



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

METALLBAUTECHNIK

Fachbildung nach Lernfeldern

11. neubearbeitete Auflage

Bearbeitet von
Lehrern an beruflichen Schulen und Ingenieuren

Leiter des Arbeitskreises: Gerhard Lämmelin

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfer 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	Waddewitz
Lämmlein, Gerhard	Dipl.-Ing., Studiendirektor a. D.	Neustadt/Weinstraße
Marter, Roland	Studienrat	Tornesch
Noack, Sven	Dipl.-Ing.	Bautzen
Pahl, Hans-J.	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Hamburg
Thiele, Eckhard	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Wildau
Steinmüller, Armin	Dipl.-Ing.	Hamburg

Lektor und Leiter des Arbeitskreises:
Gerhard Lämmlein

Bildentwürfe und Fotos:

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

Bildbearbeitung:

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

11. Auflage 2023

Druck 5 4 3 2 1

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

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

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

ISBN 978-3-7585-1317-6

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

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

Satz: Jürgen Neumann, Grafische Produktionen, 97222 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 **11. Auflage** wurde den zwischenzeitlich erfolgten, umfangreichen Änderungen im Normenwerk Rechnung getragen. In der 10. Auflage wurden die Kapitel „Umformen“, „Sicherheit am Bau“, „Tore“ und „Qualitätssicherung“ aktualisiert und angepasst. Das Buch ist somit eine umfassende Quelle für alle in der Ausbildung vorkommenden Inhalte und Themen. Die berufliche Praxis der meisten Auszubildenden, für die dieses Lehrbuch bestimmt ist, kommt in den umfangreichen Kapiteln über Stahlbau, Treppen, Geländer, Schlösser, Fassaden sowie Fenster, Türen und Tore zum Ausdruck.

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

In erster Linie soll dieses Lehrbuch dem Unterricht in der Berufsschule dienen, jedoch wurde bei allen dafür geeigneten Themen großer Wert auf die Verbindung zur praktischen Erfahrung des Auszubildenden im Betrieb gelegt. Durch die vertiefte Darstellung vieler 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.

Sommer 2023

Autoren und Verlag

Inhaltsverzeichnis	4 ... 9
Kurzinhaltsverzeichnis englisch	10

Lernfelder: Herstellen von Blechteilen, Umformteilen und Konstruktionen aus Profilen

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

Lernfeld: Demontieren und Montieren von Baugruppen in der Werkstatt

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

Lernfeld: Herstellen von Stahl- und Metallbaukonstruktionen

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

Lernfeld: Herstellen von Türen, Toren und Gittern

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

Lernfeld: Herstellen von Fenstern, Fassaden und Glaselementen

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

Lernfeld: Herstellen von Treppen und Geländern

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

Lernfeld: Instandhalten von Systemen des Metall- und Stahlbaus

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

Lernfeldübergreifendes Wissen

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

Inhaltsverzeichnis

Lernfelder: Herstellen von Blechteilen, Umformteilen und Konstruktionen aus Profilen



1 Umformen 11

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



2 Spanen 29

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



3 Mechanisches Zerteilen und Thermisches Trennen 41

3.1	Keilschneiden	41
3.2	Scherschneiden	41
3.2.1	Prinzip des Scherschneidens	41
3.2.2	Offen-Schneiden	43
3.2.3	Geschlossen-Schneiden	47
3.3	Thermisches Trennen	49
3.3.1	Autogenes Brennschneiden	49
3.3.2	Schmelzschnitten	51
3.3.3	Laserstrahlschneiden	52



4 Schraub-, Niet- und Klemmverbindungen 55

4.1	Fügeverfahren im Metall- und Stahlbau (Übersicht)	55
4.2	Schraubverbindungen	56
4.2.1	Schraubenbezeichnung	56
4.2.2	Handelsformen und Verwendung der Schrauben	57
4.2.3	Muttern	59
4.2.4	Unterlegscheiben	59
4.2.5	Selbsthemmung von Gewinden	59
4.2.6	Spannschlösser	60
4.2.7	Schraubensicherungen	60
4.2.8	HV-Schrauben	62
4.2.9	Vorteile von 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
4.3	Trägerklemmverbindungen	67
4.4	Nietverbindungen	68
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>



5 Stoffschlüssige Verbindungen 73

5.1	Schweißverfahren	73
5.1.1	Gasschmelzschweißen	74
5.1.2	Lichtbogenschmelzschweißen	79
5.1.3	Unterpulverschweißen	86
5.1.4	Schutzgasschweißen	87
5.1.5	Wolfram-Plasmaschweißen WP	93
5.1.6	Laserstrahlschweißen	94
5.1.7	Hybridschweißverfahren	95
5.2	Pressschweißverfahren	96
5.3	Schweißverbindung	100
5.3.1	Schweißnaht	100
5.3.2	Schweißspannungen	101
5.3.3	Schweißfolgeplan	101
5.3.4	Gestaltung von Schweißverbindungen	102
5.3.5	Schweißanweisung	103
5.4	Schweißbarkeit von Metallwerkstoffen	104
5.5	Kunststoffschweißen	107
5.6	Löten	108
5.6.1	Lötvorgang	108
5.6.2	Lötverfahren	109
5.6.3	Lote	110
5.6.4	Flussmittel	111
5.7	Kleben	112
5.7.1	Kleben im Metallbau	112

5.7.2	Wirkungsweise der Klebstoffe	112
5.7.3	Arten der Klebstoffe	113
5.7.4	Vorbehandlung der Klebeflächen	115
5.7.5	Gestaltungsregeln für Klebeverbindungen	115
5.7.6	Verarbeitung der Klebstoffe	115
5.7.7	Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen	116



6 Elektrische Maschinen und Anlagen 117

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



7 NC-Technik im Metallbau 127

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

7.9.2	CNC-Laserschneidtechnik	143
7.9.3	Wasserstrahlschneiden	143
7.9.4	Blechbiegen, CNC-gesteuert	144
7.9.5	CNC-gesteuertes Biegen von Rohren	145
7.9.6	Stanzen und Nibbeln mit NC-Maschinen	146
7.9.7	Komplettbearbeitung von Profilen	148

<i>Arbeitsauftrag: Herstellen eines Schüttgutbehälters</i>	<i>149</i>
<i>Arbeitsauftrag: Bau einer Wetterschutzhütte</i>	<i>151</i>
<i>Arbeitsauftrag: Bau und Montage eines geschmiedeten Gitters</i>	<i>153</i>

Lernfeld: Demontieren und Montieren von Baugruppen in der Werkstatt



8 Heben und Bewegen von Lasten 155

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



9 Befestigung von Bauteilen 169

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



10 Montage, Demontage und Entsorgung 181

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