



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

# **METALLBAUTECHNIK**

## **Fachbildung**

nach Lernfeldern

**12. neubearbeitete Auflage**

Bearbeitet von  
Lehrern an beruflichen Schulen und Ingenieuren

Leiter des Arbeitskreises: Gerhard Lämmlein

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

**Europa-Nr.: 11311**

## Autoren

Didi, Mirja	Dipl.-Ing. (FH), M. Eng., Studienrätin	Contwig
Ignatowitz, Eckhard	Dr. Ing., Studienrat	Waldbronn
Lang, Esther	Studienrätin	Waddeweitz
Lämmlein, Gerhard	Dipl.-Ing., Studiendirektor a. D.	Neustadt/Weinstraße
Marter, Roland	Studienrat	Tornesch
Noack, Sven	Dipl.-Ing. (FH) MBA	Halle (Saale)
Pahl, Hans-J.	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Hamburg
Thiele, Eckhard	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Wildau

Lektor und Leiter des Arbeitskreises:  
Gerhard Lämmlein

Bildentwürfe und Fotos:

Die Autoren sowie Leihgaben von Firmen und Autoren anderer Werke (S. 563 f.).

Bildbearbeitung:

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

12. Auflage 2026  
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: DIN Media GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

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

ISBN 978-3-7585-1540-8

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an [produktsicherheit@europa-lehrmittel.de](mailto:produktsicherheit@europa-lehrmittel.de).

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

© 2026 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz: Jürgen Neumann, Grafische Produktionen, 97222 Rimpf

Umschlag: Blick Kick Kreativ KG, 42653 Solingen

Umschlagfotos: © Piccolo – stock.adobe.com, zhu difeng – stock.adobe.com, Luckyboost – stock.adobe.com,  
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 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 größter Wert gelegt. Auch mit der vorliegenden **12. 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. Die 12. Auflage wurde um das Thema „Trends in der Schweißtechnik“ ergänzt. Das Buch ist somit eine umfassende Quelle für alle in der Ausbildung vorkommenden Inhalte und Themen. Die berufliche Praxis der meisten Auszubildenden, für die dieses Lehrbuch bestimmt ist, kommt in den umfangreichen Kapiteln über Stahlbau, Treppen, Geländer, Schlösser, Fassaden sowie Fenster, Türen und Tore zum Ausdruck.

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

In erster Linie soll dieses Lehrbuch dem Unterricht in der Berufsschule dienen, jedoch wurde bei allen dafür geeigneten Themen großer Wert auf die Verbindung zur praktischen Erfahrung des Auszubildenden im Betrieb gelegt. Durch die vertiefte Darstellung vieler Fachstoffthemen ist es daneben 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](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de).

Sommer 2026

Autoren und Verlag

Inhaltsverzeichnis	4 ... 9
Kurzinhhaltsverzeichnis englisch	10

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

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

### Lernfeld: Demontieren und Montieren von Baugruppen in der Werkstatt

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

### Lernfeld: Herstellen von Stahl- und Metallbaukonstruktionen

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

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

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

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

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

### Lernfeld: Herstellen von Treppen und Geländern

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

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

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

### Lernfeldübergreifendes Wissen

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


# Inhaltsverzeichnis

Lernfelder: Herstellen von Blechteilen, Umformteilen und Konstruktionen aus Profilen


	<b>1 Umformen</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Einteilung der Umformverfahren</b>	<b>11</b>
<b>1.2</b>	<b>Schmieden</b>	<b>11</b>
1.2.1	Technologische Grundlagen	11
1.2.2	Schmiedeverfahren	14
1.2.3	Werkzeuge zum Schmieden	16
1.2.4	Kunstschmieden und Gestaltung	17
<b>1.3</b>	<b>Richten</b>	<b>19</b>
1.3.1	Kaltrichten	19
1.3.2	Warmrichten	20
1.3.3	Metallentspannung durch Vibration	21
<b>1.4</b>	<b>Biegeumformen</b>	<b>22</b>
1.4.1	Technologische Grundlagen	22
1.4.2	Biegen von Rohren und Profilen	23
1.4.3	Biegeumformen von Blech	24
<b>1.5</b>	<b>Zug- und Druckumformen</b>	<b>26</b>
<b>1.6</b>	<b>Fügen durch Umformen</b>	<b>26</b>
1.6.1	Falzen	27
1.6.2	Clinchen – Durchsetzfügen	28

	<b>2 Spanen</b>	<b>29</b>
<b>2.1</b>	<b>Werkzeugschneide</b>	<b>29</b>
<b>2.2</b>	<b>Einflussgrößen der Zerspanung</b>	<b>29</b>
<b>2.3</b>	<b>Bohren</b>	<b>30</b>
<b>2.4</b>	<b>Sägen</b>	<b>31</b>
<b>2.5</b>	<b>Fräsen</b>	<b>32</b>
<b>2.6</b>	<b>Herstellung von Gewinden</b>	<b>33</b>
2.6.1	Schneiden von Außengewinden	33
2.6.2	Bohren von Innengewinden	33
<b>2.7</b>	<b>Schleifen und Feinbearbeitungsverfahren</b>	<b>34</b>
2.7.1	Spanungsvorgang	34
2.7.2	Schleifwerkzeuge	34
2.7.3	Arbeit mit Schleifwerkzeugen	36
2.7.4	Schleifverfahren und Schleifmaschinen	37
<b>2.8</b>	<b>Trennschleifen</b>	<b>39</b>
<b>2.9</b>	<b>Polieren und Bürsten</b>	<b>39</b>

	<b>3 Mechanisches Zerteilen und Thermisches Trennen</b>	<b>41</b>
<b>3.1</b>	<b>Keilschneiden</b>	<b>41</b>
<b>3.2</b>	<b>Scherschneiden</b>	<b>41</b>
3.2.1	Prinzip des Scherschneidens	41
3.2.2	Offen-Schneiden	43
3.2.3	Geschlossen-Schneiden	47
<b>3.3</b>	<b>Thermisches Trennen</b>	<b>49</b>
3.3.1	Autogenes Brennschneiden	49
3.3.2	Schmelzschneiden	51
3.3.3	Laserstrahlschneiden	52

	<b>4 Schraub-, Niet- und Klemmverbindungen</b>	<b>55</b>
---	--	-----------

<b>4.1</b>	<b>Fügeverfahren im Metall- und Stahlbau (Übersicht)</b>	<b>55</b>
<b>4.2</b>	<b>Schraubverbindungen</b>	<b>56</b>
4.2.1	Schraubenbezeichnung	56
4.2.2	Handelsformen und Verwendung der Schrauben	57
4.2.3	Muttern	59
4.2.4	Unterlegscheiben	59
4.2.5	Selbsthemmung von Gewinden	59
4.2.6	Spannschlösser	60
4.2.7	Schraubensicherungen	60
4.2.8	HV-Schrauben	62
4.2.9	Vorteile von HV-Schraubverbindungen im Stahlbau	62
4.2.10	Schraubenabstände	63
4.2.11	Scher-Lochleibungs-Schraubverbindung (SL-Verbindung)	63
4.2.12	Gleitfest vorgespannte Verbindung (GV-Verbindung)	65
4.2.13	Korrosionsschutz der Schraubverbindungen	66
<b>4.3</b>	<b>Trägerklemmverbindungen</b>	<b>67</b>
<b>4.4</b>	<b>Nietverbindungen</b>	<b>68</b>
4.4.1	Warmnietung	68
4.4.2	Kaltnietung	68
4.4.3	Blindniete	69
4.4.4	Fügeverfahren mit Funktionselementen	70
	<i>Arbeitsauftrag: Fügen eines Windverbandes</i>	<i>72</i>

	<b>5 Stoffschlüssige Verbindungen</b>	<b>73</b>
---	---------------------------------------	-----------

<b>5.1</b>	<b>Schweißverfahren</b>	<b>73</b>
5.1.1	Gasschmelzschweißen	74
5.1.2	Lichtbogenschmelzschweißen	79
5.1.3	Unterpulverschweißen	86
5.1.4	Schutzgasschweißen	87
5.1.5	Plasmaschweißen	93
5.1.6	Laserstrahlschweißen	94
5.1.7	Handgeführtes Laserstrahlschweißen	95
5.1.8	Trends in der Schweißtechnik	97
5.1.9	Hybridschweißverfahren	98
<b>5.2</b>	<b>Pressschweißverfahren</b>	<b>99</b>
<b>5.3</b>	<b>Schweißverbindung</b>	<b>103</b>
5.3.1	Schweißnaht	103
5.3.2	Schweißspannungen	104
5.3.3	Schweißfolgeplan	104
5.3.4	Gestaltung von Schweißverbindungen	105
5.3.5	Schweißanweisung	106
5.3.6	Arbeitssicherheit beim Schweißen durch den Schweißberaubnisschein	107
<b>5.4</b>	<b>Schweißbarkeit von Metallwerkstoffen</b>	<b>108</b>
<b>5.5</b>	<b>Kunststoffschweißen</b>	<b>111</b>
<b>5.6</b>	<b>Löten</b>	<b>112</b>
5.6.1	Lötvorgang	112
5.6.2	Lötverfahren	113

5.6.3	Lote	114
5.6.4	Flussmittel	115
<b>5.7</b>	<b>Kleben</b>	<b>116</b>
5.7.1	Kleben im Metallbau	116
5.7.2	Wirkungsweise der Klebstoffe	116
5.7.3	Arten der Klebstoffe	117
5.7.4	Vorbehandlung der Klebeflächen	119
5.7.5	Gestaltungsregeln für Klebeverbindungen	119
5.7.6	Verarbeitung der Klebstoffe	119
5.7.7	Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen	120



**6 Elektrische Maschinen und Anlagen 121**

<b>6.1</b>	<b>Elektrischer Stromkreis</b>	<b>121</b>
<b>6.2</b>	<b>Elektromagnetismus</b>	<b>122</b>
6.2.1	Elektromagnetische Induktion	122
6.2.2	Wechselstromgenerator	123
6.2.3	Transformator	124
<b>6.3</b>	<b>Elektromotoren</b>	<b>126</b>
6.3.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	126
6.3.2	Gleichstrommotoren	127
6.3.3	Wechselstrommotoren	128
6.3.4	Arbeit mit Elektromotoren	128
<b>6.4</b>	<b>Schutz vor den Gefahren des elektrischen Stroms</b>	<b>129</b>
6.4.1	Fehler an elektrischen Anlagen	129
6.4.2	Schutzmaßnahmen	129



**7 NC-Technik im Metallbau 131**

<b>7.1</b>	<b>Informationsfluss in der NC-Technik</b>	<b>131</b>
<b>7.2</b>	<b>Aufbau von NC-Maschinen</b>	<b>132</b>
7.2.1	Eingabeeinheiten	132
7.2.2	Verarbeitungseinheit	133
7.2.3	Ausgabeeinheiten	134
<b>7.3</b>	<b>Konstruktive Merkmale von NC-Maschinen</b>	<b>134</b>
7.3.1	Führungen und Spindeln	134
7.3.2	Wegmesssysteme	135
<b>7.4</b>	<b>Steuerungsarten</b>	<b>136</b>
<b>7.5</b>	<b>Koordinatensysteme</b>	<b>136</b>
<b>7.6</b>	<b>Programmaufbau</b>	<b>137</b>
7.6.1	Programmtechnische Informationen	137
7.6.2	Geometrische Informationen	138
7.6.3	Technologische Informationen	139
7.6.4	Zusätzliche Informationen	139
<b>7.7</b>	<b>Manuelle Programmierung</b>	<b>140</b>
7.7.1	Systematik der Programmerstellung	140
7.7.2	Bearbeitungsprogramm	140
7.7.3	Werkzeugbahnkorrektur	141
7.7.4	Programmierung von Kreisen	141
7.7.5	Bearbeitungszyklen	143
7.7.6	Unterprogrammtechnik	143
<b>7.8</b>	<b>Maschinelle Programmierung</b>	<b>144</b>
7.8.1	Programmerstellung in der Arbeitsvorbereitung	144
7.8.2	CAD/CAM-Verfahren	144

<b>7.9</b>	<b>Anwendung der NC-Technik in der Metallbaupraxis</b>	<b>145</b>
7.9.1	CNC-Brennschneidanlagen	145
7.9.2	CNC-Laserschneidtechnik	147
7.9.3	Wasserstrahlschneiden	147
7.9.4	Blechbiegen, CNC-gesteuert	148
7.9.5	CNC-gesteuertes Biegen von Rohren	149
7.9.6	Stanzen und Nibbeln mit NC-Maschinen	150
7.9.7	Komplettbearbeitung von Profilen	152
	<i>Arbeitsauftrag: Herstellen eines Schüttgutbehälters</i>	<i>153</i>
	<i>Arbeitsauftrag: Bau einer Wetterschutzhütte</i>	<i>155</i>
	<i>Arbeitsauftrag: Bau und Montage eines geschmiedeten Gitters</i>	<i>157</i>

**Lernfeld: Demontieren und Montieren von Baugruppen in der Werkstatt**



**8 Heben und Bewegen von Lasten 159**

<b>8.1</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b>	<b>159</b>
<b>8.2</b>	<b>Hebezeuge</b>	<b>163</b>
8.2.1	Hebegeräte	163
8.2.2	Flaschenzüge	164
8.2.3	Hand-Hubzeuge	165
8.2.4	Elektrozug	166
8.2.5	Hebebühnen	166
8.2.6	Krane	166
8.2.7	Sperrwerke und Bremsen	167
<b>8.3</b>	<b>Flurförderfahrzeuge</b>	<b>168</b>
<b>8.4</b>	<b>Befestigung von Lasten</b>	<b>168</b>
8.4.1	Anschlagen von Lasten	168
8.4.2	Anschlagmittel	169
<b>8.5</b>	<b>Arbeitssicherheit und Unfallschutz</b>	<b>172</b>



**9 Befestigung von Bauteilen 173**

<b>9.1</b>	<b>Befestigung mit Mauerankern und Bindemitteln</b>	<b>173</b>
<b>9.2</b>	<b>Befestigung mit Setzbolzen</b>	<b>174</b>
9.2.1	Bolzensetzwerkzeuge	174
9.2.2	Setzbolzen	174
9.2.3	Kartuschen	174
<b>9.3</b>	<b>Befestigung mit Ankern und Dübeln</b>	<b>175</b>
9.3.1	Baustoff als Verankerungsgrund für Dübel	175
9.3.2	Haltemechanismen für Dübel	176
9.3.3	Belastungsart	177
9.3.4	Montagearten	178
9.3.5	Polyamiddübel (Nylandübel)	179
9.3.6	Metallspreizdübel (Schwerlastdübel)	181
9.3.7	Spreizdruckfreie Dübel	181
9.3.8	Befestigung ohne Dübel und Anker	184



**10 Montage, Demontage und Entsorgung 185**

<b>10.1</b>	<b>Werkstattmontage</b>	<b>185</b>
10.1.1	Planen der Montage	187

10.1.2	Beispiel: Montage einer Treppe in der Werkstatt (Bild 2, Seite 187)	188	13.5.3	Wabenträger	225
<b>10.2</b>	<b>Demontage</b>	<b>195</b>	13.5.4	Biegebeanspruchung in Trägern	226
<b>10.3</b>	<b>Abfälle vermeiden, verwerten, entsorgen</b>	<b>195</b>	13.5.5	Fachwerkträger	230
	<i>Arbeitsauftrag: Herstellen und Montieren eines Französischen Balkons</i>	<i>197</i>	13.5.6	Schwere Fachwerkträger	233
	<i>Arbeitsauftrag: Vorbereitung einer Laufschienebaugruppe für ein Schiebetor</i>	<i>198</i>	13.5.7	Leichtbau-Fachwerkträger	234
			13.5.8	Raumfachwerke	236
			13.5.9	Rahmenträger (Vierendeelträger)	237
			13.5.10	Leichtbau mit Rahmenträgern aus Hohlprofilen	238

## Lernfeld: Herstellen von Stahl- und Metallbaukonstruktionen



### 11 Sicherheit am Bau 199

<b>11.1</b>	<b>Persönliche Arbeitsschutzmittel</b>	<b>200</b>
11.1.1	Schutzhelme	200
11.1.2	Fußschutz	201
<b>11.2</b>	<b>Gerüste und Leitern</b>	<b>202</b>
<b>11.3</b>	<b>Anseilschutz</b>	<b>204</b>
<b>11.4</b>	<b>Verhalten bei Unfällen und im Brandfall</b>	<b>206</b>



### 12 Vermessungsarbeiten am Bau 207

<b>12.1</b>	<b>Schnurgerüst</b>	<b>207</b>
<b>12.2</b>	<b>Längenmessungen</b>	<b>208</b>
<b>12.3</b>	<b>Winkelmessungen</b>	<b>209</b>
<b>12.4</b>	<b>Festlegung von Gebäudehöhen</b>	<b>209</b>
<b>12.5</b>	<b>Festlegung der Ausbauhöhen</b>	<b>210</b>



### 13 Stahlbau und Dachkonstruktionen 211

<b>13.1</b>	<b>Einteilung des Stahlbaus</b>	<b>211</b>
<b>13.2</b>	<b>Konstruktionselemente eines Stahlskelettbaus</b>	<b>213</b>
13.2.1	Einwirkungen von Kräften auf ein Stahlskelett	213
13.2.2	Lastannahmen und Bemessungswerte	214
13.2.3	Bautechnische Besonderheiten des Stahlbaus	214
<b>13.3</b>	<b>Spannungsarten in Bauteilen</b>	<b>215</b>
13.3.1	Normalspannungen	215
13.3.2	Schubspannungen	215
13.3.3	Bemessung der Bauteile	216
<b>13.4</b>	<b>Stützen</b>	<b>217</b>
13.4.1	Wirkungsweise von Stützen	217
13.4.2	Bauformen	218
13.4.3	Standfestigkeit von Stützen	219
13.4.4	Stützenköpfe	220
13.4.5	Stützenstöße	220
13.4.6	Stützenfüße	221
13.4.7	Verankerung von Stützen	222
<b>13.5</b>	<b>Träger</b>	<b>224</b>
13.5.1	Walzträger	224
13.5.2	Geschweißte Blechträger	225

13.5.3	Wabenträger	225
13.5.4	Biegebeanspruchung in Trägern	226
13.5.5	Fachwerkträger	230
13.5.6	Schwere Fachwerkträger	233
13.5.7	Leichtbau-Fachwerkträger	234
13.5.8	Raumfachwerke	236
13.5.9	Rahmenträger (Vierendeelträger)	237
13.5.10	Leichtbau mit Rahmenträgern aus Hohlprofilen	238
<b>13.6</b>	<b>Trägerverbindungen</b>	<b>239</b>
13.6.1	Trägerauflager	239
13.6.2	Trägeranschlüsse	241
13.6.3	Trägerstöße	245
13.6.4	Trägerbearbeitungen	247
<b>13.7</b>	<b>Aussteifungen und Abspannungen</b>	<b>248</b>
13.7.1	Aussteifungen	248
13.7.2	Seiltragwerke	250
<b>13.8</b>	<b>Stahlhallenbau</b>	<b>251</b>
13.8.1	Dachformen und statische Systeme	251
13.8.2	Konstruktionselemente einer Satteldachhalle	254
13.8.3	Krananlagen in Stahlhallen	255
<b>13.9</b>	<b>Raumabschließende Bauelemente</b>	<b>257</b>
13.9.1	Stahlbetonverbunddecken	257
13.9.2	Träger- und Profilverbunddecken	260
13.9.3	Wände	262
13.9.4	Dächer	264

<i>Arbeitsauftrag: Kranbahnkonsolen einer 2-schiffigen Halle</i>	<i>266</i>
<i>Arbeitsauftrag: Bau eines Muldenwaschplatzes</i>	<i>267</i>

## Lernfeld: Herstellen von Türen, Toren und Gittern



### 14 Türen 269

<b>14.1</b>	<b>Aufbau einer Drehflügeltür</b>	<b>269</b>
<b>14.2</b>	<b>Arten und Merkmale von Türen</b>	<b>271</b>
14.2.1	Einbauort	271
14.2.2	Bewegungsart	271
14.2.3	Bewegungsrichtung	271
14.2.4	Bauarten von Türen	272
<b>14.3</b>	<b>Sicherheit an Automatiktüren</b>	<b>277</b>
<b>14.4</b>	<b>Türen mit besonderen Funktionen</b>	<b>278</b>
<b>14.5</b>	<b>Werkstoffe für Türen</b>	<b>282</b>
<b>14.6</b>	<b>Türschließer</b>	<b>283</b>
<b>14.7</b>	<b>Beschläge für Türen</b>	<b>285</b>
<b>14.8</b>	<b>Einbau und Montage</b>	<b>286</b>



### 15 Tore 287

<b>15.1</b>	<b>Hallentore</b>	<b>287</b>
15.1.1	Drehtore	288
15.1.2	Schiebetore	288
15.1.3	Schiebefalttore	290
15.1.4	Schwingtore	292
15.1.5	Rolltore	293
15.1.6	Sektionaltore	293
15.1.7	Sicherheitseinrichtungen	294

<b>15.2</b>	<b>Tore für den Außenbereich</b>	<b>295</b>
15.2.1	Schiebetore	295
15.2.2	Drehtore	295
<b>15.3</b>	<b>Sicherheit an kraftbetätigten Toren</b>	<b>299</b>
15.3.1	Sicherheit bei der Planung und Auswahl von Türen und Toren	299
15.3.2	Begrenzung der Schließkräfte und Gestaltung der Hauptschließkante	300
15.3.3	Sicherheitstechnische Prüfung	300



**16 Schlösser 301**

<b>16.1</b>	<b>Schlossarten</b>	<b>301</b>
<b>16.2</b>	<b>Aufbau und Funktionsweise von Falle-Riegel-Schlössern</b>	<b>302</b>
<b>16.3</b>	<b>Normmaße von Schlössern</b>	<b>303</b>
16.3.1	Bezeichnung von Einsteckschlössern	304
16.3.2	Bezeichnungsbeispiele	304
<b>16.4</b>	<b>Schlosssicherungen</b>	<b>304</b>
16.4.1	Buntbartschloss	304
16.4.2	Chubb Schloss	305
16.4.3	Zylinderschlösser	306
16.4.4	Elektronische Zutrittskontrolle	313
<b>16.5</b>	<b>Schließenanlagen</b>	<b>315</b>



**17 Gitter und Roste 317**

<b>17.1</b>	<b>Bewegliche Gitter</b>	<b>317</b>
<b>17.2</b>	<b>Feststehende Gitter</b>	<b>317</b>
<b>17.3</b>	<b>Gitterroste und Roste aus Stahlblech</b>	<b>318</b>
17.3.1	Anwendung und Eigenschaften	318
17.3.2	Bauarten	318
17.3.3	Aussparungen und Randeinfassungen	319
17.3.4	Korrosionsschutz	319
17.3.5	Sicherheitsroste	319
17.3.6	Normroste und Trittstufen	319
17.3.7	Verlegeplan	320
17.3.8	Stützweite	320
17.3.9	Befestigung der Roste	321
17.3.10	Bestellangaben	321
17.3.11	Sicherheitshinweise	321

*Arbeitsauftrag: Podest am Kesselgerüst 322*



**18 Steuern und Regeln 323**

<b>18.1</b>	<b>Steuern</b>	<b>323</b>
<b>18.2</b>	<b>Regeln</b>	<b>323</b>
<b>18.3</b>	<b>Steuerungsarten</b>	<b>324</b>
18.3.1	Mechanische Steuerungen	325
18.3.2	Pneumatische Steuerungen	325
18.3.3	Hydraulische Steuerungen	330
18.3.4	Elektrische Steuerungen	334
18.3.5	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	337
18.3.6	Steuerungstechnische Projekte	339

*Arbeitsauftrag: Planung und Ausführung einer Hauseingangstür mit Schließanlage 343*

**Lernfeld: Herstellen von Fenstern, Fassaden und Glasebauten**



**19 Bauphysik 345**

<b>19.1</b>	<b>Wärmeschutz</b>	<b>345</b>
19.1.1	Einsparung von Heizenergie	345
19.1.2	Wärmeschutz am Bau	346
19.1.3	Grundlagen der Wärmelehre	346
19.1.4	Wärmetransport	348
19.1.5	Wärmedämmung von Gebäuden	350
19.1.6	Energieeinsparung	353
<b>19.2</b>	<b>Feuchteschutz</b>	<b>355</b>
<b>19.3</b>	<b>Schallschutz</b>	<b>357</b>
19.3.1	Entstehung des Schalls	357
19.3.2	Schallausbreitung	358
19.3.3	Schallwahrnehmung	358
19.3.4	Schallschutz im Hochbau	359
<b>19.4</b>	<b>Brandschutz</b>	<b>361</b>
19.4.1	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen	361
19.4.2	Brandschutzmaßnahmen	362
19.4.3	Schutz von Bauteilen aus Stahl	362



**20 Fenster 363**

<b>20.1</b>	<b>Aufbau und Bauteile von Fenstern</b>	<b>363</b>
<b>20.2</b>	<b>Bauarten und Einteilung der Fenster</b>	<b>364</b>
20.2.1	Konstruktionsarten	364
20.2.2	Öffnungsarten	364
20.2.3	Rahmenwerkstoffe	366
20.2.4	Fenster mit besonderen Funktionen	368
<b>20.3</b>	<b>Fensterbeschläge</b>	<b>370</b>
20.3.1	Dreh-Kippbeschlag	370
20.3.2	Einbruchhemmende Beschläge	372
20.3.3	Hebe-Schiebeflügelbeschlag	372
<b>20.4</b>	<b>Herstellung von Fenstern</b>	<b>373</b>
20.4.1	Aufmaß am Bauwerk	373
20.4.2	Zuschnitt und Bearbeitung	373
20.4.3	Rahmenverbindung	374
20.4.4	Beschlageinbau	374
<b>20.5</b>	<b>Montage von Fenstern</b>	<b>375</b>
20.5.1	Klotzung der Scheiben	376
20.5.2	Verglasungssysteme	377
20.5.3	Anschluss und Befestigung am Bauwerk	377
<b>20.6</b>	<b>Schauenster und Vitrinen</b>	<b>380</b>




**21 Fassaden und Glaskonstruktionen 381**

<b>21.1</b>	<b>Einteilung und Bauarten</b>	<b>381</b>
21.1.1	Warmfassaden	382
21.1.2	Kaltfassaden	383
21.1.3	Kalt-Warmfassaden(CW-Fassade)	383
21.1.4	Doppelfassade, Zweite-Haut-Fassade	384
21.1.5	Ganzglasfassaden (Structural Glazing)	384
21.1.6	Punktgehaltene Glasfassade	385
<b>21.2</b>	<b>Überkopfverglasung (Schrägverglasung)</b>	<b>385</b>
<b>21.3</b>	<b>Wasserabführung bei Fassaden</b>	<b>386</b>

<b>21.4</b>	<b>Planung, Fertigung und Montage von Fassaden</b>	<b>387</b>
21.4.1	Planungsgrundlagen	387
21.4.2	Montage der Unterkonstruktion	388
21.4.3	Pfosten-Riegel-Montage	389
21.4.4	Elementmontage	389
<b>21.5</b>	<b>Glasanbauten</b>	<b>390</b>
<b>21.6</b>	<b>Sonnenschutz</b>	<b>392</b>
21.6.1	Innenliegende Sonnenschutzanlagen	392
21.6.2	Äußere Sonnenschutzanlagen	393
<i>Arbeitsauftrag: Projektierung, Konstruktion und Herstellung eines Glasvordaches 397</i>		

**Lernfeld: Herstellen von Treppen und Geländern**


	<b>22 Treppen</b>	<b>399</b>
<b>22.1</b>	<b>Treppenarten</b>	<b>399</b>
<b>22.2</b>	<b>Konstruktionsarten von Treppen</b>	<b>401</b>
22.2.1	Wangentreppen	401
22.2.2	Holmtreppen	401
22.2.3	Spindeltreppen	402
<b>22.3</b>	<b>Stufenarten</b>	<b>402</b>
<b>22.4</b>	<b>Bezeichnungen an der Treppe</b>	<b>403</b>
<b>22.5</b>	<b>Hauptmaße von Treppen (n. DIN 18065)</b>	<b>404</b>
<b>22.6</b>	<b>Konstruktionsbeispiel</b>	<b>405</b>
22.6.1	Geschosshöhenberechnung	405
22.6.2	Steigungsberechnung	406
22.6.3	Konstruktion der Wangen	407
<b>22.7</b>	<b>Stufenverziehung bei gewendelten Treppen</b>	<b>409</b>
<b>22.8</b>	<b>Anreißen von Wangen</b>	<b>412</b>
<b>22.9</b>	<b>Berechnung mit Computern</b>	<b>412</b>

	<b>23 Geländer</b>	<b>417</b>
<b>23.1</b>	<b>Aufbau des Geländers</b>	<b>417</b>
<b>23.2</b>	<b>Geländer in und an Wohnhäusern</b>	<b>418</b>
<b>23.3</b>	<b>Industriegeländer</b>	<b>419</b>
<b>23.4</b>	<b>Befestigung der Geländer</b>	<b>420</b>
<b>23.5</b>	<b>Biegen eines Treppengeländer-Krümmllings</b>	<b>421</b>
<i>Arbeitsauftrag: Konstruktionen einer Treppe 423</i>		
<i>Arbeitsauftrag: Konstruktion eines Treppengeländers 424</i>		


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

	<b>24 Qualitätsmanagement</b>	<b>425</b>
<b>24.1</b>	<b>Aufgaben des Qualitätsmanagements</b>	<b>426</b>
24.1.1	Qualitätsplanung	426
24.1.2	Qualitätslenkung	427
24.1.3	Qualitätsprüfung	427
24.1.4	Qualitätsverbesserung	427

<b>24.2</b>	<b>Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9000:2015</b>	<b>428</b>
24.2.1	Die acht Grundsätze des Qualitätsmanagementsystems	428
<b>24.3</b>	<b>Modell eines Qualitätsmanagementsystems</b>	<b>429</b>
24.3.1	Verantwortung der Leitung	430
24.3.2	Management der Mittel	430
24.3.3	Produkt- und Dienstleistungsrealisierung	430
24.3.4	Messung, Analyse und Verbesserung	430
<b>24.4</b>	<b>Qualität ist nicht nur Chefsache</b>	<b>430</b>
<b>24.5</b>	<b>Qualitätsmanagement in der Schweißtechnik</b>	<b>431</b>
24.5.1	Allgemeine Qualitätsanforderungen	431
24.5.2	Spezielle Anforderungen im Stahl- und Metallbau	431
24.5.3	Qualifizierung von Schweißverfahren	432
24.5.4	Qualifizierung von schweißtechnischem Fachpersonal – Schweißer und Bediener	432

	<b>25 Instandhaltung</b>	<b>433</b>
<b>25.1</b>	<b>Grundlegende Begriffe</b>	<b>433</b>
<b>25.2</b>	<b>Instandhalten von Systemen im Metall- und Stahlbau</b>	<b>441</b>
25.2.1	Vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen	441
25.2.2	Instandhaltungsvorschriften	443
25.2.3	Diagnostik, Fehleranalyse und Dokumentation	444
25.2.4	Instandhaltung von Arbeitsmitteln	447
<i>Arbeitsauftrag: Instandhaltung einer zwei-flügeligen Feuerschutztür 449</i>		
<i>Arbeitsauftrag: Instandhaltung einer Werkzeugmaschine 449</i>		
<i>Arbeitsauftrag: Instandhaltungsstrategie 449</i>		
<i>Arbeitsauftrag: Wartung eines Hofofens mit kraftbetätigten Drehflügeltüren 450</i>		

**Lernfeldübergreifendes Wissen**

	<b>26 Werkstofftechnik</b>	<b>451</b>
<b>26.1</b>	<b>Übersicht der Werkstoffe</b>	<b>451</b>
<b>26.2</b>	<b>Auswahl der Werkstoffe nach ihren Eigenschaften</b>	<b>452</b>
<b>26.3</b>	<b>Stähle und Gusseisen</b>	<b>454</b>
26.3.1	Roheisengewinnung und Stahlherstellung	454
26.3.2	Verarbeitung zu Stahlerzeugnissen	456
26.3.3	Normung der Stahlerzeugnisse (Formnormung)	459
26.3.4	Kurznamen für Stähle und Stahlguss	461
26.3.5	Kurznamen für Gusseisenwerkstoffe	463
26.3.6	Alte Kurznamen der Stähle und Gusseisenwerkstoffe	464

26.3.7	Werkstoffnummern für Stähle, Gusseisenwerkstoffe und Stahlguss	465	<b>26.11</b>	<b>Kunststoffe (Plaste)</b>	<b>506</b>
26.3.8	Einteilung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe	466	26.11.1	Eigenschaften und Verwendung	506
26.3.9	Stähle für den Metallbau und Stahlbau	467	26.11.2	Herstellung und innerer Aufbau	506
26.3.10	Nichtrostende Stähle (Edelstahl Rostfrei)	469	26.11.3	Technologische Einteilung	507
26.3.11	Stähle für Bleche und Bänder	471	26.11.4	Thermoplaste	508
26.3.12	Maschinenbaustähle	472	26.11.5	Duroplaste	509
26.3.13	Werkzeugstähle	473	26.11.6	Elastomere	510
26.3.14	Gusseisenwerkstoffe und Stahlguss	474	26.11.7	Sonderanwendungen von Kunststoffen im Metallbau	510
<b>26.4</b>	<b>Innerer Aufbau der Metalle</b>	<b>475</b>	26.11.8	Weiterverarbeitung der Kunststoff-Erzeugnisse	512
26.4.1	Gefüge und kristalline Struktur	475	<b>26.12</b>	<b>Verbundwerkstoffe</b>	<b>513</b>
26.4.2	Innerer Aufbau und Eigenschaften	475	26.12.1	Faserverstärkte Verbundwerkstoffe	513
26.4.3	Kristallgittertypen der Metalle	476	26.12.2	Teilchenverstärkte Verbundwerkstoffe	514
26.4.4	Entstehung des Metallgefüges	476	26.12.3	Schicht- und Strukturverbunde	514
26.4.5	Gefüge reiner Metalle und von Legierungen	477	<b>26.13</b>	<b>Hilfsstoffe</b>	<b>515</b>
26.4.6	Schmelz- und Erstarrungsverhalten	478	<b>26.14</b>	<b>Glas und Glasbauteile</b>	<b>517</b>
26.4.7	Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm und Gefügearten der unlegierten Stähle	479	<b>26.15</b>	<b>Werkstoffprüfung</b>	<b>519</b>
<b>26.5</b>	<b>Wärmebehandlung der Stähle</b>	<b>480</b>	26.15.1	Technologische Prüfverfahren	519
26.5.1	Glühen	480	26.15.2	Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy	519
26.5.2	Härten	481	26.15.3	Härteprüfungen	520
26.5.3	Vergüten	484	26.15.4	Zugversuch	521
26.5.4	Härten der Randzone	484	26.15.5	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	522
<b>26.6</b>	<b>Aluminium und Aluminiumlegierungen</b>	<b>486</b>	26.15.6	Metallografische Untersuchungen	523
26.6.1	Aluminium-Werkstoffe	487	<b>26.16</b>	<b>Werkstoffe und Hilfsstoffe – Umwelt- und Gesundheitsschutz</b>	<b>524</b>
26.6.2	Handhabung und Bearbeitung von Aluminium-Bauteilen	488	26.16.1	Umgang mit Werk- und Hilfsstoffen	524
26.6.3	Fügen von Aluminium-Bauteilen	488	26.16.2	Recycling und Entsorgung in Metallbaubetrieben	525
<b>26.7</b>	<b>Kupfer und Kupferlegierungen</b>	<b>489</b>	26.16.3	Vermeiden von Schadstoffen	526
26.7.1	Unlegierte Kupferwerkstoffe	489	26.16.4	Gesundheitsgefährdende Stoffe im Metallbau	527
26.7.2	Kupfer-Legierungen	490			
<b>26.8</b>	<b>Weitere wichtige Metalle</b>	<b>492</b>			
<b>26.9</b>	<b>Sinterwerkstoffe</b>	<b>494</b>			
26.9.1	Herstellung von Sinterteilen	494			
26.9.2	Typische Anwendungen	494			
26.9.3	Hartmetalle	495			
<b>26.10</b>	<b>Korrosion und Korrosionsschutz</b>	<b>496</b>			
26.10.1	Elektrochemische Korrosion	496			
26.10.2	Erscheinungsformen der Korrosion	497			
26.10.3	Korrosion bei hohen Temperaturen	498			
26.10.4	Einflussfaktoren auf die Korrosion eines Bauteils	498			
26.10.5	Auswahl der Werkstoffe nach dem Korrosionsverhalten	499			
26.10.6	Korrosionsschutzgerechte Konstruktion	500			
26.10.7	Korrosionsschutz von Stahlbauten	501			
26.10.8	Vorbereiten der Stahloberfläche	501			
26.10.9	Korrosionsschutz von Stahlbauteilen durch Feuerverzinken	502			
26.10.10	Korrosionsschutzbeschichtung von Stahlbauteilen	503			
26.10.11	Kathodischer Korrosionsschutz von Stahlbauteilen	504			
26.10.12	Korrosionsschutz bei nichtrostenden Stählen	504			
26.10.13	Korrosionsschutz von Aluminium-Bauteilen	505			
26.10.14	Korrosionsschutz bei Maschinen	505			

	<b>27 Kommunikation und Präsentation</b>	<b>529</b>
---	--	------------

<b>27.1</b>	<b>Kommunikation</b>	<b>529</b>
27.1.1	Kommunikationsebenen	529
27.1.2	Kommunikationsarten	529
27.1.3	Kommunikationsmodelle	531
27.1.4	Probleme in der Kommunikation	531
27.1.5	Kommunikationsstrategien	532
<b>27.2</b>	<b>Präsentation</b>	<b>535</b>

<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>539</b>
----------------------------	------------

<b>Normen und Vorschriften</b>	<b>559</b>
--------------------------------	------------

<b>Informationsquellen/ Anschriftenverzeichnis (Auswahl)</b>	<b>562</b>
--	------------

<b>Bildquellenverzeichnis</b>	<b>563</b>
-------------------------------	------------

Kurz-Inhaltsverzeichnis englisch

<b>learning fields: making of sheet pieces, formed parts and sectional steel structures</b>		10.2	disassembly	195	20.6	shop windows and showcases	380	
<b>1</b>	<b>forming</b>	<b>11</b>	10.3	avoidance, recycling and disposal of waste	195	<b>21</b>	<b>façades and glass structures</b>	<b>381</b>
1.1	classification of forming techniques	11	<b>learning field: making of steel and metal structures</b>			21.1	classification and types	381
1.2	forging	11	<b>11</b>	<b>safety on site</b>	<b>199</b>	21.2	overhead glazing	385
1.3	straightening	19	11.1	personal protective equipment	200	21.3	façade drainage	386
1.4	bend forming	22	11.2	scaffoldings and ladders	202	21.4	façade design, fabrication and assembly	387
1.5	tensile and compression forming	26	11.3	antifall roping	204	21.5	glass annexes	390
1.6	joining by forming	26	11.4	behavior in the event of fire	206	21.6	sun-shading	392
<b>2</b>	<b>machining</b>	<b>29</b>	<b>12</b>	<b>surveying on site</b>	<b>207</b>	<b>learning field: making of stairs and balustrades</b>		
2.1	tool edge	29	12.1	alignment stage	207	<b>22</b>	<b>stairs</b>	<b>399</b>
2.2	influencing variables in chip removal processes	29	12.2	length measurement	208	22.1	types of stairs	399
2.3	drilling	30	12.3	angular measurement	209	22.2	construction types of stairs	401
2.4	sawing	31	12.4	determining building heights	209	22.3	tread types	402
2.5	milling	32	12.5	determining finishing and completion heights	210	22.4	stairway terminology	403
2.6	threading	33	<b>13</b>	<b>structural steelwork and roof structures</b>	<b>211</b>	22.5	main dimensions of stairs	404
2.7	grinding	34	13.1	structural steelwork classification	211	22.6	sample design of a stairway	405
2.8	cut-off grinding	39	13.2	structural elements	213	22.7	turning the steps of a spiral stairway	409
2.9	polishing and brushing	39	13.3	types of stress acting in structural components	215	22.8	marking-out of stringers	412
<b>3</b>	<b>mechanical parting and thermal cutting</b>	<b>41</b>	13.4	piers	217	22.9	computer calculation	412
3.1	wedge-action cutting	41	13.5	girders	224	<b>23</b>	<b>balustrades</b>	<b>417</b>
3.2	shear cutting	41	13.6	girder connection	239	23.1	balustrade design	417
3.3	thermal cutting	49	13.7	bracing and guy ropes	248	23.2	balustrades in and at residential buildings	418
<b>4</b>	<b>screwed, riveted and clamped joints</b>	<b>55</b>	13.8	industrial steel buildings	251	23.3	industrial guard-rail	419
4.1	joining processes	55	13.9	space-enclosing structural elements	257	23.4	fixing balustrades	420
4.2	screwed joints	56	<b>learning field: making of doors, gates and fences</b>			23.5	bending a string wreath	421
4.3	clamping girder joints	67	<b>14</b>	<b>doors</b>	<b>269</b>	<b>learning field: maintenance of structural metal and steel systems</b>		
4.4	riveted joints	68	14.1	revolving folding-door structure	269	<b>24</b>	<b>quality management</b>	<b>425</b>
<b>5</b>	<b>self-substance joints</b>	<b>73</b>	14.2	door types and features	271	24.1	tasks of quality management	426
5.1	welding methods	73	14.3	security on automatic doors	277	24.2	quality management according to DIN EN ISO 9000:2005	428
5.2	pressure welding methods	99	14.4	doors with specific functions	278	24.3	quality management system model	429
5.3	welded joint	103	14.5	door materials	282	24.4	quality assurance is not only a matter for the boss!	430
5.4	weldability of metals	108	14.6	door closer	283	24.5	quality management in welding technology	431
5.5	welding of plastics	111	14.7	door fittings	285	<b>25</b>	<b>maintenance</b>	<b>433</b>
5.6	soldering	112	14.8	placing and assembly	286	25.1	basic terms	433
5.7	bonding	116	<b>15</b>	<b>doors and gates</b>	<b>287</b>	25.2	maintenance of structural systems in metal and steel construction	441
<b>6</b>	<b>electrical machines and devices</b>	<b>121</b>	15.1	entrance doors	287	<b>interdisciplinary knowledge</b>		
6.1	electric circuit	121	15.2	exterior doors	295	<b>26</b>	<b>materials science</b>	<b>451</b>
6.2	electromagnetism	122	15.3	safety at power operated/automatic gates	299	26.1	general survey of materials	451
6.3	electric motors	126	<b>16</b>	<b>locks</b>	<b>301</b>	26.2	choice of materials depending on their properties	452
6.4	Protection against the dangers of electric current	129	16.1	types of locks	301	26.3	steel and cast iron	454
<b>7</b>	<b>NC technology in metal construction</b>	<b>131</b>	16.2	design and operating mode	302	26.4	inner structure of metals	475
7.1	work flow in NC technology	131	16.3	standard dimensions of locks	303	26.5	heat treatment of steel	480
7.2	design of NC machines	132	16.4	door lock safety catch	304	26.6	aluminium and aluminium alloys	486
7.3	design characteristics of NC machines	134	16.5	master-keyed systems	315	26.7	copper and copper alloys	489
7.4	controller types	136	<b>17</b>	<b>grills and grates</b>	<b>317</b>	26.8	other important metals	492
7.5	coordinate systems	136	17.1	articulated grills	317	26.9	sintered materials	494
7.6	program structure	137	17.2	fixed grills	317	26.10	corrosion and corrosion protection	496
7.7	manual programming	140	17.3	gratings	318	26.11	plastics	506
7.8	machine-aided programming	144	<b>18</b>	<b>control engineering</b>	<b>323</b>	26.12	composite materials	513
7.9	using NC technology in metal construction	145	18.1	open-loop control	323	26.13	process materials	515
<b>learning field: dismantling and assembling structural modules in the shop</b>			18.2	closed-loop control	323	26.14	glass and glass components	517
<b>8</b>	<b>lifting and moving loads</b>	<b>159</b>	18.3	controller types	324	26.15	material testing	519
8.1	basic physics	159	<b>learning field: making of windows, façades and glass annexes</b>			26.16	environmental and health protection	524
8.2	hoists	163	<b>19</b>	<b>building physics</b>	<b>345</b>	<b>27</b>	<b>communication and presentation</b>	<b>529</b>
8.3	industrial trucks	168	19.1	thermal isolation	345	27.1	communication	529
8.4	fastening loads	168	19.2	moisture protection	355	27.2	presentation	535
8.5	safety at work and protection against accidents	172	19.3	noise insulation	357	<b>subject index</b>		<b>539</b>
<b>9</b>	<b>mounting of structural components</b>	<b>173</b>	19.4	fire protection	361	<b>further reading</b>		<b>559</b>
9.1	mounting with masonry anchors	173	<b>20</b>	<b>windows</b>	<b>363</b>	<b>image references</b>		<b>563</b>
9.2	mounting with studs	174	20.1	window design and components	363			
9.3	mounting with dowels	175	20.2	window types and classification	364			
<b>10</b>	<b>assembly, disassembly and disposal</b>	<b>185</b>	20.3	window fittings	370			
10.1	shop assembly	185	20.4	window manufacture	373			
			20.5	window installation	375			



# 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. 492).

### 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.

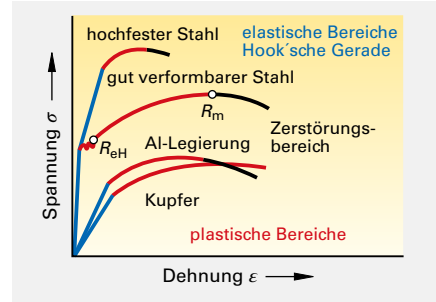
Die genormte Einteilung der Fertigungsverfahren des Umformens unterscheidet nach der im Werkstückquerschnitt auftretenden Spannung fünf Gruppen (Bild 2).

### 1.2 Schmieden

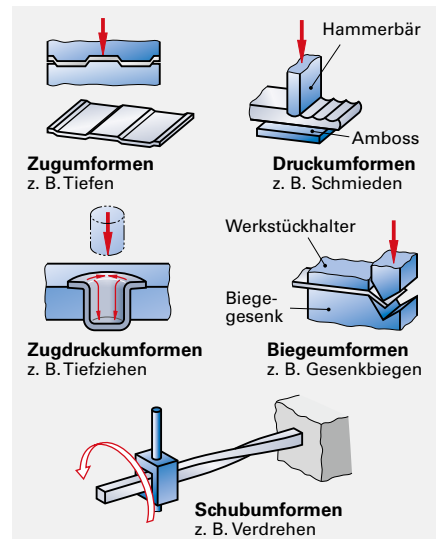
**Schmieden** ist eine spanlose Formänderung meist erwärmter metallischer Werkstücke durch Druckumformen zwischen zwei Werkzeugen.

#### 1.2.1 Technologische Grundlagen

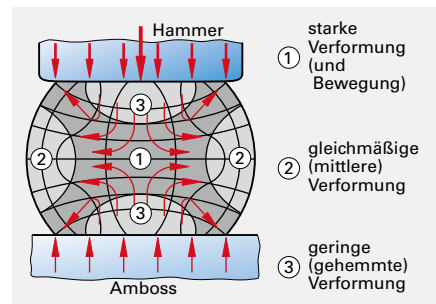
Beim Schmieden wird das in der Regel erwärmte Werkstück auf Druck beansprucht, wodurch Querschnittsveränderungen ohne Materialverlust entstehen. Die auftretenden Druck- bzw. Schubspannungen im Werkstück bewirken ein langsames Fließen der Stoffteilchen parallel zueinander. Dabei ist an den Rändern die 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. 476). 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 **Schmiedendtemperatur**, liegt etwas oberhalb der **Rekristallisationstemperatur**. Dort bilden sich wie bei der Wärmebehandlung (s. S. 480 ff.) die durch Kaltverformung verspannten Kristalle eines Werkstoffs neu.

**Merke**

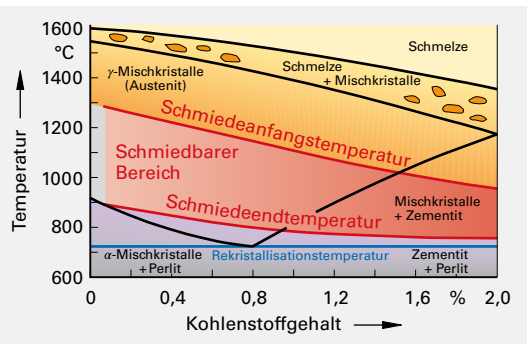
Je geringer der Kohlenstoffgehalt eines Stahls ist, desto höher kann die Schmiedeanfangstemperatur sein und desto größer ist der Temperaturbereich des Schmiedens.

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.



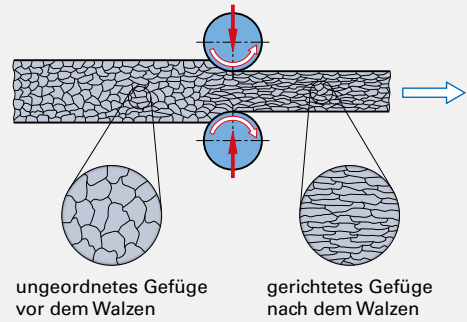
**1 Abhängigkeit des Schmiedebereichs bei unlegiertem Stahl vom Kohlenstoffgehalt, dargestellt im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm**

**Schmiedetemperaturen und Glühfarben**

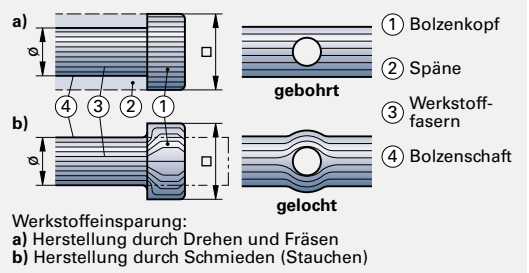
Werkstoff	Anfangs-temperatur	End-temperatur
Baustahl Fe 360 B	1250 °C	780 °C
unlegierter Werkzeugstahl	1000 °C	800 °C
Schnellarbeitsstahl	1150 °C	900 °C
Messing, Kupfer, Bronze	700 °C	500 °C
Aluminium	500 °C	300 °C

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 (Stauhen)

**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 Zusammenhaltkräfte 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

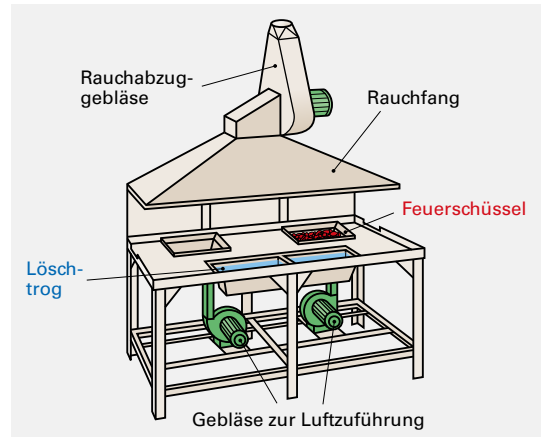
Das Erwärmen des kohlenstoffhaltigen Stahls führt zur **Verzunderung** der Oberfläche.

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 vergrößert sich das Gefüge.

### Maschinen zum Schmieden

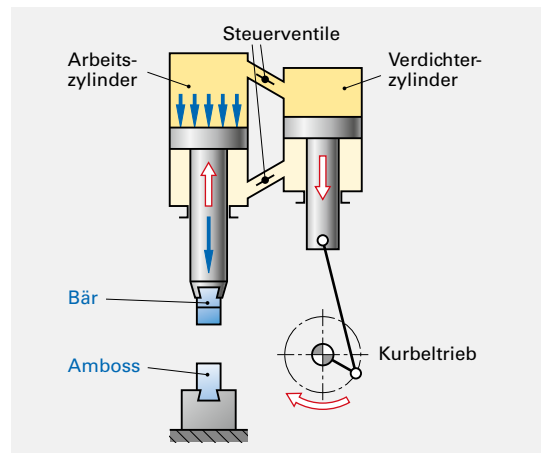
Schmiedepressen oder **Maschinenhämmer** (**Bild 2**) ersetzen die Muskelkraft. Der Hammer wird hier **Bär** genannt. Seine Masse beginnt bei ca. 30 kg. Die Kraft des Bären entsteht durch die Fallbeschleunigung. Zusätzliche Kräfte auf den Bären werden durch pneumatische und für besonders leistungsfähige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

### Stachen

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

Gestacht 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.



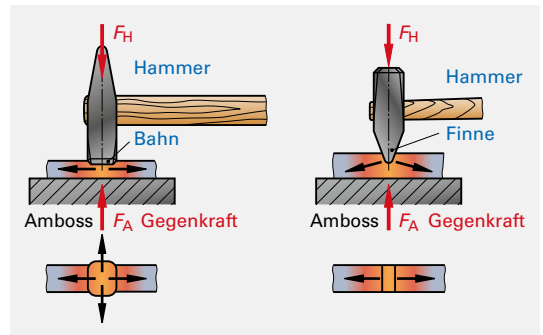
1 Schmiedegerät für Stabenden



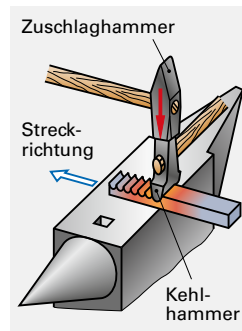
2 Profilwalzen für angeschmiedete Stabenden



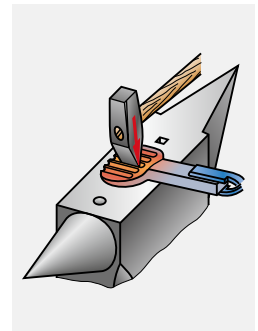
3 angeschmiedete Stabenden und geprägte Oberflächen



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 **Schlitzsen** (**Bild 7b**) verwendet wird.

**Lochen**

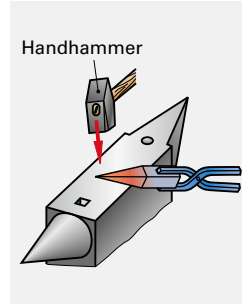
Dadurch werden beliebig geformte Durchbrüche, meist runde Löcher, in Schmiedestücke eingeformt. Als Werkzeuge dienen **Lochhämmer** und **Dorne** mit verschiedenen geformten Querschnitten (**Bild 7**). Vorgearbeitet wird mit dem Schlitzhammer. Das Fertiglochen mit dem Dorn geschieht häufig auf der Lochplatte.

**Torsieren**

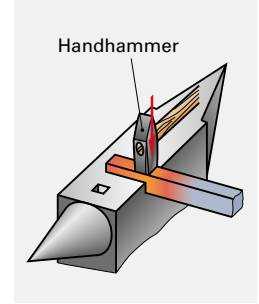
Es ist die am meisten verbreitete Methode zur Verzierung von Stäben (**Bild 8**). Zum Verdrehen von Stäben um ihre Längsachse müssen diese in erwärmtem Zustand an einem Ende eingespannt werden. Als Werkzeuge zum Verdrehen dienen Dreh- oder Torsiereisen.

**Feuerschweißen**

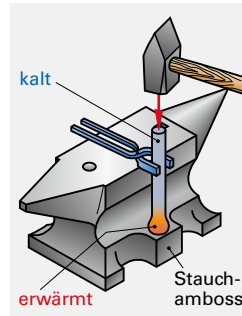
Zuerst müssen möglichst große Flächen an der Verbindungsstelle geschaffen werden. Dann werden die Teile auf eine Temperatur knapp unterhalb des Schmelzpunktes erwärmt, mit Flussmittel (Sand) von Oxiden befreit und durch Hammerschläge zusammengepresst. Dadurch verschweißen die Teile miteinander.



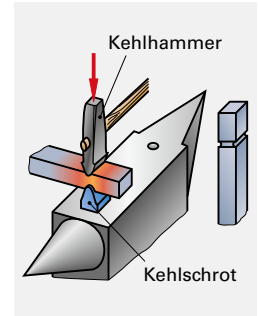
1 Spitzen



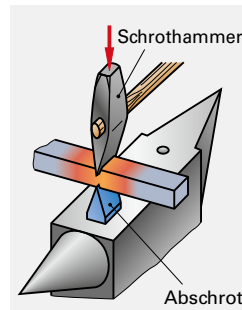
2 Absetzen



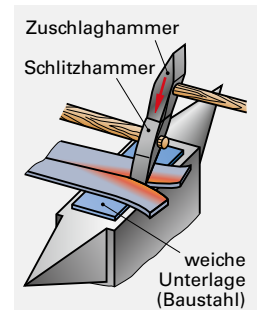
3 Stauchen



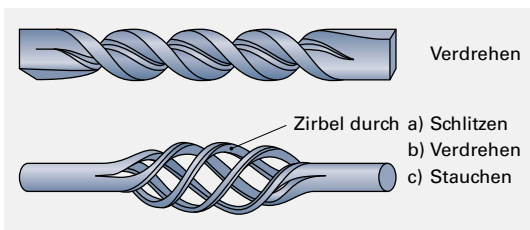
4 Kehlen



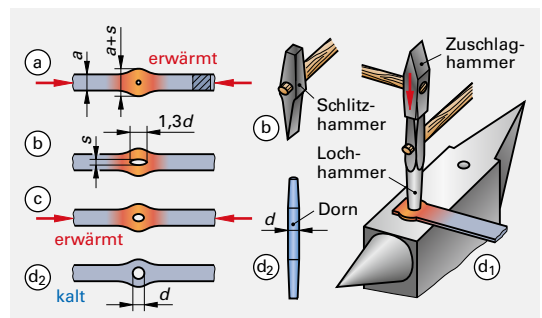
5 Abschroten



6 Spalten



8 Torsieren



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

## Gesenschmieden

### Merke

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

Gesensschmieden 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**).

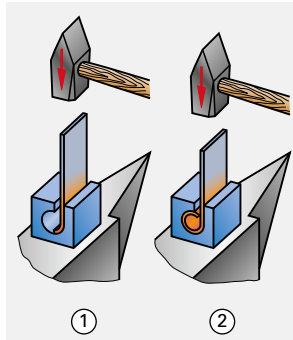
**Schmiedehämmer** haben eine leicht gewölbte Bahn und eine abgerundete Finne. **Handhämmer** werden einhändig geführt. Ihre Masse beträgt 1 kg bis 2 kg (**Bild 5**).

**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.

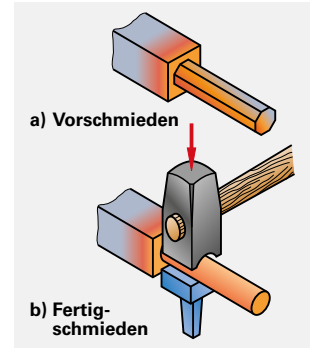
Kleine Schmiedestücke lassen sich nur mit **Zangen** sicher halten. Deshalb muss für die verschiedenen Formen der Werkstücke die geeignete Zange vorhanden sein (**Bild 6**). Um die Hand nicht zu ermüden, kann ein Spannring über die Schenkel der Zange geschoben werden.

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

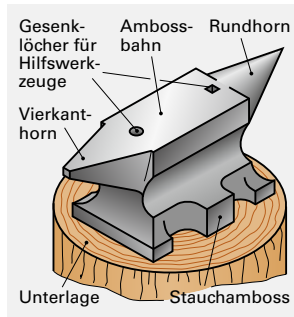
Ein spezielles Prüfmittel ist die **Schmiedelehre** (**Bild 7**). Da die erforderliche Genauigkeit beim Freiformschmieden von Hand gering ist, genügt für andere Längenmaße die Übertragung durch den Taster oder ein Stahl-Bandmaß.



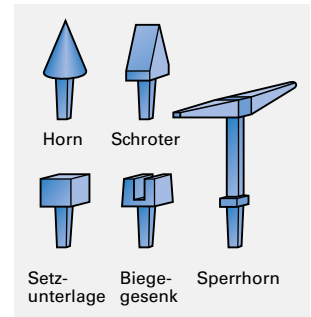
1 Einrollen eines Gelenkauges für ein Torband im Gesenk



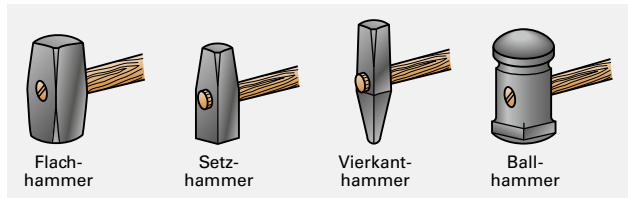
2 Schmieden eines Rundzapfens im Gesenk



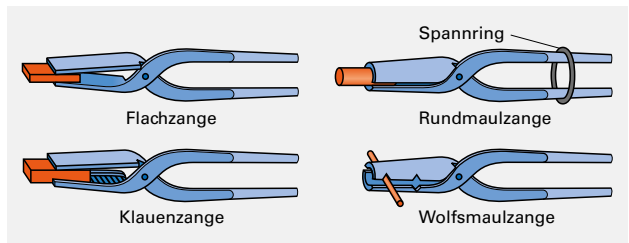
3 Amboss



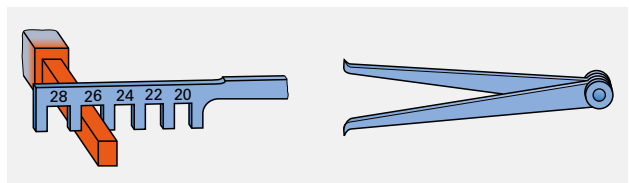
4 Hilfswerkzeuge zum Amboss



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**).

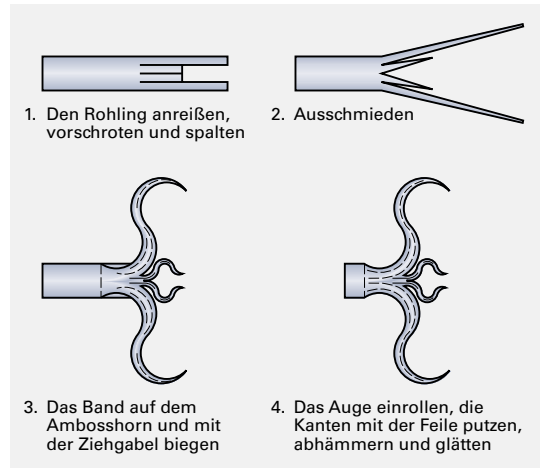
Um die Wünsche nach künstlerischer Ausgestaltung von z. B. Geländern in Wohnhäusern zu erschwinglichen Preisen zu erfüllen, bieten Industriebetriebe eine große Auswahl von Einzelteilen und ganzen Baugruppen an. Sie sehen wie traditionelle Kunst-Schmiedearbeiten aus, werden aber maschinell gefertigt und 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

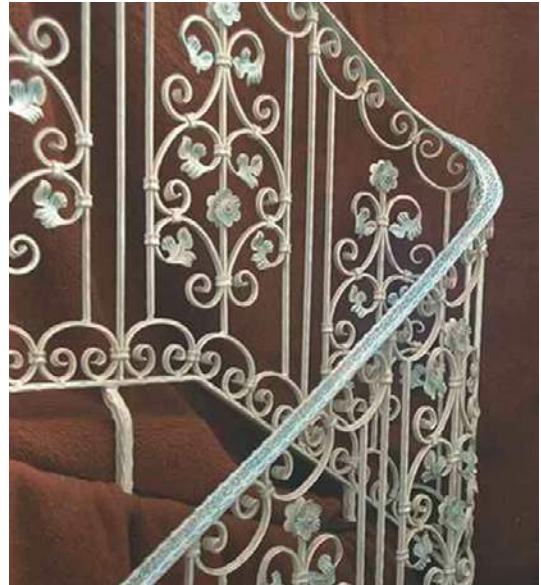
Die bei der Metallgestaltung gewählten Formen gehören zum künstlerischen Stil bestimmter Epochen und sollten zum Bauwerk passen.

**Einflüsse auf die Gestaltung** haben außerdem:

- die Umgebung, deren Teil 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 Zierriet in der Mitte. Durch Kehlen, Stauchen und Hämmern wird die Fläche gestaltet (**Bild 2**).

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

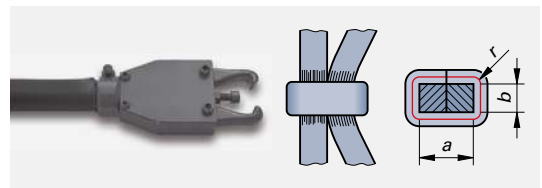
**Stabenden** werden besonders bei Zäunen genutzt, um die Oberkante zu betonen, aber auch, um unbefugtes Übersteigen zu erschweren (**Bild 3**).

## Stilepochen

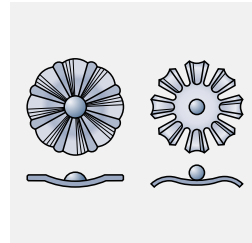
Die charakteristischen Gestaltungselemente der einzelnen Stilepochen sind vor allem bei Restaurierungsarbeiten zu beachten. Die mittelalterlichen Stile **Romanik** (1000-1250) und **Gotik** (1200-1500) greifen vielfach auf Naturformen zurück (**Bild 4**). Der **Renaissancestil** (1500-1650) greift antike 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

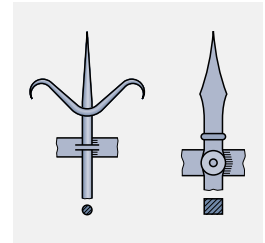
- 1 Beschreiben Sie die Eigenschaft Schmiedbarkeit.
- 2 Welche Metalle sind gut schmiedbar und warum?
- 3 Warum ist ein großer Abstand zwischen Anfangs- und Endtemperatur beim Schmieden vorteilhaft?
- 4 Warum ist Gusseisen nicht schmiedbar?
- 5 Beschreiben Sie vier Schmiedeverfahren und die dazugehörigen 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.



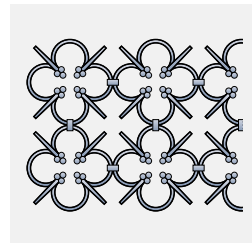
1 Bundschließer und Bund



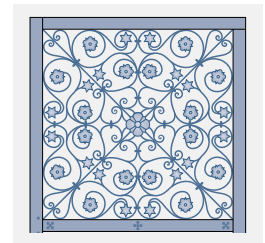
2 Beispiele für Rosetten



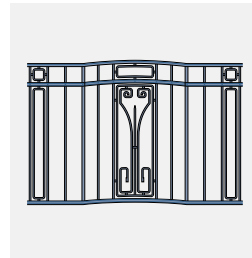
3 Stabkreuzungen und -enden



4 Gotisches Gitter



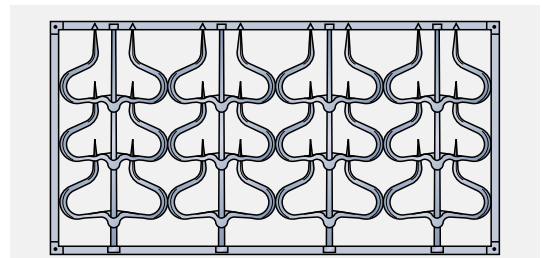
5 Barockes Schmuckgitter



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 Wärme- einwirkung an Halbzeugen oder Bauteilen entstanden sind.

### 1.3.1 Kaltrichten

Der Richteffect 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.

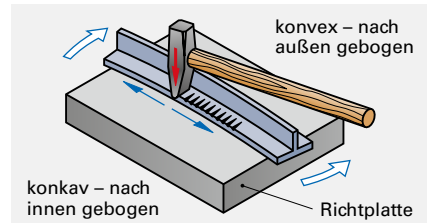
Beim Flachstahl dagegen geschieht das Richten durch Schläge mit der Bahn des Hammers auf die konvex gewölbte Seite, die zur Streckung der gegenüberliegenden konkaven Seite führt (**Bild 3**). Das Richten stärkerer Stäbe oder Profile kann auch durch den Druck der Biegebeilagen im Schraubstock geschehen.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

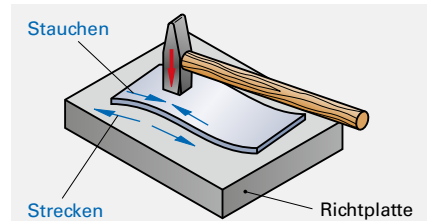
**Richten mit Maschinen** ist bei größeren Abmessungen der Werkstücke nötig. Diese werden auf speziellen Pressen meist hydraulisch über die Verformungsrichtung hinaus gebogen (**Bild 5**). Größere und dickere Bleche oder Stäbe werden durch Walzen auf Rollenrichtmaschinen in den planen Zustand zurückversetzt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



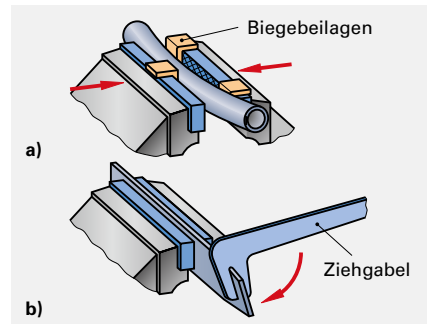
1 Richten von Blech



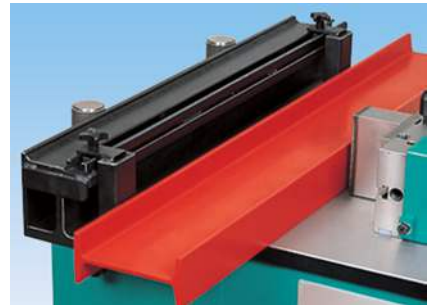
2 Richten durch Strecken



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 Wärmeausdehnung 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.

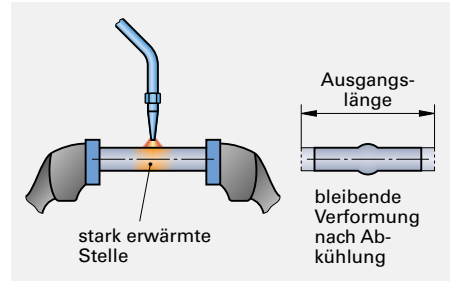
Aus der Wärmelehre ist bekannt, dass jedes Metall eine bestimmte Wärmeausdehnungszahl besitzt. 1 m unlegierter oder nichtrostender ferritischer Stahl dehnt sich je Grad Temperaturerhöhung um 0,012 mm aus, nichtrostender austenitischer Stahl dehnt sich sogar 1,5 mal so stark aus. Bei Behinderung dieser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

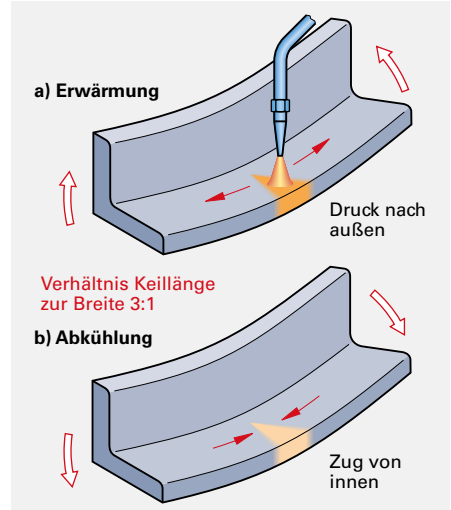
### Diese Regeln sollten beachtet werden:

- Nichtrostenden Stahl vorher entfetten, Brenner mit leichtem 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;
- 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.

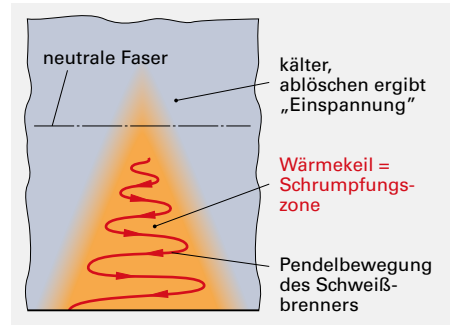
**Wärmepunkte** genügen, um kleine unerwünschte Dellen zu beseitigen. Je größer die Punkte sind, desto stärker ist ihre Wirkung (**Bild 4**).



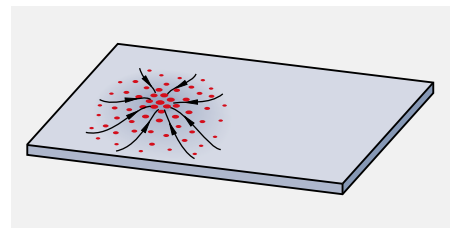
1 Versuch zur Wärmedehnung



2 Richten eines verbogenen Winkelstahls mit einem Wärmekeil



3 Setzen eines Wärmekeils



4 Wirkung von Wärmepunkten und Wärmeovalen