



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

# METALLBAUTECHNIK

## Fachbildung

### nach Lernfeldern

**9. 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
Kluge, Manfred	Dipl.-Ing., Oberstudiendirektor	Schorndorf
Lämmlin, Gerhard	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Neustadt/Weinstraße
Noack, Sven	Dipl.-Ing.	Hamburg
Pahl, Hans-J.	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Hamburg
Thiele, Eckhard	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Wildau
Steinmüller, Armin	Dipl.-Ing.	Hamburg
Weinstock, Hans-Martin	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Heilbronn

Lektor und Leiter des Arbeitskreises:

Gerhard Lämmlin

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 und Frau Jaschinski bis zur 7. 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.

Grafische Produktionen Neumann, Rimpar

9. Auflage 2017, korrigierter Nachdruck 2018

Druck 5 4 3 2

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

Diesem Buch wurden die aktuellen Ausgaben der Normen nach DIN, EN und ISO und der VDI/VDE-Richtlinien zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und die VDI/VDE-Richtlinien selbst.

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

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

ISBN 978-3-8085-1425-2

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

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Jürgen Neumann, Grafische Produktionen, 97222 Rimpar

Umschlag: Blick Kick Creativ KG, 42653 Solingen

Umschlagfoto: SAAGE, Nettetal-Leuth, „SAAGE TREPPEN, [www.saage.com](http://www.saage.com)“

Druck: M. P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

## Vorwort

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

Ab der 5. Auflage wurden die Lerninhalte konsequent den Lernfeldern des Rahmenlehrplanes für Metallbauer zugeordnet. Auf eine sachlogische Strukturierung wurde dennoch größer Wert gelegt. Auch mit der vorliegenden **9. Auflage** wurde den zwischenzeitlich erfolgten, umfangreichen Änderungen im Normenwerk Rechnung getragen. Darüberhinaus wurden die Kapitel „Umformen“, „Stoffschlüssige Verbindungen“, „Heben und Bewegen vom Lasten“, „Fenster“ und „Steuern und Regeln“ 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 kritische Anteilnahme an der Verbesserung dieses Lehrbuchs an:

[lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de).

Inhaltsverzeichnis	4 ... 9
Kurzinhaltverzeichnis englisch	10

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

1 Umformen	11 ... 30
2 Spanen	31 ... 42
3 Mechanisches Zerteilen und thermisches Trennen	43 ... 56
4 Schraub-, Niet- und Klemmverbindungen	57 ... 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

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

### Lernfeld: Herstellen von Stahl- und Metallbaukonstruktionen

11 Sicherheit am Bau	195 ... 200
12 Vermessungsarbeiten am Bau	201 ... 204
13 Stahlbau und Dachkonstruktionen	205 ... 260

### Lernfeld: Herstellen von Türen, Toren und Gittern

14 Türen	263 ... 280
15 Tore	281 ... 292
16 Schlösser	293 ... 308
17 Gitter und Roste	309 ... 314
18 Steuern und Regeln	315 ... 334

### Lernfeld: Herstellen von Fenstern, Fassaden und Glasanbauten

19 Bauphysikalische Grundlagen	337 ... 354
20 Fenster	355 ... 372
21 Fassaden- und Glaskonstruktionen	373 ... 388

### Lernfeld: Herstellen von Treppen und Geländern

22 Treppen	391 ... 408
23 Geländer	409 ... 413

### Lernfeld: Instandhalten von Systemen des Metall- und Stahlbaus

24 Qualitätsmanagement	417 ... 422
25 Instandhaltung	423 ... 438

### Lernfeldübergreifendes Wissen

26 Werkstoffe	441 ... 518
27 Kommunikation und Präsentation	519 ... 528

## Inhaltsverzeichnis

<b>Lernfelder: Herstellen von Blechteilen, Umformteilen und Konstruktionen aus Profilen</b>		<b>4 Schraub-, Niet- und Klemmverbindungen</b>	<b>57</b>
<b>1 Umformen</b>	<b>11</b>	<b>4.1 Fügeverfahren im Metall- und Stahlbau (Übersicht)</b>	<b>57</b>
<b>1.1 Einteilung der Umformverfahren</b>	<b>11</b>	<b>4.2 Schraubverbindungen</b>	<b>58</b>
<b>1.2 Schmieden</b>	<b>11</b>	<b>4.2.1 Schraubenbezeichnung</b>	<b>58</b>
<b>1.2.1 Technologische Grundlagen</b>	<b>11</b>	<b>4.2.2 Handelsformen und Verwendung der Schrauben</b>	<b>59</b>
<b>1.2.2 Schmiedeverfahren</b>	<b>14</b>	<b>4.2.3 Muttern</b>	<b>61</b>
<b>1.2.3 Werkzeuge zum Schmieden</b>	<b>16</b>	<b>4.2.4 Unterlegscheiben</b>	<b>61</b>
<b>1.2.4 Kunstschmieden und Gestaltung</b>	<b>17</b>	<b>4.2.5 Selbsthemmung von Gewinden</b>	<b>61</b>
<b>1.3 Richten</b>	<b>19</b>	<b>4.2.6 Spannschlösser</b>	<b>62</b>
<b>1.3.1 Kaltrichten</b>	<b>19</b>	<b>4.2.7 Schraubensicherungen</b>	<b>62</b>
<b>1.3.2 Warmrichten</b>	<b>20</b>	<b>4.2.8 HV-Schrauben</b>	<b>64</b>
<b>1.4 Biegeumformen</b>	<b>22</b>	<b>4.2.9 Vorteile von Schraubverbindungen im Stahlbau</b>	<b>64</b>
<b>1.4.1 Technologische Grundlagen</b>	<b>22</b>	<b>4.2.10 Schraubenabstände</b>	<b>65</b>
<b>1.4.2 Biegen von Rohren und Profilen</b>	<b>23</b>	<b>4.2.11 Scher-Lochleibungs-Schraubverbindung (SL-Verbindung)</b>	<b>65</b>
<b>1.4.3 Biegeumformen von Blech</b>	<b>24</b>	<b>4.2.12 Gleitfest vorgespannte Verbindung (GV-Verbindung)</b>	<b>67</b>
<b>1.5 Zug- und Druckumformen</b>	<b>26</b>	<b>4.2.13 Korrosionsschutz der Schraubverbindungen</b>	<b>68</b>
<b>1.6 Fügen durch Umformen</b>	<b>26</b>	<b>4.3 Trägerklemmverbindungen</b>	<b>69</b>
<b>1.6.1 Falzen</b>	<b>27</b>	<b>4.4 Nietverbindungen</b>	<b>70</b>
<b>1.6.2 Clinchen-Durchsetzfügen</b>	<b>27</b>	<b>4.4.1 Warmnietung</b>	<b>70</b>
<b>1.6.3 Blindnieten</b>	<b>28</b>	<b>4.4.2 Kaltnietung</b>	<b>70</b>
<b>1.6.4 Fügeverfahren mit Funktionselementen</b>	<b>29</b>	<b>4.4.3 Blindniete</b>	<b>71</b>
<b>2 Spanen</b>	<b>31</b>	<i>Projekt: Windverband aus S235 JR</i>	<b>72</b>
<b>2.1 Werkzeugschneide</b>	<b>31</b>	<b>5 Stoffschlüssige Verbindungen</b>	<b>73</b>
<b>2.2 Einflussgrößen der Zerspanung</b>	<b>31</b>	<b>5.1 Schweißverfahren</b>	<b>73</b>
<b>2.3 Bohren</b>	<b>32</b>	<b>5.1.1 Gassschmelzschweißen</b>	<b>74</b>
<b>2.4 Sägen</b>	<b>33</b>	<b>5.1.2 Lichtbogenschmelzschweißen</b>	<b>79</b>
<b>2.5 Fräsen</b>	<b>34</b>	<b>5.1.3 Unterpulverschweißen</b>	<b>86</b>
<b>2.6 Herstellung von Gewinden</b>	<b>35</b>	<b>5.1.4 Schutzgassschweißen</b>	<b>87</b>
<b>2.6.1 Schneiden von Außengewinden</b>	<b>35</b>	<b>5.1.5 Wolfram-Plasmaschweißen WP</b>	<b>93</b>
<b>2.6.2 Bohren von Innengewinden</b>	<b>35</b>	<b>5.1.6 Laserstrahlschweißen</b>	<b>94</b>
<b>2.7 Schleifen und Feinbearbeitungsverfahren</b>	<b>36</b>	<b>5.1.7 Hybridschweißen</b>	<b>95</b>
<b>2.7.1 Spanungsvorgang</b>	<b>36</b>	<b>5.2 Pressschweißverfahren</b>	<b>96</b>
<b>2.7.2 Schleifwerkzeuge</b>	<b>36</b>	<b>5.3 Schweißverbindung</b>	<b>100</b>
<b>2.7.3 Arbeit mit Schleifwerkzeugen</b>	<b>38</b>	<b>5.3.1 Schweißnaht</b>	<b>100</b>
<b>2.7.4 Schleifverfahren und Schleifmaschinen</b>	<b>39</b>	<b>5.3.2 Schweißspannungen</b>	<b>101</b>
<b>2.8 Trennschleifen</b>	<b>41</b>	<b>5.3.3 Schweißfolgeplan</b>	<b>101</b>
<b>2.9 Polieren und Bürsten</b>	<b>41</b>	<b>5.3.4 Gestaltung von Schweißverbindungen</b>	<b>102</b>
<b>3 Mechanisches Zerteilen und Thermisches Trennen</b>	<b>43</b>	<b>5.4 Schweißbarkeit von Metallwerkstoffen</b>	<b>103</b>
<b>3.1 Keilschneiden</b>	<b>43</b>	<b>5.5 Kunststoffschweißen</b>	<b>107</b>
<b>3.2 Scherschneiden</b>	<b>43</b>	<b>5.6 Löten</b>	<b>108</b>
<b>3.2.1 Prinzip des Scherschneidens</b>	<b>43</b>	<b>5.6.1 Lötvorgang</b>	<b>108</b>
<b>3.2.2 Offen-Schneiden</b>	<b>45</b>	<b>5.6.2 Lötvorfahren</b>	<b>109</b>
<b>3.2.3 Geschlossen-Schneiden</b>	<b>49</b>	<b>5.6.3 Lote</b>	<b>110</b>
<b>3.3 Thermisches Trennen</b>	<b>51</b>	<b>5.6.4 Flussmittel</b>	<b>111</b>
<b>3.3.1 Autogenes Brennschneiden</b>	<b>51</b>	<b>5.7 Kleben</b>	<b>112</b>
<b>3.3.2 Schmelzschneiden</b>	<b>53</b>	<b>5.7.1 Kleben im Metallbau</b>	<b>112</b>
<b>3.3.3 Laserstrahlschneiden</b>	<b>54</b>	<b>5.7.2 Wirkungsweise der Klebstoffe</b>	<b>112</b>
		<b>5.7.3 Arten der Klebstoffe</b>	<b>113</b>

## Inhaltsverzeichnis

5.7.4	Vorbehandlung der Klebeflächen	115	7.9.5	CNC-gesteuertes Biegen von Rohren	145
5.7.5	Gestaltungsregeln für Klebeverbindungen	115	7.9.6	Stanzen und Nibbeln mit NC-Maschinen	146
5.7.6	Verarbeitung der Klebstoffe	115	7.9.7	Komplettbearbeitung von Profilen	148
5.7.7	Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen	116		<i>Arbeitsauftrag: Herstellen eines Schüttgutbehälters</i>	149
<b>6</b>	<b>Elektrische Maschinen und Anlagen</b>	<b>117</b>		<i>Arbeitsauftrag: Bau einer Wetterschutzhutze</i>	151
<b>6.1</b>	<b>Elektrischer Stromkreis</b>	<b>117</b>		<i>Arbeitsauftrag: Bau und Montage eines geschmiedeten Gitters</i>	153
<b>6.2</b>	<b>Elektromagnetismus</b>	<b>118</b>			
6.2.1	Elektromagnetische Induktion	118			
6.2.2	Wechselstromgenerator	119			
6.2.3	Transformator	120			
<b>6.3</b>	<b>Elektromotoren</b>	<b>122</b>			
6.3.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	122	<b>8</b>	<b>Heben und Bewegen von Lasten</b>	<b>155</b>
6.3.2	Gleichstrommotoren	123	8.1	<b>Physikalische Grundlagen</b>	<b>155</b>
6.3.3	Wechselstrommotoren	124	8.2	<b>Hebezeuge</b>	<b>159</b>
6.3.4	Arbeit mit Elektromotoren	124	8.2.1	Hebegeräte	159
<b>6.4</b>	<b>Schutz vor den Gefahren des elektrischen Stroms</b>	<b>125</b>	8.2.2	Flaschenzüge	160
6.4.1	Fehler an elektrischen Anlagen	125	8.2.3	Hand-Hubzeuge	161
6.4.2	Schutzmaßnahmen	125	8.2.4	Elektrozug	162
<b>7</b>	<b>NC-Technik im Metallbau</b>	<b>127</b>	8.2.5	Hebebühnen	162
<b>7.1</b>	<b>Informationsfluss in der NC-Technik</b>	<b>127</b>	8.2.6	Krane	162
<b>7.2</b>	<b>Aufbau von NC-Maschinen</b>	<b>128</b>	8.2.7	Sperrwerke und Bremsen	163
7.2.1	Eingabeeinheiten	128	8.3	<b>Flurförderfahrzeuge</b>	<b>164</b>
7.2.2	Verarbeitungseinheit	129	8.4	<b>Befestigung von Lasten</b>	<b>164</b>
7.2.3	Ausgabeeinheiten	130	8.4.1	Anschlagen von Lasten	164
<b>7.3</b>	<b>Konstruktive Merkmale von NC-Maschinen</b>	<b>130</b>	8.4.2	Anschlagmittel	165
7.3.1	Führungen und Spindeln	130	8.5	<b>Arbeitssicherheit und Unfallschutz</b>	<b>168</b>
7.3.2	Wegmesssysteme	131			
<b>7.4</b>	<b>Steuerungsarten</b>	<b>132</b>	<b>9</b>	<b>Befestigung von Bauteilen</b>	<b>169</b>
<b>7.5</b>	<b>Koordinatensysteme</b>	<b>132</b>	9.1	<b>Befestigung mit Mauerankern und Bindemitteln</b>	<b>169</b>
<b>7.6</b>	<b>Programmaufbau</b>	<b>133</b>	9.2	<b>Befestigung mit Setzbolzen</b>	<b>170</b>
7.6.1	Programmtechnische Informationen	133	9.2.1	Bolzensetzwerkzeuge	170
7.6.2	Geometrische Informationen	134	9.2.2	Setzbolzen	170
7.6.3	Technologische Informationen	135	9.2.3	Kartuschen	170
7.6.4	Zusätzliche Informationen	135	9.3	<b>Befestigung mit Ankern und Dübeln</b>	<b>171</b>
<b>7.7</b>	<b>Manuelle Programmierung</b>	<b>136</b>	9.3.1	Baustoff als Verankerungsgrund für Dübel	171
7.7.1	Systematik der Programmerstellung	136	9.3.2	Haltemechanismen für Dübel	172
7.7.2	Bearbeitungsprogramm	136	9.3.3	Belastungsart	173
7.7.3	Werkzeugbahnhinkorrektur	137	9.3.4	Montagearten	174
7.7.4	Programmierung von Kreisen	137	9.3.5	Polyamiddübel (Nyldondübel)	175
7.7.5	Bearbeitungszyklen	139	9.3.6	Metallspreizdübel (Schwerlastdübel)	177
7.7.6	Unterprogrammtechnik	139	9.3.7	Spreizdruckfreie Dübel	177
<b>7.8</b>	<b>Maschinelle Programmierung</b>	<b>140</b>	9.3.8	Befestigung ohne Dübel und Anker	180
7.8.1	Programmerstellung in der Arbeitsvorbereitung	140	<b>10</b>	<b>Montage und Demontage</b>	<b>181</b>
7.8.2	CAD/CAM-Verfahren	140	10.1	<b>Werkstattmontage</b>	<b>181</b>
<b>7.9</b>	<b>Anwendung der NC-Technik in der Metallbaupraxis</b>	<b>141</b>	10.1.1	Planen der Montage	183
7.9.1	CNC-Brennschneidanlagen	141	10.1.2	Beispiel: Montage einer Treppe in der Werkstatt	184
7.9.2	CNC-Laserschneidtechnik	143	10.2	<b>Demontage</b>	<b>191</b>
7.9.3	Wasserstrahlschneiden	143	10.3	<b>Abfälle vermeiden, verwerten, entsorgen</b>	<b>191</b>
7.9.4	Blechbiegen, CNC-gesteuert	144		<i>Arbeitsauftrag: Montieren und Demontieren von Baugruppen in der Werkstatt</i>	193

<b>Lernfeld: Herstellen von Stahl- und Metallbaukonstruktionen</b>		<b>13.8</b>	<b>Stahlhallenbau</b>	<b>245</b>
		13.8.1	Dachformen und statische Systeme	245
		13.8.2	Konstruktionselemente einer Satteldachhalle	248
		13.8.3	Krananlagen in Stahlhallen	249
		<b>13.9</b>	<b>Raumabschließende Bauelemente</b>	<b>251</b>
		13.9.1	Stahlbetonverbunddecken	251
		13.9.2	Träger- und Profilverbunddecken	254
		13.9.3	Wände	256
		13.9.4	Dächer	258
		<b>13.10</b>	<b>Stahlbau-Abschlussaufgabe: Kranbahnkonsolen einer 2-schiffigen Halle</b>	<b>260</b>
		<i>Arbeitsauftrag: Bau eines Muldenwaschplatzes</i> 261		
<b>11 Sicherheit am Bau</b> <b>195</b>		<b>12 Vermessungsarbeiten am Bau</b> <b>201</b>	<b>Lernfeld: Herstellen von Türen, Toren und Gittern</b>	
<b>11.1 Persönliche Arbeitsschutzmittel</b> <b>195</b>		<b>12.1 Schnurgerüst</b> <b>201</b>	<b>14 Türen</b>	<b>263</b>
11.1.1 Schutzhelme		195	<b>14.1 Aufbau einer Drehflügeltür</b>	<b>263</b>
11.1.2 Fußschutz		196	<b>14.2 Arten und Merkmale von Türen</b>	<b>265</b>
<b>11.2 Gerüste und Leitern</b> <b>197</b>		<b>12.2 Längenmessungen</b> <b>202</b>	14.2.1 Einbauort	265
11.3 Anseilschutz		199	14.2.2 Bewegungsart	265
<b>12.3 Winkelmessungen</b> <b>203</b>		<b>12.4 Festlegung von Gebäudehöhen</b> <b>203</b>	14.2.3 Bewegungsrichtung	265
<b>12.5 Festlegung der Ausbauhöhen</b> <b>204</b>		<b>13 Stahlbau und Dachkonstruktionen</b> <b>205</b>	14.2.4 Bauarten von Türen	266
		<b>13.1 Einteilung des Stahlbaus</b> <b>205</b>	<b>14.3 Türen mit besonderen Funktionen</b>	<b>271</b>
		<b>13.2 Konstruktionselemente eines Stahlskelettbau</b> <b>207</b>	<b>14.4 Werkstoffe für Türen</b>	<b>276</b>
13.2.1 Einwirkungen von Kräften auf ein Stahlskelett		207	<b>14.5 Türschließer</b>	<b>277</b>
13.2.2 Lastannahmen und Bemessungswerte		208	<b>14.6 Beschläge für Türen</b>	<b>279</b>
13.2.3 Bautechnische Besonderheiten des Stahlbaus		208	<b>14.7 Einbau und Montage</b>	<b>280</b>
<b>13.3 Spannungsarten in Bauteilen</b> <b>209</b>		<b>14.8 Tore</b>	<b>281</b>	
13.3.1 Normalspannungen		209	<b>15.1 Hallentore</b>	<b>281</b>
13.3.2 Schubspannungen		209	15.1.1 Drehtore	282
13.3.3 Bemessung der Bauteile		210	15.1.2 Schiebetore	282
<b>13.4 Stützen</b> <b>211</b>		15.1.3 Schiebefalttore	284	
13.4.1 Wirkungsweise von Stützen		211	15.1.4 Schwungtore	286
13.4.2 Bauformen		212	15.1.5 Rolltore	287
13.4.3 Standfestigkeit von Stützen		213	15.1.6 Sektionaltore	287
13.4.4 Stützenköpfe		214	15.1.7 Sicherheitseinrichtungen	288
13.4.5 Stützenstöße		214	<b>15.2 Tore für den Außenbereich</b>	<b>289</b>
13.4.6 Stützenfüße		215	15.2.1 Schiebetore	289
13.4.7 Verankerung von Stützen		216	15.2.2 Drehtore	289
<b>13.5 Träger</b> <b>218</b>		<b>16 Schlösser</b>	<b>293</b>	
13.5.1 Walzträger		218	<b>16.1 Schlossarten</b>	<b>293</b>
13.5.2 Geschweißte Blechträger		219	<b>16.2 Aufbau und Funktionsweise von Falle-Riegel-Schlössern</b>	<b>294</b>
13.5.3 Wabenträger		219	16.2.1 Bezeichnung von Einstektschlössern	296
13.5.4 Biegebeanspruchung in Trägern		220	16.2.2 Bezeichnungsbeispiele	296
13.5.5 Fachwerkträger		224	<b>16.3 Normmaße von Schlössern</b>	<b>295</b>
13.5.6 Schwere Fachwerkträger		227	16.3.1 Bezeichnung von Einstektschlössern	296
13.5.7 Leichtbau-Fachwerkträger		228	16.3.2 Bezeichnungsbeispiele	296
13.5.8 Raumfachwerke		230	<b>16.4 Schlosssicherungen</b>	<b>296</b>
13.5.9 Rahmenträger (Vierendeelträger)		231	16.4.1 Buntbartschloss	296
13.5.10 Leichtbau mit Rahmenträgern aus Hohlprofilen		232	16.4.2 Chubschloss	297
<b>13.6 Trägerverbindungen</b> <b>233</b>		16.4.3 Zylinderschlösser	298	
13.6.1 Trägerauflager		233	16.4.4 Elektronische Zutrittskontrolle	305
13.6.2 Trägeranschlüsse		235	<b>16.5 Schließanlagen</b>	<b>307</b>
13.6.3 Trägerstöße		239		
13.6.4 Trägerbearbeitungen		241		
<b>13.7 Aussteifungen und Abspannungen</b> <b>242</b>				
13.7.1 Aussteifungen		242		
13.7.2 Seiltragwerke		244		

<b>17 Gitter und Roste</b>	<b>309</b>	<b>20 Fenster</b>	<b>355</b>
17.1 Bewegliche Gitter	309	20.1 Aufbau und Bauteile von Fenstern	355
17.2 Feststehende Gitter	309	20.2 Bauarten und Einteilung der Fenster	356
<b>17.3 Gitterroste und Roste aus Stahlblech</b>	<b>310</b>	20.2.1 Konstruktionsarten	356
17.3.1 Anwendung und Eigenschaften	310	20.2.2 Öffnungsarten	356
17.3.2 Bauarten	310	20.2.3 Rahmenwerkstoffe	358
17.3.3 Aussparungen und Randeinfassungen	311	20.2.4 Fenster mit besonderen Funktionen	360
17.3.4 Korrosionsschutz	311	<b>20.3 Fensterbeschläge</b>	<b>362</b>
17.3.5 Sicherheitsroste	311	20.3.1 Dreh-Kippbeschlag	362
17.3.6 Normroste und Trittstufen	311	20.3.2 Einbruchhemmende Beschläge	364
17.3.7 Verlegeplan	312	20.3.3 Hebe-Schiebeflügelbeschlag	364
17.3.8 Stützweite	312	<b>20.4 Herstellung von Fenstern</b>	<b>365</b>
17.3.9 Befestigung der Roste	313	20.4.1 Aufmaß am Bauwerk	365
17.3.10 Bestellangaben	313	20.4.2 Zuschnitt und Bearbeitung	365
17.3.11 Sicherheitshinweise	313	20.4.3 Rahmenverbindung	366
17.3.12 Montagebeispiel — Abschlussaufgabe	314	20.4.4 Beschlageinbau	366
<b>18 Steuern und Regeln</b>	<b>315</b>	<b>20.5 Montage von Fenstern</b>	<b>367</b>
18.1 Steuern	315	20.5.1 Klotzung der Scheiben	368
18.2 Regeln	315	20.5.2 Verglasungssysteme	369
<b>18.3 Steuerungsarten</b>	<b>316</b>	20.5.3 Anschluss und Befestigung am Bauwerk	369
18.3.1 Mechanische Steuerungen	317	<b>20.6 Schaufenster und Vitrinen</b>	<b>372</b>
18.3.2 Pneumatische Steuerungen	317	<b>21 Fassaden- und Glaskonstruktionen</b>	<b>373</b>
18.3.3 Hydraulische Steuerungen	322	<b>21.1 Einteilung und Bauarten</b>	<b>373</b>
18.3.4 Elektrische Steuerungen	326	21.1.1 Warmfassaden	374
18.3.5 Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	329	21.1.2 Kaltfassaden	375
18.3.6 Steuerungstechnische Projekte	331	21.1.3 Kalt-Warmfassaden (CW-Fassade)	375
Arbeitsauftrag: Planung und Ausführung einer Hauseingangstür mit Schließanlage	335	21.1.4 Doppelfassade, Zweite-Haut-Fassade	376
<b>Lernfeld: Herstellen von Fenstern, Fassaden und Glasanbauten</b>		21.1.5 Ganzglasfassaden (Structural Glazing)	376
<b>19 Bauphysik</b>	<b>337</b>	21.1.6 Punktgeholtene Glasfassade	377
<b>19.1 Wärmeschutz</b>	<b>337</b>	<b>21.2 Überkopfverglasung (Schrägverglasung)</b>	<b>377</b>
19.1.1 Einsparung von Heizenergie	337	<b>21.3 Wasserabführung bei Fassaden</b>	<b>378</b>
19.1.2 Wärmeschutz am Bau	338	<b>21.4 Planung, Fertigung und Montage von Fassaden</b>	<b>379</b>
19.1.3 Grundlagen der Wärmelehre	338	21.4.1 Planungsgrundlagen	379
19.1.4 Wärmetransport	340	21.4.2 Montage der Unterkonstruktion	380
19.1.5 Wärmedämmung von Gebäuden	342	21.4.3 Pfosten-Riegel-Montage	381
19.1.6 Energieeinsparung	345	21.4.4 Elementmontage	381
<b>19.2 Feuchteschutz</b>	<b>347</b>	<b>21.5 Glasanbauten</b>	<b>382</b>
<b>19.3 Schallschutz</b>	<b>349</b>	<b>21.6 Sonnenschutz</b>	<b>384</b>
19.3.1 Entstehung des Schalls	349	21.6.1 Innenliegende Sonnenschutzanlagen	384
19.3.2 Schallausbreitung	350	21.6.2 Äußere Sonnenschutzanlagen	385
19.3.3 Schallwahrnehmung	350	Arbeitsauftrag: Projektierung, Konstruktion und Herstellung eines Glasvordaches	389
19.3.4 Schallschutz im Hochbau	351		
<b>19.4 Brandschutz</b>	<b>353</b>	<b>Lernfeld: Herstellen von Treppen und Geländern</b>	
19.4.1 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen	353	<b>22 Treppen</b>	<b>391</b>
19.4.2 Brandschutzmaßnahmen	354	<b>22.1 Treppenarten</b>	<b>391</b>
19.4.3 Schutz von Bauteilen aus Stahl	354	<b>22.2 Konstruktionsarten von Treppen</b>	<b>393</b>
		22.2.1 Wangentreppen	393
		22.2.2 Holmtreppen	393
		22.2.3 Spindeltreppen	394
		<b>22.3 Stufenarten</b>	<b>394</b>
		<b>22.4 Bezeichnungen an der Treppe</b>	<b>395</b>

<b>22.5</b>	<b>Hauptmaße von Treppen</b>	<b>396</b>	<b>Lernfeldübergreifendes Wissen</b>	
<b>22.6</b>	<b>Konstruktionsbeispiel</b>	<b>397</b>		
22.6.1	Geschoss Höhenberechnung	397		
22.6.2	Steigerungsberechnung	398	<b>26 Werkstofftechnik</b> <b>441</b>	
22.6.3	Konstruktion der Wangen	399	26.1	Übersicht der Werkstoffe <b>441</b>
<b>22.7</b>	<b>Stufenverziehung bei gewinkelten Treppen</b>	<b>401</b>	26.2	Auswahl der Werkstoffe nach ihren Eigenschaften <b>442</b>
<b>22.8</b>	<b>Anreißen von Wangen</b>	<b>404</b>	26.3	<b>Stähle und Gusseisen</b> <b>444</b>
<b>22.9</b>	<b>Berechnung mit Computern</b>	<b>404</b>	26.3.1	Roheisengewinnung und Stahlherstellung <b>444</b>
<b>23 Geländer</b>		<b>409</b>	26.3.2	Verarbeitung zu Stahlerzeugnissen <b>446</b>
<b>23.1</b>	<b>Aufbau des Geländer</b>	<b>409</b>	26.3.3	Normung der Stahlerzeugnisse (Formnormung) <b>449</b>
<b>23.2</b>	<b>Geländer in und an Wohnhäusern</b>	<b>410</b>	26.3.4	Kurznamen für Stähle und Stahlguss <b>451</b>
<b>23.3</b>	<b>Industriegeländer</b>	<b>411</b>	26.3.5	Kurznamen für Gusseisenwerkstoffe <b>453</b>
<b>23.4</b>	<b>Befestigung der Geländer</b>	<b>412</b>	26.3.6	Alte Kurznamen der Stähle und Gusseisenwerkstoffe <b>454</b>
<b>23.5</b>	<b>Biegen eines Treppengeländer-Krümmings</b>	<b>413</b>	26.3.7	Werkstoffnummern für Stähle, Gusseisenwerkstoffe und Stahlguss <b>455</b>
<i>Arbeitsauftrag: Konstruktion einer Treppe</i>		<b>415</b>	26.3.8	Einteilung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe <b>456</b>
<i>Arbeitsauftrag: Konstruktion eines Treppengeländers</i>		<b>416</b>	26.3.9	Stähle für den Metallbau und den Stahlbau <b>457</b>
<b>Lernfeld: Instandhalten von Systemen des Metall- und Stahlbaus</b>			26.3.10	Korrosionsbeständige Stähle (Edelstahl Rostfrei) <b>459</b>
<b>24 Qualitätsmanagement</b>		<b>417</b>	26.3.11	Stähle für Bleche und Bänder <b>461</b>
<b>24.1</b>	<b>Aufgaben des Qualitätsmanagements</b>	<b>418</b>	26.3.12	Maschinenbaustähle <b>462</b>
24.1.1	Qualitätsplanung	418	26.3.13	Werkzeugstähle <b>463</b>
24.1.2	Qualitätslenkung	419	26.3.14	Gusseisenwerkstoffe und Stahlguss <b>464</b>
24.1.3	Qualitätsprüfung	419	<b>26.4 Innerer Aufbau der Metalle</b>	<b>465</b>
24.1.4	Qualitätsverbesserung	419	26.4.1	Gefüge und kristalline Struktur <b>465</b>
<b>24.2</b>	<b>Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9000:2005</b>	<b>420</b>	26.4.2	Innerer Aufbau und Eigenschaften <b>465</b>
24.2.1	Die acht Grundsätze des Qualitätsmanagementsystems	420	26.4.3	Kristallgittertypen der Metalle <b>466</b>
<b>24.3</b>	<b>Modell eines Qualitätsmanagementsystems</b>	<b>421</b>	26.4.4	Entstehung des Metallgefuges <b>466</b>
24.3.1	Verantwortung der Leitung	422	26.4.5	Gefüge reiner Metalle und von Legierungen <b>467</b>
24.3.2	Management der Mittel	422	26.4.6	Schmelz- und Erstarrungsverhalten <b>468</b>
24.3.3	Produkt- und Dienstleistungsrealisierung	422	26.4.7	Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm und Gefügearten der unlegierten Stähle <b>469</b>
24.3.4	Messung, Analyse und Verbesserung	422	<b>26.5 Wärmebehandlung der Stähle</b>	<b>470</b>
<b>24.4</b>	<b>Qualität ist nicht nur Chefsache</b>	<b>422</b>	26.5.1	Glühen <b>470</b>
<b>25 Instandhaltung</b>		<b>423</b>	26.5.2	Härteln <b>471</b>
<b>25.1</b>	<b>Grundlegende Begriffe</b>	<b>423</b>	26.5.3	Vergüten <b>474</b>
<b>25.2</b>	<b>Instandhaltung von Systemen im Metall- und Stahlbau</b>	<b>431</b>	26.5.4	Härteln der Randzone <b>474</b>
25.2.1	Vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen	431	<b>26.6 Aluminium und Aluminiumlegierungen</b>	<b>476</b>
25.2.2	Instandhaltungsvorschriften	433	26.6.1	Aluminium-Werkstoffe <b>477</b>
25.2.3	Diagnostik, Fehleranalyse und Dokumentation	434	26.6.2	Handhabung und Bearbeitung von Aluminium-Bauteilen <b>478</b>
25.2.4	Instandhaltung von Arbeitsmitteln	437	26.6.3	Fügen von Aluminium-Bauteilen <b>478</b>
<i>Arbeitsauftrag: Instandhaltung</i>		<b>439</b>	<b>26.7 Kupfer und Kupferlegierungen</b>	<b>479</b>
			26.7.1	Unlegierte Kupferwerkstoffe <b>479</b>
			26.7.2	Kupfer-Legierungen <b>480</b>
			<b>26.8 Weitere wichtige Metalle</b>	<b>482</b>
			26.9	<b>Sinterwerkstoffe</b> <b>484</b>
			26.9.1	Herstellung von Sinterteilen <b>484</b>
			26.9.2	Typische Anwendungen <b>484</b>
			26.9.3	Hartmetalle <b>485</b>
			<b>26.10 Korrosion und Korrosionsschutz</b>	<b>486</b>
			26.10.1	Elektrochemische Korrosion <b>486</b>
			26.10.2	Erscheinungsformen der Korrosion <b>487</b>

<b>26.10.3</b>	Korrosion bei hohen Temperaturen	488	<b>26.16</b>	<b>Werkstoffe und Hilfsstoffe – Umwelt- und Gesundheitsschutz</b>	<b>514</b>
<b>26.10.4</b>	Einflussfaktoren auf die Korrosion eines Bauteils	488	<b>26.16.1</b>	Umgang mit Werk- und Hilfsstoffen	514
<b>26.10.5</b>	Auswahl der Werkstoffe nach dem Korrosionsverhalten	489	<b>26.16.2</b>	Recycling und Entsorgung in Metallbaubetrieben	515
<b>26.10.6</b>	Korrosionsschutzgerechte Konstruktion	490	<b>26.16.3</b>	Vermeiden von Schadstoffen	516
<b>26.10.7</b>	Korrosionsschutz von Stahlbauten	491	<b>26.16.4</b>	Gesundheitsgefährdende Stoffe im Metallbau	517
<b>26.10.8</b>	Vorbereiten der Stahloberflächen	491			
<b>26.10.9</b>	Korrosionsschutz von Stahlbauteilen durch Feuerverzinken	492			
<b>26.10.10</b>	Korrosionsschutzbeschichtung von Stahlbauteilen	493	<b>27</b>	<b>Kommunikation und Präsentation</b>	<b>519</b>
<b>26.10.11</b>	Katodischer Korrosionsschutz von Stahlbauteilen	494	<b>27.1</b>	<b>Kommunikation</b>	<b>519</b>
<b>26.10.12</b>	Korrosionsschutz bei korrosionsbeständigen Stählen	494	<b>27.1.1</b>	Kommunikationsebenen	519
<b>26.10.13</b>	Korrosionsschutz von Aluminium-Bauteilen	495	<b>27.1.2</b>	Kommunikationsarten	519
<b>26.10.14</b>	Korrosionsschutz bei Maschinen	495	<b>27.1.3</b>	Kommunikationsmodelle	521
<b>26.11</b>	<b>Kunststoffe (Plaste)</b>	<b>496</b>	<b>27.1.4</b>	Probleme in der Kommunikation	521
<b>26.11.1</b>	Eigenschaften und Verwendung	496	<b>27.1.5</b>	Kommunikationsstrategien	521
<b>26.11.2</b>	Herstellung und innerer Aufbau	496	<b>27.1.5.1</b>	Strategie zur Vermeidung von Konflikten „Aktives Zuhören“	523
<b>26.11.3</b>	Technologische Einteilung	497	<b>27.1.5.2</b>	Strategie zur Beseitigung von bestehenden Konflikten „Metakommunikation“	523
<b>26.11.4</b>	Thermoplaste	498	<b>27.2</b>	<b>Präsentation</b>	<b>525</b>
<b>26.11.5</b>	Duroplaste	499			
<b>26.11.6</b>	Elastomere	500			
<b>26.11.7</b>	Sonderanwendungen von Kunststoffen im Metallbau	500	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>529</b>	
<b>26.11.8</b>	Weiterverarbeitung der Kunststoff-Erzeugnisse	502	<b>Informationsquellen/Anschriftenverzeichnis</b>	<b>548</b>	
<b>26.12</b>	<b>Verbundwerkstoffe</b>	<b>503</b>	<b>Bildquellenverzeichnis</b>	<b>549</b>	
<b>26.12.1</b>	Faserverstärkte Verbundwerkstoffe	503			
<b>26.12.2</b>	Teilchenverstärkte Verbundwerkstoffe	504			
<b>26.12.3</b>	Schicht- und Strukturverbunde	504			
<b>26.13</b>	<b>Hilfsstoffe</b>	<b>505</b>			
<b>26.14</b>	<b>Glas und Glasbauteile</b>	<b>507</b>			
<b>26.15</b>	<b>Werkstoffprüfung</b>	<b>509</b>			
<b>26.15.1</b>	Technologische Prüfverfahren	509			
<b>26.15.2</b>	Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy	509			
<b>26.15.3</b>	Härteprüfungen	510			
<b>26.15.4</b>	Zugversuch	511			
<b>26.15.5</b>	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	512			
<b>26.15.6</b>	Metallografische Untersuchungen	513			

## Kurz-Inhaltsverzeichnis englisch

<b>learning fields: making of sheet pieces, formed parts and sectional steel structures</b>					
<b>1 forming</b>	<b>11</b>	10.2 disassembly	191	<b>21 façades and glass structures</b>	<b>373</b>
1.1 classification of forming techniques	11	10.3 avoidance, recycling and disposal of waste	191	21.1 classification and types	373
1.2 forging	11			21.2 overhead glazing	377
1.3 straightening	19	<b>learning field: making of steel and metal structures</b>		21.3 façade drainage	378
1.4 bend forming	22	<b>11 safety on site</b>	<b>195</b>	21.4 façade design, fabrication and assembly	379
1.5 tensile and compression forming	26	11.1 personal protective equipment	195	21.5 glass annexes	382
1.6 joining by forming	26	11.2 scaffoldings and ladders	197	21.6 sun-shading	384
<b>2 machining</b>	<b>31</b>	11.3 antifall roping	199	<b>learning field: making of stairs and balustrades</b>	
2.1 tool edge	31	<b>12 surveying on site</b>	<b>201</b>	<b>22 stairs</b>	<b>391</b>
2.2 influencing variables in chip removal processes	31	12.1 alignment stage	201	22.1 types of stairs	391
2.3 drilling	32	12.2 length measurement	202	22.2 construction types of stairs	393
2.4 sawing	33	12.3 angular measurement	203	22.3 tread types	394
2.5 milling	34	12.4 determining building heights	203	22.4 stairway terminology	395
2.6 threading	35	12.5 determining finishing and completion heights	204	22.5 main dimensions of stairs	396
2.7 grinding	36	<b>13 structural steelwork and roof structures</b>	<b>205</b>	22.6 sample design of a stairway	397
2.8 cut-off grinding	41	13.1 structural steelwork classification	205	22.7 turning the steps of a spiral staircase	401
2.9 polishing and brushing	41	13.2 constructional elements	207	22.8 marking-out of stringers	404
<b>3 mechanical parting and thermal cutting</b>	<b>43</b>	13.3 types of stress acting in structural components	209	22.9 computer calculation	404
3.1 wedge-action cutting	43	13.4 piers	211	<b>23 balustrades</b>	<b>409</b>
3.2 shear cutting	43	13.5 girders	218	23.1 balustrade design	409
3.3 thermal cutting	51	13.6 girder connection	233	23.2 balustrades in and at residential buildings	410
<b>4 screwed, riveted and clamped joints</b>	<b>57</b>	13.7 bracing and guy ropes	242	23.3 industrial guard-rail	411
4.1 joining processes	57	13.8 industrial steel buildings	245	23.4 fixing balustrades	412
4.2 screwed joints	58	13.9 space-enclosing structural elements	251	23.5 bending a string wreath	413
4.3 clamping girder joints	69				
4.4 riveted joints	70				
<b>5 self-substance joints</b>	<b>73</b>	<b>learning field: making of doors, gates and fences</b>		<b>learning field: maintenance of structural metal and steel systems</b>	
5.1 welding methods	73	<b>14 doors</b>	<b>263</b>	<b>24 quality management</b>	<b>417</b>
5.2 pressure welding methods	96	14.1 revolving folding-door structure	263	24.1 tasks of quality management	417
5.3 welded joint	100	14.2 door types and features	265	24.2 quality management according to DIN EN ISO 9000:2005	420
5.4 weldability of metals	103	14.3 doors with specific functions	271	24.3 quality management system model	421
5.5 welding of plastics	107	14.4 door materials	276	24.4 quality assurance is not only a matter for the boss!	422
5.6 soldering	108	14.5 door closer	277	<b>25 maintenance</b>	<b>423</b>
5.7 bonding	112	14.6 door fittings	279	25.1 basic terms	423
<b>6 electrical machines and devices</b>	<b>117</b>	14.7 placing and assembly	286	25.2 maintenance of structural systems in metal and steel construction	431
6.1 electric circuit	117	<b>15 doors and gates</b>	<b>281</b>	<b>interdisciplinary knowledge</b>	
6.2 electromagnetism	118	15.1 entrance doors	281	<b>26 materials science</b>	<b>441</b>
6.3 electric motors	122	15.2 exterior doors	289	26.1 general survey of materials	441
6.4 Protection against the dangers of electric current	125	<b>16 locks</b>	<b>293</b>	26.2 choice of materials depending on their properties	442
<b>7 NC technology in metal construction</b>	<b>127</b>	16.1 types of locks	293	26.3 steel and cast iron	444
7.1 work flow in NC technology	127	16.2 design and operating mode	294	26.4 inner structure of metals	465
7.2 design of NC machines	128	16.3 standard dimensions of locks	296	26.5 heat treatment of steel	470
7.3 design characteristics of NC machines	130	16.4 door lock safety catch	296	26.6 aluminium and aluminium alloys	476
7.4 controller types	132	16.5 master-keyed systems	307	26.7 copper and copper alloys	479
7.5 coordinate systems	132	<b>17 grills and grates</b>	<b>309</b>	26.8 other important metals	482
7.6 program structure	133	17.1 articulated grills	309	26.9 sintered materials	484
7.7 manual programming	133	17.2 fixed grills	309	26.10 corrosion and corrosion protection	486
7.8 machine-aided programming	140	17.3 gratings	310	26.11 plastics	496
7.9 using NC technology in metal construction	141	<b>18 control engineering</b>	<b>315</b>	26.12 composite materials	503
<b>learning field: dismantling and assembling structural modules in the shop</b>		18.1 open-loop control	315	26.13 process materials	505
<b>8 lifting and moving loads</b>	<b>155</b>	18.2 closed-loop control	315	26.14 glass and glass components	507
8.1 basic physics	155	18.3 controller types	316	26.15 material testing	509
8.2 hoists	159	<b>learning field: making of windows, façades and glass annexes</b>		26.16 environmental and health protection	514
8.3 industrial trucks	164	<b>19 building physics</b>	<b>337</b>	<b>27 communication and presentation</b>	<b>519</b>
8.4 fastening loads	164	19.1 thermal insulation	337	27.1 communication	519
8.5 safety at work and protection against accidents	168	19.2 moisture protection	347	27.2 presentation	525
<b>9 mounting of structural components</b>	<b>169</b>	19.3 noise insulation	349	subject index	529
9.1 mounting with masonry anchors	169	19.4 fire protection	353	further reading	548
9.2 mounting with studs	170	<b>20 windows</b>	<b>355</b>	image references	549
9.3 mounting with dowels	171	20.1 window design and components	355		
<b>10 assembly, disassembly and disposal</b>		20.2 window types and classification	356		
10.1 shop assembly	181	20.3 window fittings	362		
		20.4 window manufacture	365		
		20.5 window installation	367		
		20.6 shop windows and showcases	372		

## 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. 482).

#### 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.

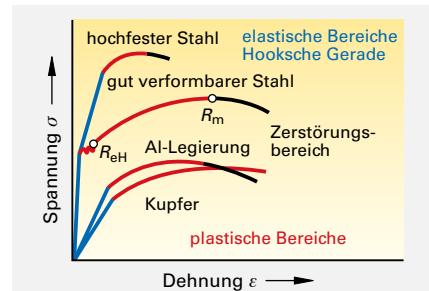
Die genormte Einteilung der Fertigungsverfahren des Umformens unterscheidet nach der im Werkstückquerschnitt auftretenden Spannung fünf Gruppen (Bild 2).

#### 1.2 Schmieden

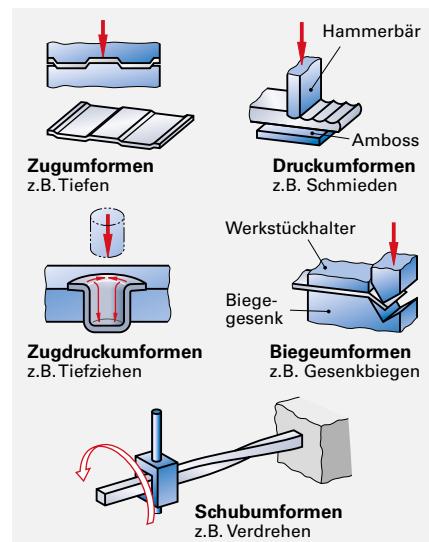
**Schmieden** ist eine spanlose Formänderung meist erwärmter metallischer Werkstücke durch Druckumformen zwischen zwei Werkzeugen.

##### 1.2.1 Technologische Grundlagen

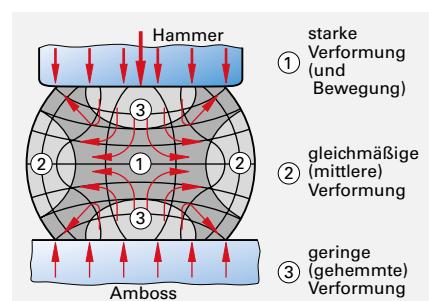
Beim Schmieden wird das in der Regel erwärmte Werkstück auf Druck beansprucht, wodurch Querschnittsveränderungen ohne Materialverlust entstehen. Die auftretenden Druck- bzw. Schubspannungen im Werkstück bewirken ein langsames Fließen der Stoffteilchen parallel zueinander. Dabei ist an den Rändern die 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 Spannung-Dehnung-Diagramme metallischer Werkstoffe mit ausgeprägtem elastischem und plastischem Bereich



2 Einteilung der Umformverfahren in fünf Gruppen



3 Unterschiedliche Beanspruchungen im Innern eines Werkstücks beim Schmieden

## Schmiedbarkeit der Werkstoffe

Fast alle Metalle und Metallegierungen lassen sich schmieden. Werkstoffe mit großer Festigkeit müssen zur Verbesserung der Bildsamkeit auf eine höhere Temperatur gebracht werden. Besonders gut sind die geeignet, die zwischen der festen und der flüssigen Phase einen großen plastischen Bereich besitzen. Sie haben oft ein kubisch-flächenzentriertes Kristallgitter (S. 466). Es ermöglicht ein besonders gutes Gleiten der Kristalle des Werkstoffs aneinander. Neben Stahl gilt das für Kupfer und Aluminium. Den stärksten Einfluss auf die Schmiedbarkeit von **Stahl** hat der **Kohlenstoffgehalt** (Bild 1).

### **Merke**

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

## Schmiedetemperatur

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

Der Schmiedevorgang beginnt bei der **Schmiedeanfangstemperatur** (Tabelle). Die niedrigste mögliche Schmiedetemperatur, die **Schmiedeedendtemperatur**, liegt etwas oberhalb der **Rekristallisations temperatur**. Dort bilden sich wie bei der Wärmebehandlung (s. S. 470 ff.) die durch Kaltverformung verspannten Kristalle eines Werkstoffs neu.

### **Merke**

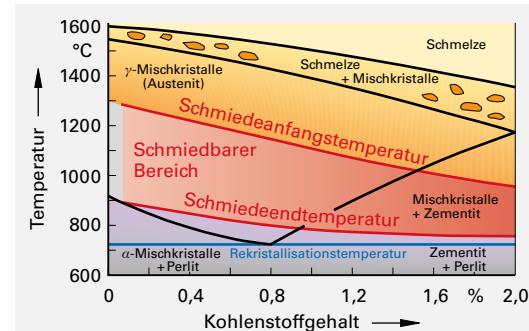
Je geringer der Kohlenstoffgehalt eines Stahls ist, desto höher kann die Schmiedeanfangstemperatur sein und desto größer ist der Temperaturbereich des Schmiedens.

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

## Vorteile des Schmiedens

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

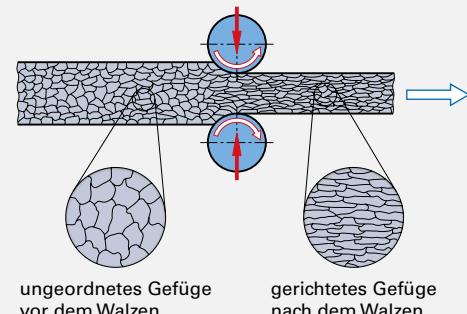
Außerdem erhalten die Werkstücke beim Schmieden annähernd ihre Fertigform, wodurch im Vergleich zum Spanen eine Werkstoffersparnis erreicht wird.



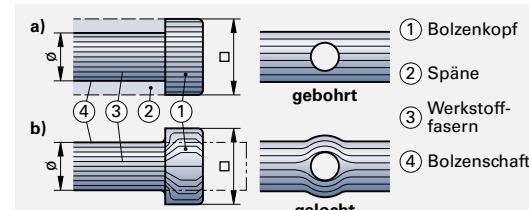
1 Abhängigkeit des Schmiedebereichs bei unlegiertem Stahl vom Kohlenstoffgehalt, dargestellt im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm

## Schmiedetemperaturen und Glühfarben

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



2 Entstehung einer Faserstruktur im Gefüge von vorgewalztem Stabstahl und Knüppeln



Werkstoffeinsparung:

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

3 Vergleich des Walzfaserverlaufs von geschmiedeten und spanend hergestellten Werkstücken

## Erwärmung der Schmiedestücke

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

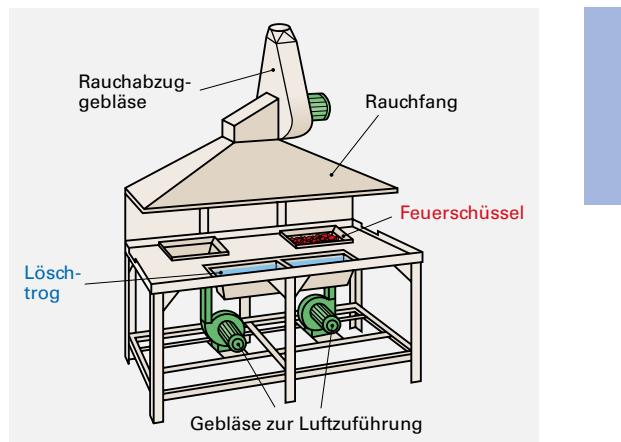
Das Erwärmen des kohlenstoffhaltigen Stahls führt zur **Verzunderung** der Oberfläche.

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

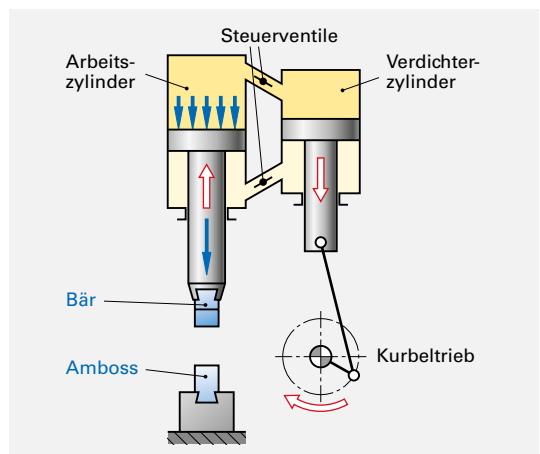
Schmiedepressen oder **Maschinenhämmere** (Bild 2) ersetzen die Muskelkraft. Der Hammer wird hier **Bär** genannt. Seine Masse beginnt bei ca. 30 kg. Die Kraft des Bären entsteht durch die Fallbeschleunigung. Zusätzliche Kräfte auf den Bären werden durch pneumatische und für besonders leistungsfähige Maschinen durch hydraulische Systeme aufgebracht. Dadurch kann 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 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 aneinander gereiht, vergrößert sich die Länge des Werkstücks.

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

#### Breiten

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

#### Spitzen

Der Querschnitt verringert sich gleichmäßig von allen Seiten bis zu einer 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 Zuschlänger.



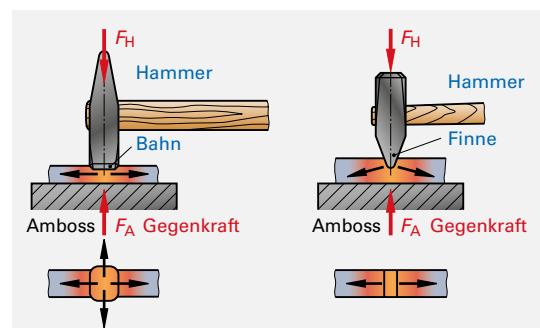
1 Schmiedegerät für Stabenden



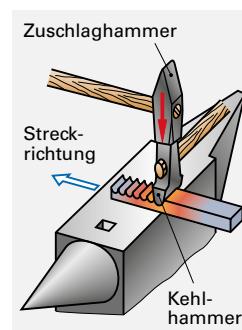
2 Profilwalzen für angeschmiedete Stabenden



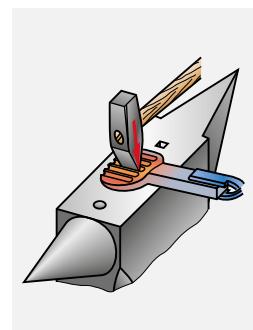
3 angeschmiedete Stabenden und geprägte Oberflächen



4 Wirkung von Hammerbahn und -finne



5 Strecken



6 Breiten

## Kehlen

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

## Abschroten

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

## Spalten

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

## Lochen

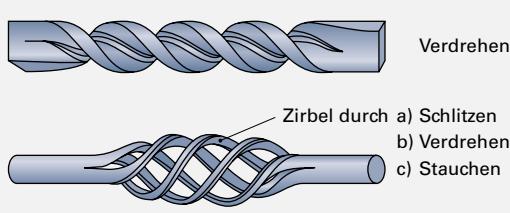
Dadurch werden beliebig geformte Durchbrüche, meist runde Löcher, in Schmiedestücke eingefertigt. Als Werkzeuge dienen **Lochhämmere** und **Dorne** mit verschiedenen geformten Querschnitten (Bild 7). Vorgearbeitet wird mit dem Schlitzhammer. Das Fertiglochen mit dem Dorn geschieht häufig auf der Lochplatte.

## Torsieren

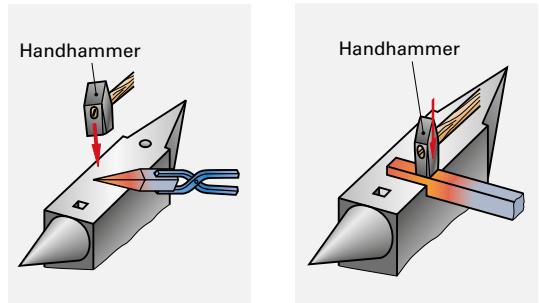
Es ist die am meisten verbreitete Methode zur Verzierung von Stäben (Bild 8). Zum Verdrehen von Stäben um ihre Längsachse müssen diese in erwärmtem Zustand an einem Ende eingespannt werden. Als Werkzeuge zum Verdrehen dienen Dreh- oder Torsiereisen.

## Feuerschweißen

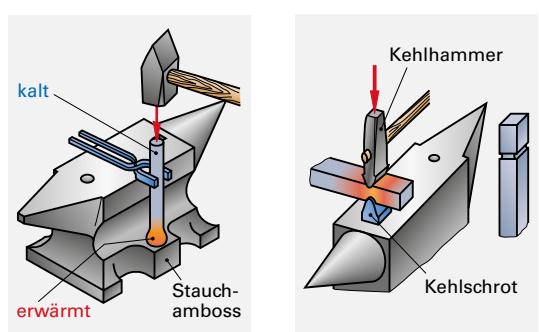
Zuerst müssen möglichst große Flächen an der Verbindungsstelle geschaffen werden. Dann werden die Teile auf eine Temperatur knapp unterhalb des Schmelzpunktes erwärmt, mit Flussmittel (Sand) von Oxiden befreit und durch Hammerschläge zusammengepresst. Dadurch verschweißen die Teile miteinander.



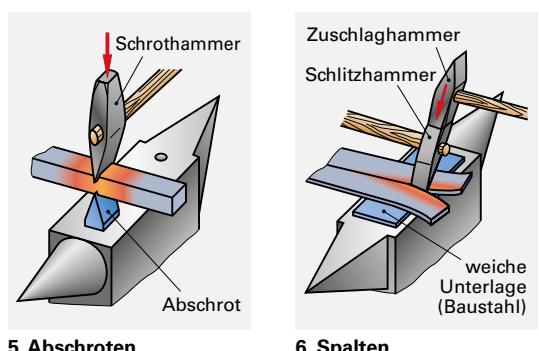
8 Torsieren



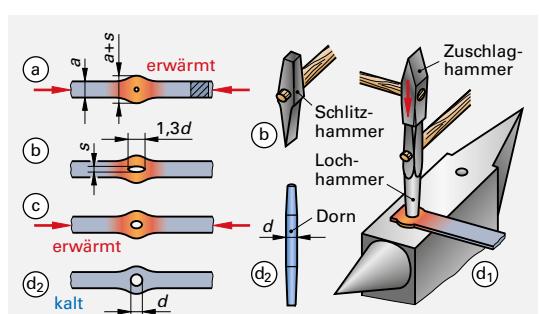
1 Spalten



3 Stauchen



5 Abschroten



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

## Gesenkschmieden

### **Merke**

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

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

### 1.2.3 Werkzeuge zum Schmieden

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

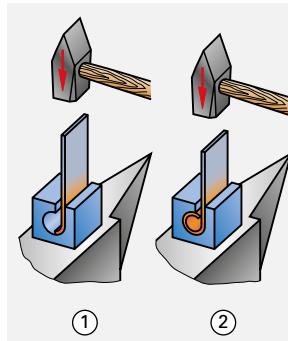
**Schmiedehämmer** haben eine leicht gewölbte Bahn und eine abgerundete Finne. **Handhämmer** werden einhändig geführt. Ihre Masse beträgt 1 kg bis 2 kg (Bild 5).

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

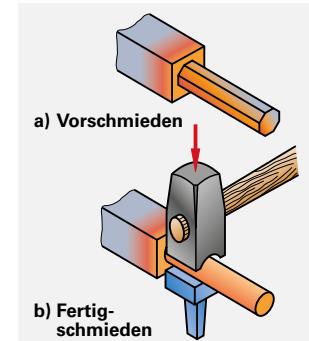
Kleine Schmiedestücke lassen sich nur mit **Zangen** sicher halten. Deshalb muss für die verschiedenen Formen der Werkstücke die geeignete Zange vorhanden sein (Bild 6). Um die Hand nicht zu ermüden, kann ein Spannring über die Schenkel der Zange geschoben werden.

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

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



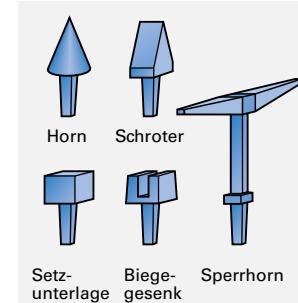
1 Einrollen eines Gelenkauges für ein Torband im Gesenk



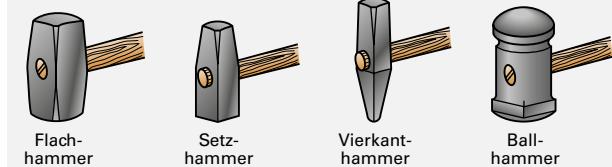
2 Schmieden eines Rundzapfens im Gesenk



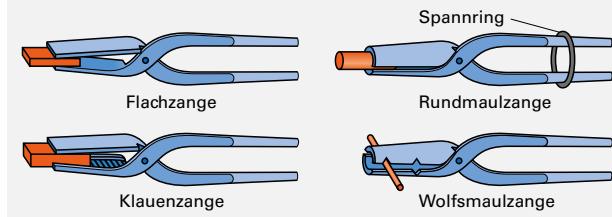
3 Amboss



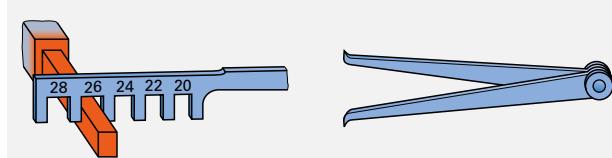
4 Hilfswerkzeuge zum Amboss



5 Schmiedehämmer (kleine Auswahl)



6 Zangen (kleine Auswahl)



7 Schmiedelehre und Taster

### 1.2.4 Kunstschrnieden und Gestaltung

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

#### **Merke**

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

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

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

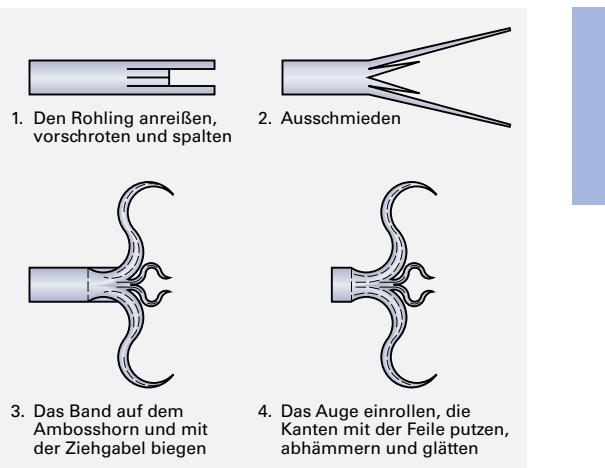
Um die Wünsche nach künstlerischer Ausgestaltung von z. B. Geländern in Wohnhäusern zu erschwinglichen Preisen zu erfüllen, bieten Industriebetriebe eine große Auswahl von Einzelteilen und ganzen Baugruppen an. Sie sehen wie traditionelle Kunst-Schrniedearbeiten aus, werden aber maschinell gefertigt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

#### **Merke**

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

**Einflüsse auf die Gestaltung** haben außerdem:

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



1 Schmieden eines Zierbandes



2 Industrielle Schrnedeteile



3 Bogen mit Geschäftshinweis

## Gestaltungselemente

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

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

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

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

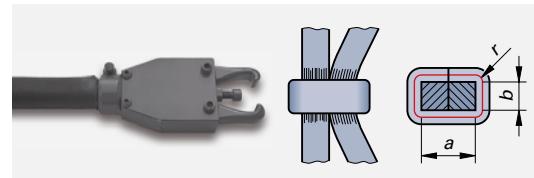
**Stabenden** werden besonders bei Zäunen genutzt, um die Oberkante zu betonen, aber auch, um unbefugtes Übersteigen zu erschweren (Bild 3).

## Stilepochen

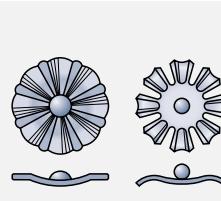
Die charakteristischen Gestaltungselemente der einzelnen Stilepochen sind vor allem bei Restaurierungsarbeiten zu beachten. Die mittelalterlichen Stile **Romanik** (1000-1250) und **Gotik** (1200-1500) greifen vielfach auf Naturformen zurück (Bild 4). Der **Renaissancestil** (1500-1650) greift antike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

### Überprüfen Sie Ihre Kenntnisse

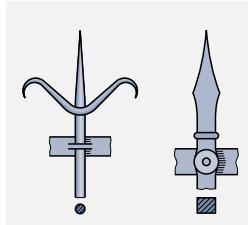
- 1 Beschreiben Sie die Eigenschaft Schmiedbarkeit.
- 2 Welche Metalle sind gut schmiedbar und warum?
- 3 Warum ist ein großer Abstand zwischen Anfangs- und Endtemperatur beim Schmieden vorteilhaft?
- 4 Warum ist Gusseisen nicht schmiedbar?
- 5 Beschreiben Sie vier Schmiedeverfahren und die dazugehörigen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



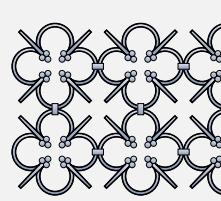
1 Bundschließer und Bund



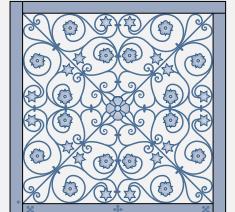
2 Beispiele für Rosetten



3 Stabkreuzungen und -enden



4 Gotisches Gitter



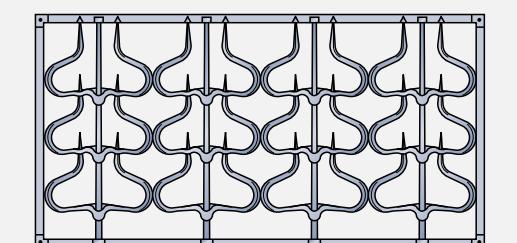
5 Barockes Schmuckgitter



6 Klassizismus-Gitter



7 Jugendstil-Gitter



8 Gitter in moderner Gestaltung



## 1.3 Richten

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

### **Merke**

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

### 1.3.1 Kaltrichten

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

### **Merke**

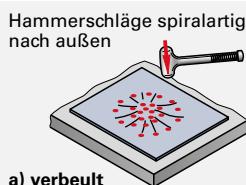
Das Kaltrichten erfolgt ohne Erwärmung mithilfe äußerer Kräfte.

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

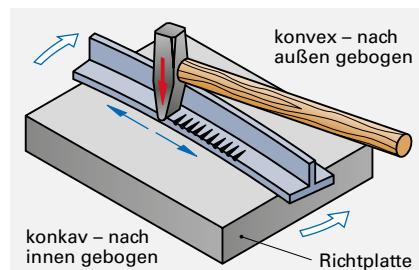
Beim Flachstahl dagegen geschieht das Richten durch Schläge mit der Bahn des Hammers auf die konvex gewölbte Seite, die zur Streckung der gegenüberliegenden konkaven Seite führt (Bild 3).

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

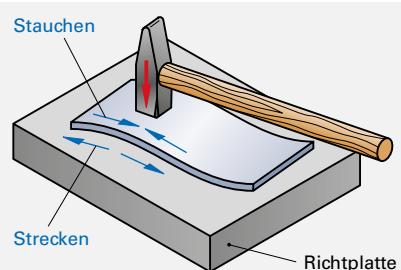
**Richten von Blech**, auch **Spannen** genannt, kann in der Werkstatt auf der Richtplatte durch gezieltes örtliches Strecken und Stauchen erfolgen (Bild 1).



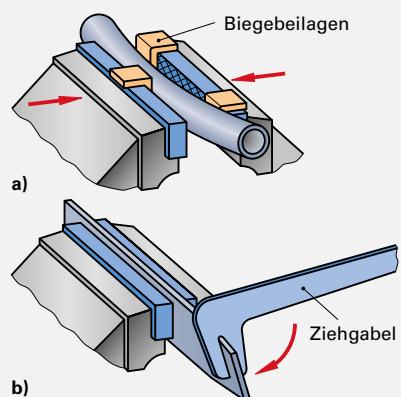
1 Spannen von Blech



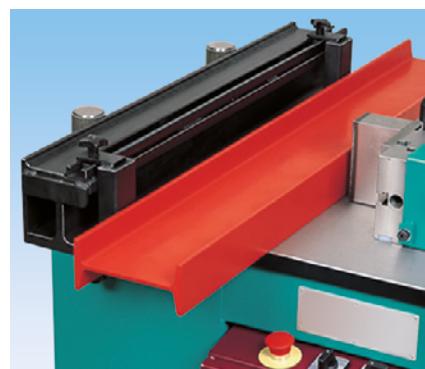
2 Richten eines verbogenen Winkelprofils durch Strecken



3 Richten von verbogenem Flachstahl



4 Richten im Schraubstock



5 Richtenmaschine mit Richtbalken

**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 oder Stäbe werden durch Walzen auf Rollenrichtmaschinen in den planen Zustand zurückversetzt (Bild 1).



### 1.3.2 Warmrichten

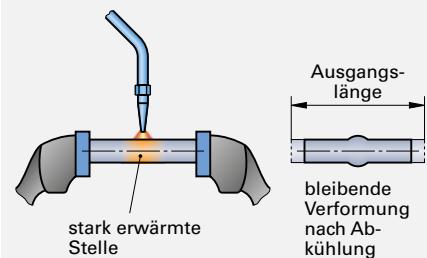
Metalle dehnen sich beim Erwärmen aus. Werden die Wärmedehnung und die anschließende Schrumpfung beim Abkühlen gezielt behindert, entstehen Schrumpfspannungen, die das Teil in gewünschter Weise verziehen können.

#### Merke

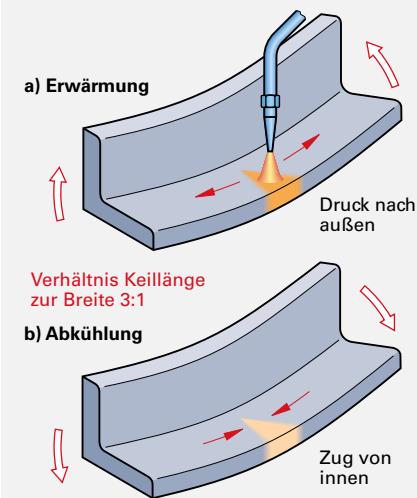
Beim Warmrichten werden durch örtliche Erwärmung Schrumpfspannungen erzeugt, um ein Bauteil zu richten.

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 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.

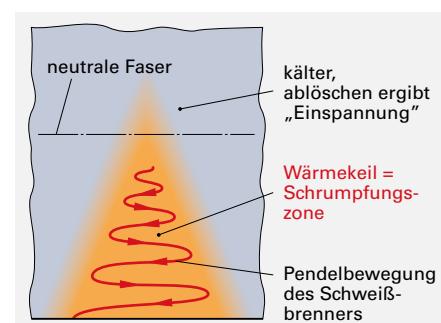
1 Doppelrichtapparat mit einzeln anstellbaren Richtrollen



2 Versuch zur Wärmedehnung



3 Richten eines verbogenen Winkelstahls mit einem Wärmekeil



4 Setzen eines Wärmekeils

Diese Regeln sollten beachtet werden:

- Nichtrostenden Stahl vorher entfetten, Brenner mit leichtem O<sub>2</sub>-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 H<sub>2</sub> formieren;
- feuerverzinkten Stahl mit Flussmittel FH 10 abdecken und höchstens auf 700 °C erwärmen;