233
Arbeitsa	auftrag: Vorbereitung einer		13.5.10	Leichtbau mit Rahmenträgern aus	
7 11 20 7100	Laufschienenbaugruppe für ein			Hohlprofilen	234
	Schiebetor	194	13.6	Trägerverbindungen	235
			13.6.1	Trägerauflager	235
			13.6.2	Trägeranschlüsse	237
Lernfe	ld: Herstellen von Stahl- und		13.6.3	Trägerstöße	241
	baukonstruktionen		13.6.4	Trägerbearbeitungen	243
			13.7	Aussteifungen und Abspannungen	244
	44 01 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	405	13.7.1	Aussteifungen	244
	11 Sicherheit am Bau	195	13.7.1	Seiltragwerke	244
				5	
11.1	Persönliche Arbeitsschutzmittel	196	13.8	Stahlhallenbau	247
11.1.1	Schutzhelme	196	13.8.1	Dachformen und statische Systeme	247
11.1.1			13.8.2	Konstruktionselemente einer	0=0
	Fußschutz	197	40.00	Satteldachhalle	250
11.2	Gerüste und Leitern	198	13.8.3	Krananlagen in Stahlhallen	251
11.3	Anseilschutz	200	13.9	Raumabschließende Bauelemente	253
11.4	Verhalten bei Unfällen und		13.9.1	Stahlbetonverbunddecken	253
	im Brandfall	202	13.9.2	Träger- und Profilverbunddecken	256
			13.9.3	Wände	258
	12 Vermessungsarbeiten		13.9.4	Dächer	260
		203	Arbeitsa	auftrag: Kranbahnkonsolen einer	
	aiii bau	203		2-schiffigen Halle	262
12.1	Schnurgerüst	203	Arbeitsa	auftrag: Bau eines Muldenwaschplatzes	263
12.2	Längenmessungen	204			
	•				
12.3	Winkelmessungen	205	Lernfe	ld: Herstellen von Türen, Toren und Git	ttern
12.4	Festlegung von Gebäudehöhen	205			
12.5	Festlegung der Ausbauhöhen	206		14 Türen	265
	13 Stahlbau und				
	Dachkonstruktionen	207	14.1	Aufbau einer Drehflügeltür	265
			14.2	Arten und Merkmale von Türen	267
13.1	Einteilung des Stahlbaus	207	14.2.1	Einbauort	267
13.2	Konstruktionselemente eines		14.2.2	Bewegungsart	267
	Stahlskelettbaus	209	14.2.3	Bewegungsrichtung	267
13.2.1	Einwirkungen von Kräften auf ein		14.2.4	Bauarten von Türen	268
	Stahlskelett	209	14.3	Sicherheit an Automatiktüren	273
13.2.2	Lastannahmen und Bemessungswerte		14.4		
13.2.3	Bautechnische Besonderheiten des			Türen mit besonderen Funktionen	274
	Stahlbaus	210	14.5	Werkstoffe für Türen	278
13.3		211	14.6	Türschließer	279
13.3.1	Spannungsarten in Bauteilen Normalspannungen	211	14.7	Beschläge für Türen	281
13.3.1	Schubspannungen	211	14.8	Einbau und Montage	282
13.3.3	Bemessung der Bauteile	212		Embad and Montago	
	_				
13.4	Stützen	213		15 Tore	283
13.4.1	Wirkungsweise von Stützen	213			
13.4.2	Bauformen	214	45.4		
13.4.3	Standfestigkeit von Stützen	215	15.1	Hallentore	283
13.4.4	Stützenköpfe	216	15.1.1	Drehtore	284
13.4.5	Stützenstöße	216	15.1.2	Schiebetore	284
13.4.6	Stützenfüße	217	15.1.3	Schiebefalttore	286
13.4.7	Verankerung von Stützen	218	15.1.4	Schwingtore	288
13.5	Träger	220	15.1.5	Rolltore	289
13.5.1	Walzträger	220	15.1.6	Sektionaltore	289
13.5.2					
	Geschweißte Blechträger	221	15.1.7	Sicherheitseinrichtungen	290
13.5.2 13.5.3 13.5.4	Geschweißte Blechträger Wabenträger Biegebeanspruchung in Trägern	221 221 222	15.1.7 15.2 15.2.1	Sicherheitseinrichtungen Tore für den Außenbereich Schiebetore	290 291 291

15.2.2	Drehtore	291	Lernfe	eld: Herstellen von Fenstern, Fassaden	und
15.3	Sicherheit an kraftbetätigten Toren	295		nbauten	
15.3.1	Sicherheit bei der Planung und				
10.0.1	Auswahl von Türen und Toren	295		19 Bauphysik	341
15.3.2	Begrenzung der Schließkräfte und			19 Baupilysik	341
10.0.2	Gestaltung der Hauptschließkante	296			
15.3.3	Sicherheitstechnische Prüfung	296	19.1	Wärmeschutz	34
10.0.0	Oldrernerestedinisone i raiding	200	19.1.1	Einsparung von Heizenergie	34
			19.1.2	Wärmeschutz am Bau	34
	16 Schlösser	297	19.1.3	Grundlagen der Wärmelehre	34
-			19.1.4	Wärmetransport	34
16.1	Schlossarten	207	19.1.5	Wärmedämmung von Gebäuden	34
	••••••	297	19.1.6	Energieeinsparung	34
16.2	Aufbau und Funktionsweise von		19.2	Feuchteschutz	35
	Falle-Riegel-Schlössern	298	19.3	Schallschutz	35
16.3	Normmaße von Schlössern	299	19.3.1	Entstehung des Schalls	35
16.3.1	Bezeichnung von Einsteckschlössern	300	19.3.2	Schallausbreitung	35
16.3.2	Bezeichnungsbeispiele	300	19.3.3	Schallwahrnehmung	35
16.4	Schlosssicherungen	300	19.3.4	Schallschutz im Hochbau	35
16.4.1	Buntbartschloss	300	19.4	Brandschutz	35
16.4.2	Chubbschloss	301	19.4.1	Brandverhalten von Baustoffen und	33
16.4.3	Zylinderschlösser	302	13.4.1	Bauteilen	35
16.4.4	Elekronische Zutrittskontrolle	309	19.4.2	Brandschutzmaßnahmen	35
16.5	Schließanlagen	311	19.4.3	Schutz von Bauteilen aus Stahl	35
10.5	Schlieisanlagen	311	13.4.3	Schutz von Bautenen aus Stani	- 55
				20 Fenster	359
	17 Gitter und Roste	313			
47.4	D I'. I . O''	040	20.1	Aufbau und Bauteile von Fenstern	35
17.1	Bewegliche Gitter	313	20.2	Bauarten und Einteilung der Fenster	36
17.2	Feststehende Gitter	313	20.2.1	Konstruktionsarten	36
17.3	Gitterroste und Roste aus Stahlblech	314	20.2.2	Öffnungsarten	36
17.3.1	Anwendung und Eigenschaften	314	20.2.3	Rahmenwerkstoffe	36
17.3.2	Bauarten	314	20.2.4	Fenster mit besonderen Funktionen	36
17.3.3	Aussparungen und Randeinfassungen	315	20.3	Fensterbeschläge	36
17.3.4	Korrosionsschutz	315	20.3.1	Dreh-Kippbeschlag	20
	KUTUSIUTISSCITUTZ				36
17.3.5	Sicherheitsroste	315	20.3.2	Einbruchhemmende Beschläge	36
17.3.5 17.3.6			20.3.2 20.3.3		
	Sicherheitsroste	315		Einbruchhemmende Beschläge	36
17.3.6	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen	315 315	20.3.3	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag	36 36
17.3.6 17.3.7	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan	315 315 316	20.3.3 20.4	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern	36 36 36
17.3.6 17.3.7 17.3.8	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste	315 315 316 316	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk	36 36
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste	315 315 316 316 317	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung	36 36 36 36
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben	315 315 316 316 317 317	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung	36 36 36 36 36 37
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise	315 315 316 316 317 317	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau	36 36 36 36 37 37
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise sauftrag: Podest am Kesselgerüst	315 316 316 317 317 317 317 318	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern	36 36 36 36 37 37
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise	315 315 316 316 317 317	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben	36 36 36 36 37 37 37
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise sauftrag: Podest am Kesselgerüst	315 316 316 317 317 317 317 318	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme	36 36 36 36 37 37 37
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise auftrag: Podest am Kesselgerüst	315 315 316 316 317 317 317 318	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am	36 36 36 36 37 37 37 37
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise auftrag: Podest am Kesselgerüst 18 Steuern und Regeln Steuern	315 315 316 316 317 317 318 319	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2 20.5.3	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am Bauwerk	36 36 36 36 37 37 37 37
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits 18.1 18.2	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise auftrag: Podest am Kesselgerüst 18 Steuern und Regeln Steuern Regeln	315 315 316 316 317 317 317 318 319 319	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2 20.5.3	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am Bauwerk Schaufenster und Vitrinen	36 36 36 36 37 37 37 37
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits 18.1 18.2 18.3	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise auftrag: Podest am Kesselgerüst Steuern Regeln Steuerungsarten	315 315 316 316 317 317 317 318 319 319 320	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2 20.5.3	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am Bauwerk Schaufenster und Vitrinen	36 36 36 36 37 37 37 37 37
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits 18.1 18.2 18.3 18.3.1	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise auftrag: Podest am Kesselgerüst Steuern Regeln Steuerungsarten Mechanische Steuerungen	315 315 316 316 317 317 317 318 319 319 320 321	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2 20.5.3	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am Bauwerk Schaufenster und Vitrinen 21 Fassaden und Glaskonstruktionen 37	36 36 36 36 36 37 37 37 37 37
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits 18.1 18.2 18.3 18.3.1 18.3.2	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise sauftrag: Podest am Kesselgerüst 18 Steuern und Regeln Steuern Regeln Steuerungsarten Mechanische Steuerungen Pneumatische Steuerungen	315 315 316 316 317 317 317 318 319 319 320 321 321	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2 20.5.3 20.6	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am Bauwerk Schaufenster und Vitrinen 21 Fassaden und Glaskonstruktionen 33 Einteilung und Bauarten	366 366 366 377 377 377 377 377 377 377
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits 18.1 18.2 18.3 18.3.1 18.3.2 18.3.3	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise sauftrag: Podest am Kesselgerüst 18 Steuern und Regeln Steuern Regeln Steuerungsarten Mechanische Steuerungen Pneumatische Steuerungen Hydraulische Steuerungen	315 315 316 316 317 317 317 318 319 319 320 321 321 326	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2 20.5.3 20.6	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am Bauwerk Schaufenster und Vitrinen 21 Fassaden und Glaskonstruktionen 33 Einteilung und Bauarten Warmfassaden	366 366 366 376 377 377 377 377 377 377
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits 18.1 18.2 18.3 18.3.1 18.3.2 18.3.3 18.3.4	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise sauftrag: Podest am Kesselgerüst 18 Steuern und Regeln Steuern Regeln Steuerungsarten Mechanische Steuerungen Pneumatische Steuerungen Hydraulische Steuerungen Elektrische Steuerungen	315 315 316 316 317 317 317 318 319 319 320 321 321 326 330	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2 20.5.3 20.6	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am Bauwerk Schaufenster und Vitrinen 21 Fassaden und Glaskonstruktionen 23 Einteilung und Bauarten Warmfassaden Kaltfassaden	366 366 367 377 377 377 377 377 377 377
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits 18.1 18.2 18.3 18.3.1 18.3.2 18.3.3	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise auftrag: Podest am Kesselgerüst 18 Steuern und Regeln Steuern Regeln Steuerungsarten Mechanische Steuerungen Pneumatische Steuerungen Hydraulische Steuerungen Elektrische Steuerungen Speicherprogrammierbare Steuerunges	315 315 316 316 317 317 317 318 319 319 320 321 321 326 330	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2 20.5.3 20.6	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am Bauwerk Schaufenster und Vitrinen 21 Fassaden und Glaskonstruktionen 21 Einteilung und Bauarten Warmfassaden Kaltfassaden Kalt-Warmfassaden(CW-Fassade)	3636363636363737737737737737737737737373737373737373
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits 18.1 18.2 18.3 18.3.1 18.3.2 18.3.3 18.3.4 18.3.5	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise auftrag: Podest am Kesselgerüst 18 Steuern und Regeln Steuern Regeln Steuerungsarten Mechanische Steuerungen Pneumatische Steuerungen Hydraulische Steuerungen Elektrische Steuerungen Speicherprogrammierbare Steuerunger (SPS)	315 315 316 316 317 317 317 318 319 319 320 321 321 326 330 en	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2 20.5.3 20.6	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am Bauwerk Schaufenster und Vitrinen 21 Fassaden und Glaskonstruktionen 37 Einteilung und Bauarten Warmfassaden Kalt-Warmfassaden(CW-Fassade) Doppelfassade, Zweite-Haut-Fassade	363636363637377377377377373737373737373
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits 18.1 18.2 18.3.1 18.3.2 18.3.3 18.3.4 18.3.5	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise auftrag: Podest am Kesselgerüst 18 Steuern und Regeln Steuern Regeln Steuerungsarten Mechanische Steuerungen Pneumatische Steuerungen Hydraulische Steuerungen Elektrische Steuerungen Speicherprogrammierbare Steuerunge (SPS) Steuerungstechnische Projekte	315 315 316 316 317 317 317 318 319 319 320 321 321 326 330	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2 20.5.3 20.6	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am Bauwerk Schaufenster und Vitrinen 21 Fassaden und Glaskonstruktionen 37 Einteilung und Bauarten Warmfassaden Kalt-Warmfassaden(CW-Fassade) Doppelfassade, Zweite-Haut-Fassade Ganzglasfassaden (Structural Glazing)	36363636363637377377377
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits 18.1 18.2 18.3 18.3.1 18.3.2 18.3.3 18.3.4 18.3.5	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise auftrag: Podest am Kesselgerüst 18 Steuern und Regeln Steuern Regeln Steuerungsarten Mechanische Steuerungen Pneumatische Steuerungen Hydraulische Steuerungen Elektrische Steuerungen Speicherprogrammierbare Steuerunge (SPS) Steuerungstechnische Projekte auftrag: Planung und Ausführung einer	315 315 316 316 317 317 317 318 319 320 321 321 326 330 333 335	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2 20.5.3 20.6 21.1 21.1.1 21.1.2 21.1.3 21.1.4 21.1.5 21.1.6	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am Bauwerk Schaufenster und Vitrinen 21 Fassaden und Glaskonstruktionen 37 Einteilung und Bauarten Warmfassaden Kalt-Warmfassaden(CW-Fassade) Doppelfassade, Zweite-Haut-Fassade Ganzglasfassaden (Structural Glazing) Punktgehaltene Glasfassade	363636363637377377377377373737373737373
17.3.6 17.3.7 17.3.8 17.3.9 17.3.10 17.3.11 Arbeits 18.1 18.2 18.3 18.3.1 18.3.2 18.3.3 18.3.4 18.3.5	Sicherheitsroste Normroste und Trittstufen Verlegeplan Stützweite Befestigung der Roste Bestellangaben Sicherheitshinweise auftrag: Podest am Kesselgerüst 18 Steuern und Regeln Steuern Regeln Steuerungsarten Mechanische Steuerungen Pneumatische Steuerungen Hydraulische Steuerungen Elektrische Steuerungen Speicherprogrammierbare Steuerunge (SPS) Steuerungstechnische Projekte	315 315 316 316 317 317 317 318 319 320 321 321 326 330 333 335	20.3.3 20.4 20.4.1 20.4.2 20.4.3 20.4.4 20.5 20.5.1 20.5.2 20.5.3 20.6	Einbruchhemmende Beschläge Hebe-Schiebeflügelbeschlag Herstellung von Fenstern Aufmaß am Bauwerk Zuschnitt und Bearbeitung Rahmenverbindung Beschlageinbau Montage von Fenstern Klotzung der Scheiben Verglasungssysteme Anschluss und Befestigung am Bauwerk Schaufenster und Vitrinen 21 Fassaden und Glaskonstruktionen 37 Einteilung und Bauarten Warmfassaden Kalt-Warmfassaden(CW-Fassade) Doppelfassade, Zweite-Haut-Fassade Ganzglasfassaden (Structural Glazing)	36363636363637377377377

21.3	Wasserabführung bei Fassaden	382	24.1.3	Qualitätsprüfung	423
21.4	Planung, Fertigung und Montage von		24.1.4	Qualitätsverbesserung	423
	Fassaden	383	24.2	Qualitätsmanagement nach	
21.4.1	Planungsgrundlagen	383		DIN EN ISO 9000:2015	424
21.4.2	Montage der Unterkonstruktion	384	24.2.1	Die acht Grundsätze des	
21.4.3	Pfosten-Riegel-Montage	385		Qualitätsmanagementsystems	424
21.4.4	Elementmontage	385	24.3	Modell eines Qualitäts-	
21.5	Glasanbauten	386		managementsystems	425
21.6	Sonnenschutz	388	24.3.1	Verantwortung der Leitung	426
21.6.1	Innenliegende Sonnenschutzanlagen	388	24.3.2	Management der Mittel	426
21.6.2	Äußere Sonnenschutzanlagen	389	24.3.3	Produkt- und	426
Arbeitsa	nuftrag: Projektierung, Konstruktion und		24.3.4	Dienstleistungsrealisierung Messung, Analyse und Verbesserung	426 426
	Herstellung eines Glasvordaches	393		Qualität ist nicht nur Chefsache	426
			24.4		420
Lernfe	ld: Herstellen von Treppen und Gelände	rn	24.5	Qualitätsmanagement in der	407
Lemie	ia. Herstellen von heppen and Gelande		24.5.1	Schweißtechnik Allgemeine Qualitätsanforderungen	427 427
	00 T	05	24.5.1	Spezielle Anforderungen im Stahl- und	427
	22 Treppen 3	95	24.5.2	Metallbau	427
			24.5.3	Qualifizierung von Schweißverfahren	428
22.1	Treppenarten	395	24.5.4	Qualifizierung von schweißtechnischem	
22.2	Konstruktionsarten von Treppen	397		Fachpersonal – Schweißer und	
22.2.1	Wangentreppen	397		Bediener	428
22.2.2	Holmtreppen	397			
22.2.3	Spindeltreppen	398	Impaktion/ Uberpullung	25 Instandhaltung 4	129
22.3	Stufenarten	398	ET ET	25 motumentung	
22.4	Bezeichnungen an der Treppe	399	Erfassen Beurteß		
22.5	Hauptmaße von Treppen (n. DIN 18065		25.1	Grundlegende Begriffe	429
22.6	Konstruktionsbeispiel	401	25.2	Instandhalten von Systemen im Metal	II-
22.6.1	Geschosshöhenberechnung	401		und Stahlbau	437
22.6.2	Steigungsberechnung	402	25.2.1	Vorbeugende Instandhaltungs-	
22.6.3	Konstruktion der Wangen	403		maßnahmen	437
22.7	Stufenverziehung bei gewendelten		25.2.2	Instandhaltungsvorschriften	439
,	Treppen	405	25.2.3	Diagnostik, Fehleranalyse undDokumentation	440
22.8	Anreißen von Wangen	408	25.2.4	Instandhaltung von Arbeitsmitteln	443
22.9	Berechnung mit Computern	408		auftrag: Instandhaltung einer zwei-flügeli	
	20100imang imit compatom			Feuerschutztür	445
	00.0.1" . 1.	40	Arbeitsa	auftrag: Instandhaltung einer	
	23 Geländer 4	13		Werkzeugmaschine	445
				auftrag: Instandhaltungsstrategie	445
23.1	Aufbau des Geländers	413		auftrag: Wartung eines Hoftores mit	
23.2	Geländer in und an Wohnhäusern	414	kraftbet	ätigten Drehflügeltüren	446
23.3	Industriegeländer	415			
23.4	Befestigung der Geländer	416	Lernfe	ldübergreifendes Wissen	
		410			
23.5	Biegen eines Treppengeländer- Krümmlings	417	1	26 Werkstofftechnik 4	147
Arboites	nuftrag: Konstruktionen einer Treppe	417		26 Werkstomtechnik 4	147
	nuftrag: Konstruktion eines	413	-		
Aibeitse	Treppengeländers	420	26.1	Übersicht der Werkstoffe	447
	noppongolandoro	120	26.2	Auswahl der Werkstoffe nach ihren	
				Eigenschaften	448
Lernfe	ld: Instandhalten von Systemen des Me	tall-	26.3	Stähle und Gusseisen	450
und St	tahlbaus		26.3.1	Roheisengewinnung und	.55
	_			Stahlherstellung	450
Grandlegen and Begriff	24 Qualitätsmanagement 4	21	26.3.2	Verarbeitung zu Stahlerzeugnissen	452
Anticoderungen DIN EN ISO 2004-2014			26.3.3	Normung der Stahlerzeugnisse	
Distensivessioning				(Formnormung)	455
24.1	Aufgaben des Qualitätsmanagements	422	26.3.4	Kurznamen für Stähle und Stahlguss	457
24.1.1 24.1.2	Qualitätsplanung Qualitätslenkung	422 423	26.3.5 26.3.6	Kurznamen für Gusseisenwerkstoffe Alte Kurznamen der Stähle und	459

	Gusseisenwerkstoffe	460	26.11	Kur	nststoffe (Plaste)	502
26.3.7	Werkstoffnummern für Stähle,		26.11.1	Eige	enschaften und Verwendung	502
	Gusseisenwerkstoffe und Stahlguss	461	26.11.2		rstellung und innerer Aufbau	502
26.3.8	Einteilung der Stähle und		26.11.3	Tecl	hnologische Einteilung	503
	Gusseisenwerkstoffe	462	26.11.4		ermoplaste	504
26.3.9	Stähle für den Metallbau und Stahlbau	463	26.11.5		roplaste	505
26.3.10	Korrosionsbeständige Stähle (Edelstahl	405	26.11.6		stomere	506
00 0 11	Rostfrei)	465	26.11.7		nderanwendungen von Kunststoffer	
26.3.11	Stähle für Bleche und Bänder	467			Metallbau	506
	Maschinenbaustähle	468	26.11.8		iterverarbeitung der Kunststoff-	
	Werkzeugstähle Gusseisenwerkstoffe und Stahlguss	469 470		Erze	eugnisse	508
	_		26.12		bundwerkstoffe	509
26.4 26.4.1	Innerer Aufbau der Metalle	471			erverstärkte Verbundwerkstoffe	509
26.4.1	Gefüge und kristalline Struktur Innerer Aufbau und Eigenschaften	471 471			chenverstärkte Verbundwerkstoffe	510
26.4.3	Kristallgittertypen der Metalle	471	26.12.3	Sch	nicht- und Strukturverbunde	510
26.4.4	Entstehung des Metallgefüges	472	26.13	Hilf	fsstoffe	511
26.4.5	Gefüge reiner Metalle und von	7,2	26.14	Gla	s und Glasbauteile	513
2010	Legierungen	473	26.15	We	rkstoffprüfung	515
26.4.6	Schmelz- und Erstarrungsverhalten	474	26.15.1		hnologische Prüfverfahren	515
26.4.7	Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm		26.15.2		bschlagbiegeversuch nach Charpy	515
	und Gefügearten der unlegierten Stähle	475	26.15.3	Här	teprüfungen	516
26.5	Wärmebehandlung der Stähle	476	26.15.4	Zug	gversuch	517
26.5.1	Glühen	476	26.15.5	Zer	störungsfreie Prüfverfahren	518
26.5.2	Härten	477	26.15.6	Met	tallografische Untersuchungen	519
26.5.3	Vergüten	480	26.16	We	rkstoffe und Hilfsstoffe - Umwelt-	
26.5.4	Härten der Randzone	480		und	d Gesundheitsschutz	520
26.6	Aluminium und Aluminiumlegierungen	482	26.16.1	Um	ngang mit Werk- und Hilfsstoffen	520
26.6.1	Aluminium-Werkstoffe	483	26.16.2	Rec	cycling und Entsorgung in	
26.6.2	Handhabung und Bearbeitung von				tallbaubetrieben	521
	Aluminium-Bauteilen	484			meiden von Schadstoffen	522
26.6.3	Fügen von Aluminium-Bauteilen	484	26.16.4		sundheitsgefährdende Stoffe im	
26.7	Kupfer und Kupferlegierungen	485		Met	tallbau	523
26.7.1	Unlegierte Kupferwerkstoffe	485				
26.7.2	Kupfer-Legierungen	486	Er Er	np-	27 Kommunikation und	
26.8	Weitere wichtige Metalle	488	A Company	V	Präsentation	525
26.9	Sinterwerkstoffe	490	27.1	V	mmunikation	ESE
26.9.1	Herstellung von Sinterteilen	490	27.1.1	_	mmunikation mmunikationsebenen	525 525
26.9.2	Typische Anwendungen	490	27.1.1		mmunikationsarten	525
26.9.3	Hartmetalle	491	27.1.2		mmunikationsmodelle	525
26.10	Korrosion und Korrosionsschutz	492	27.1.3		bleme in der Kommunikation	527
	Elektrochemische Korrosion	492	27.1.5		mmunikationsstrategien	528
	Erscheinungsformen der Korrosion Korrosion bei hohen Temperaturen	493 494	27.1.5.1		ategie zur Vermeidung von	320
	Einflussfaktoren auf die Korrosion	494	27.1.0.1		nflikten "Aktives Zuhören"	529
20.10.4	eines Bauteils	494	27.1.5.2		ategie zur Beseitigung	020
26 10 5	Auswahl der Werkstoffe nach dem	707			n bestehenden Konflikten	
20.10.0	Korrosionsverhalten	495			etakommunikation"	529
26.10.6	Korrosionsschutzgerechte Konstruktion	496	27.2		sentation	531
	Korrosionsschutz von Stahlbauten	497	_,	···	Schlation	50.
26.10.8	Vorbereiten der Stahloberfläche	497				
26.10.9	Korrosionsschutz von Stahlbauteilen		Sachw	ortv	verzeichnis	535
	durch Feuerverzinken	498				
26.10.10	Korrosionsschutzbeschichtung von		NI			
	Stahlbauteilen	499	ivorme	en ur	nd Vorschriften	555
26.10.11	Katodischer Korrosionsschutz von	F00				
00 10 10	Stahlbauteilen	500	Inform	atio	nsquellen/	
∠0.10.12	Korrosionsschutz bei korrosionsbeständigen Stählen	500				558
26 10 13	Korrosionsschutz von Aluminium-	300	Alison			JJJ
20.10.13	Bauteilen	501				
26.10.14	Korrosionsschutz bei Maschinen	501	Bildau	eller	nverzeichnis	559

Kurz-Inhaltsverzeichnis englisch

learni	ing fields: making of sheet pieces,		10.2	disassembly	191	20.6	shop windows and showcases	376
					151		•	
	ed parts and sectional steel structur		10.3	avoidance, recycling and disposal	101	21	façades and glass structures	377
1	forming	11		of waste	191	21.1	classification and types	377
1.1	classification of forming techniques	s 11	learni	ing field: making of steel and metal		21.2	overhead glazing	381
1.2	forging	11	struc			21.3	façade drainage	382
1.3	straightening	19					façade design, fabrication and	
1.4	bend forming	22	11	safety on site	195		assembly	383
1.5	tensile and compression forming	26	11.1	personal protective equipment	196	21.5	glass annexes	386
			11.2	scaffoldings and ladders	198		0	
1.6	joining by forming	26	11.3	antifall roping	200	21.6	sun-shading	388
2	machining	29		behavior in the event of fire	202	loarn	ing field: making of stairs and	
2.1	tool edge	29						
2.2	influencing variables in chip		12	surveying on site	203	Daius	trades	
	removal processes	29		alignment stage	203	22	stairs	395
2.3	drilling	30	12.2	length measurement	204	22.1	types of stairs	395
			12.3	angular measurement	205		construction types of stairs	397
2.4	sawing	31	12.4	determining building heights	205		tread types	398
2.5	milling	32		determining finishing and			stairway terminology	399
2.6	threading	33		completion heights	206			
2.7	grinding	34			200		main dimensions of stairs	400
2.8	cut-off grinding	39	13	structural steelwork and roof			sample design of a stairway	401
2.9	polishing and brushing	39		structures	207	22.7	turning the steps of a spiral	
3			13.1	structural steelwork classification	207		stairway	405
3	mechanical parting and thermal		13.2	constructional elements	209	22.8	marking-out of stringers	408
	cutting	41		types of stress acting in structural			computer calculation	408
3.1	wedge-action cutting	41		components	211		•	
3.2	shear cutting	41	12 /	piers	213	23	balustrades	413
3.3	thermal cutting	49					balustrade design	413
4	screwed, riveted and clamped joint	te SE		girders	220	23.2	balustrades in and at residential	
				girder connection	235		buildings	414
4.1	joining processes	55		bracing and guy ropes	244	23.3	industrial guard-rail	415
4.2	screwed joints	56	13.8	industrial steel buildings	247		fixing balustrades	416
4.3	clamping girder joints	67	13.9	space-enclosing structural				417
4.4	riveted joints	68		elements	253	23.5	bending a string wreath	417
5	self-substance joints	73				learn	ing field: maintenance of structural	
5.1	welding methods	73	learni	ing field: making of doors, gates an	d		I and steel systems	
			fence	s			•	
5.2	pressure welding methods	96	14	doors	265	24	quality management	421
5.3	welded joint	100				24.1	tasks of quality management	422
5.4	weldability of metals	104		revolving folding-door structure	265	24.2	quality management according to	
5.5	welding of plastics	107		door types and features	267		DIN EN ISO 9000:2005	424
5.6	soldering	108	14.3	security on automatic doors	273	2/1.3	quality management system	
5.7	bonding	112	14.4	doors with specific functions	274	24.0	model	425
			14.5	door materials	278			425
6	electrical machines and devices	117	14.6	door closer	279	24.4	quality assurance is not only a	
6.1	electric circuit	117		door fittings	281		matter for the boss!	426
6.2	electromagnetism	118		placing and assembly	282	24.5	quality management in welding	
6.3	electric motors	122					technology	427
6.4	Protection against the dangers of		15	doors and gates	283	25	- •	429
	electric current	125	15.1	entrance doors	283	25	maintenance	
_			15.2	exterior doors	291	25.1		429
7	NC technology in metal		15.3	safety at power operated/		25.2	maintenance of structural	
	construction	127		automatic gates	295		systems in metal and steel	
7.1	work flow in NC technology	127					construction	437
7.2	design of NC machines	128	16	locks	297			
7.3	design characteristics of NC			types of locks	297	inter	disciplinary knowledge	
	machines	130	16.2	design and operating mode	298	26	materials science	447
7.4	controller types	132	16.3	standard dimensions of locks	299	26.1	general survey of materials	447
7.5	coordinate systems	132		door lock safety catch	300		choice of materials depending on	77/
	program structure		16.5	master-keyed systems	311	20.2		448
7.6		133		·		26.2	their properties	
7.7	manual programming	136	17	grills and grates	313		steel and cast iron	450
7.8	machine-aided programming	140		articulated grills	313		inner structure of metals	471
7.9	using NC technology in metal			fixed grills	313	26.5	heat treatment of steel	476
	construction	141	17.3	gratings	314	26.6	aluminium and aluminium alloys	482
			18	control engineering	319	26.7	copper and copper alloys	485
	ing field: dismantling and assembling	ng		open-loop control	319		other important metals	488
struct	tural modules in the shop						sintered materials	490
8	lifting and moving loads	155		closed-loop control	319		corrosion and corrosion protection	
8.1	basic physics	155	18.3	controller types	320			
8.2	hoists	159	learni	ing field: making of windows, façad	06		plastics	502
8.3		164		ing neid. Making of Windows, laçad lass annexes			composite materials	509
	industrial trucks						process materials	511
8.4	fastening loads	164	19	building physics	341		glass and glass components	513
8.5	safety at work and protection		19.1	thermal isolation	341	26.15	material testing	515
	against accidents	168	19.2	moisture protection	351		environmental and health	
9	mounting of structural			noise insulation	353		protection	520
-	components	169		fire protection	357		•	
9.1	mounting with masonry anchors	169		•		27	communication and presentation	525
			20	windows	359	27.1	communication	525
9.2	mounting with studs	170		window design and components	359	27.2	presentation	531
9.3	mounting with dowels	171	20.2	window types and classification	360	subia	ect index	535
10	assembly, disassembly and			window fittings	366			
	disposal	181		window manufacture	369	furth	er reading	555
10 1	shop assembly	181		window installation	371	imag	e references	559
	p =================================					9		

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.

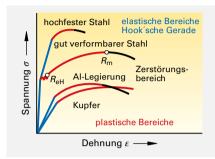
Die genormte Einteilung der Fertigungsverfahren des Umformens unterscheidet nach der im Werkstückquerschnitt auftretenden Spannung fünf Gruppen (Bild 2).

1.2 Schmieden

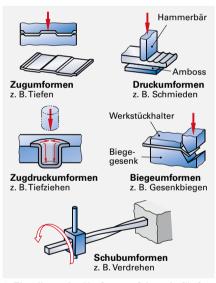
Schmieden ist eine spanlose Formänderung meist erwärmter metallischer Werkstücke durch Druckumformen zwischen zwei Werkzeugen.

1.2.1 Technologische Grundlagen

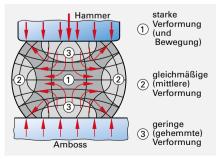
Beim Schmieden wird das in der Regel erwärmte Werkstück auf Druck beansprucht, wodurch Querschnittsveränderungen ohne Materialverlust entstehen. Die auftretenden Druck- bzw. Schubspannungen im Werkstück bewirken ein langsames Fließen der Stoffteilchen parallel zueinander. Dabei ist an den Rändern die 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 Metalllegierungen 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 Schmiedeendtemperatur, liegt etwas oberhalb der Rekristallisationstemperatur. Dort bilden sich wie bei der Wärmebehandlung (s. S. 476 ff.) die durch Kaltverformung verspannten Kristalle eines Werkstoffs neu.

Merke

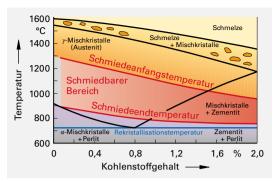
Je geringer der Kohlenstoffgehalt eines Stahls ist, desto höher kann die Schmiedeanfangstemperatur sein und desto größer ist der Temperaturbereich des Schmiedens.

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

Vorteile des Schmiedens

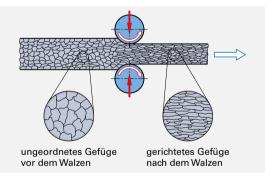
Kleine und mittelgroße Schmiedeteile werden aus gewalztem Material hergestellt. Es besitzt eine faserähnliche Gefügestruktur (Textur), wodurch die Festigkeit gegenüber dem Gussgefüge erhöht wird (Bild 2). Beim Schmieden bleibt diese Faserstruktur grundsätzlich erhalten, das Gefüge wird gleichmäßig feinkörnig 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.

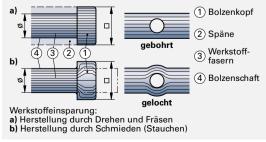


1 Abhängigkeit des Schmiedebereichs bei unlegiertem Stahl vom Kohlenstoffgehalt, dargestellt im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm

Schmiedetemperaturen und Glühfarben							
Werkstoff		Anfangs- temperatur	End- temperatur				
Baustahl Fe 360 B	3	1250 °C	780 °C				
unlegierter Werkz	eugstahl	1000 °C	800 °C				
Schnellarbeitssta	hl	1150 °C	900 °C				
Messing, Kupfer,	Bronze	700 °C	500 °C				
Aluminium		500 °C	300 °C				
dunkelrot kirschrot hellkirschrot hellrot	650 °C 750 °C 800 °C 850 °C	gelbrot dunkelgelb hellgelb weißgelb	900 °C 1050 °C 1150 °C 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

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 Energiemenge, 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

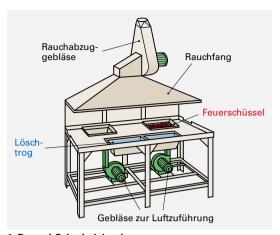
Das Erwärmen des kohlenstoffhaltigen Stahls führt zur **Verzunderung** der Oberfläche.

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

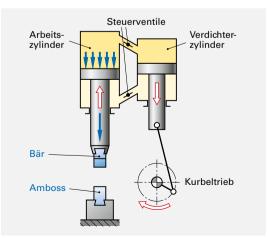
Schmiedepressen oder Maschinenhämmer (Bild 2) ersetzen die Muskelkraft. Der Hammer wird hier Bär genannt. Seine Masse beginnt bei ca. 30 kg. Die Kraft des Bären entsteht durch die Fallbeschleunigung. Zusätzliche Kräfte auf den Bären werden durch pneumatische und für besonders leistungsfähige Maschinen 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

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

1.2.2 Schmiedeverfahren

Neben den Umformverfahren benutzt der Schmied auch solche, die zu anderen Hauptgruppen der Fertigungsverfahren gehören (z. B. Abschroten 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 aneinandergereiht, 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 Spitze (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.



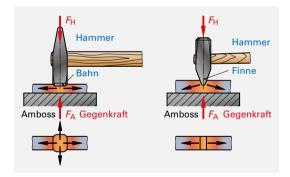
1 Schmiedegerät für Stabenden



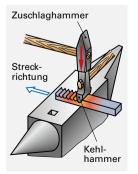
2 Profilwalzen für angeschmiedete Stabenden



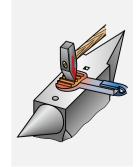
3 angeschmiedete Stabenden und geprägte Oberflächen



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 zweiseitig mit einem zusätzlichen Kehlschrot gearbeitet werden. Beim Kunstschmieden 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 einsteckbare 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 Kunstschmiedearbeiten 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

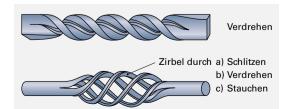
Dadurch werden beliebig geformte Durchbrüche, meist runde Löcher, in Schmiedestücke eingeformt. Als Werkzeuge dienen Lochhämmer und Dorne mit verschieden geformten Querschnitten (Bild 7). Vorgearbeitet wird mit dem Schlitzhammer. Das Fertiglochen mit dem Dorn geschieht häufig auf der Lochplatte.

Torsieren

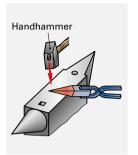
Es ist die am meisten verbreitete Methode zur Verzierung von Stäben (Bild 8). Zum Verdrehen von Stäben um ihre Längsachse müssen diese in erwärmtem Zustand an einem Ende eingespannt werden. Als Werkzeuge zum Verdrehen dienen Dreh- oder Torsiereisen.

Feuerschweißen

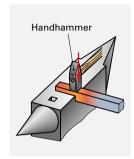
Zuerst müssen möglichst große Flächen an der Verbindungsstelle geschaffen werden. Dann werden die Teile auf eine Temperatur knapp unterhalb des Schmelzpunktes erwärmt, mit Flussmittel (Sand) von Oxiden befreit und durch Hammerschläge zusammengepresst. Dadurch verschweißen die Teile miteinander.



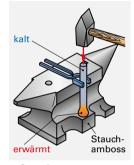
8 Torsieren



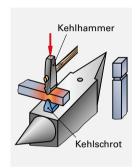
1 Spitzen



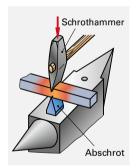
2 Absetzen



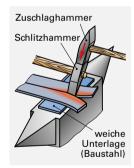
3 Stauchen



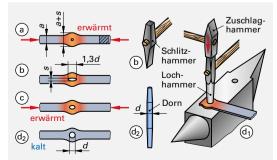
4 Kehlen



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 Hämmern, 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).

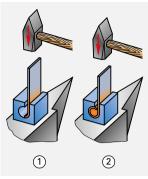
Schmiedehämmer haben eine leicht gewölbte Bahn und eine abgerundete Finne. Handhämmer werden einhändig geführt. Ihre Masse beträgt 1 kg bis 2 kg (Bild 5).

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 6, Seite 15) werden vom "Vorschmied" gehalten und vom "Zuschläger" vorgetrieben. Ihre Stiele sitzen lose, um Prellschläge zu vermeiden.

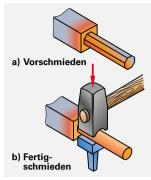
Kleine Schmiedestücke lassen sich nur mit Zangen sicher halten. Deshalb muss für die verschiedenen Formen der Werkstücke die geeignete Zange vorhanden sein (Bild 6). Um die Hand nicht zu ermüden, kann ein Spannring über die Schenkel der Zange geschoben werden.

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

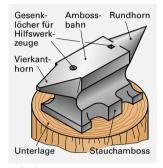
Ein spezielles Prüfmittel ist die **Schmiedelehre** (**Bild 7**). Da die erforderliche Genauigkeit beim Freiformschmieden von Hand gering ist, genügt für andere Längenmaße die Übertragung durch den Taster oder ein Stahl-Bandmaß.



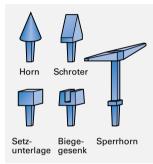
1 Einrollen eines Gelenkauges für ein Torband im Gesenk



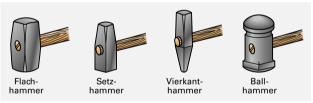
2 Schmieden eines Rundzapfens im Gesenk



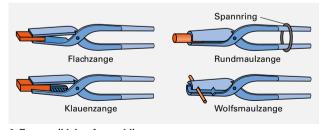
3 Amboss



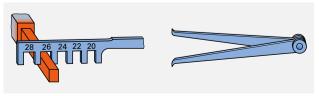
4 Hilfswerkzeuge zum Amboss



5 Schmiedehämmer (kleine Auswahl)



6 Zangen (kleine Auswahl)



7 Schmiedelehre und Taster

1.2.4 Kunstschmieden 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 Kunstschmiede 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).

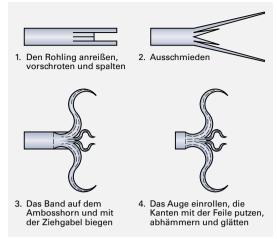
Um die Wünsche nach künstlerischer Ausgestaltung von z. B. Geländern in Wohnhäusern zu erschwinglichen Preisen zu erfüllen, bieten Industriebetriebe eine große Auswahl von Einzelteilen und ganzen Baugruppen an. Sie sehen wie traditionelle Kunst-Schmiedearbeiten aus, werden aber maschinell gefertigt und 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 Kunstschmieds 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, derenTeil das Schmiedestück ist;
- der mögliche finanzielle und zeitliche Aufwand;
- die Fähigkeiten des Schmiedes, seine Arbeitsverfahren und Einrichtungen;
- die Bau- und Sicherheitsvorschriften.



1 Schmieden eines Zierbandes



2 Industrielle Schmiedeteile



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 Gesenken 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 Zierniet 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

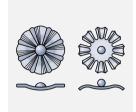
Die charakteristischen Gestaltungselemente der einzelnen Stilepochen sind vor allem bei Restaurierungsarbeiten zu beachten. Die mittelalterlichen Stile Romanik (1000-1250) und Gotik (1200-1500) greifen vielfach auf Naturformen zurück (Bild 4). Der Renaissancestil (1500-1650) greift antike Formen auf, während der Barock (1650-1750) und das Rokoko (1725-1780) üppiges bzw. verschnörkeltes 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.



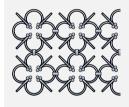
1 Bundschließer und Bund



2 Beispiele für Rosetten



3 Stabkreuzungen und -enden



4 Gotisches Gitter



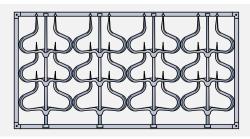
5 Barockes Schmuckgitter



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 unsachgemäßer 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 Wärmeeinwirkung 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.

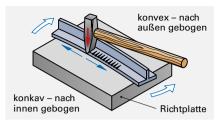
Beim Flachstahl dagegen geschieht das Richten durch Schläge mit der Bahn des Hammers auf die konvex gewölbte Seite, die zur Streckung der gegenüberliegenden konkaven Seite führt (Bild 3). Das Richten stärkerer Stäbe oder Profile kann auch durch den Druck der Biegebeilagen im Schraubstock geschehen. Auch verbogene dünnere 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).

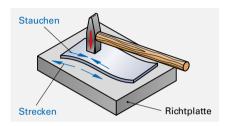
Richten mit Maschinen ist bei größeren Abmessungen der Werkstücke nötig. Diese werden auf speziellen Pressen meist hydraulisch über die Verformungsrichtung hinaus gebogen (Bild 5). Größere und dickere Bleche oder Stäbe werden durch Walzen auf Rollenrichtmaschinen in den planen Zustand zurückversetzt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



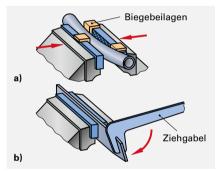
1 Richten von Blech



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.

Merke

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

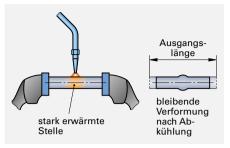
Aus der Wärmelehre ist bekannt, dass jedes Metall eine bestimmte Wärmeausdehnungszahl besitzt. 1 m unlegierter oder nichtrostender ferritischer Stahl dehnt sich je Grad Temperaturerhöhung um 0,012 mm aus, nichtrostender austenitischer Stahl dehnt sich sogar 1,5 mal so stark aus. Bei Behinderung dieser 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 äußeren, 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 zuerst 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.

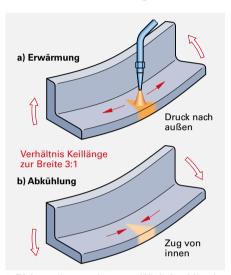
Diese Regeln sollten beachtet werden:

- 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.

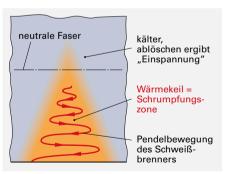
Wärmepunkte genügen, um kleine unerwünschte Dellen zu beseitigen. Je größer die Punkte sind, desto stärker ist ihre Wirkung (Bild 4).



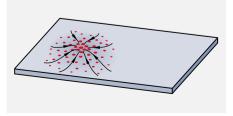
1 Versuch zur Wärmedehnung



2 Richten eines verbogenen Winkelstahls mit einem Wärmekeil



3 Setzen eines Wärmekeils



4 Wirkung von Wärmepunkten und Wärmeovalen