



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Prüfungsbuch Metallbautechnik

7. Auflage

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

Europa-Nr.: 17611

Autoren des Prüfungsbuches Metallbautechnik:

Ignatowitz, Eckhard	Dr.-Ing., Studienrat	Waldbronn
Köhler, Frank	Dipl.-Ing. Pädagoge	Moritzburg
Weingartner, Alfred	Studiendirektor a. D.	München
Pahl, Hans-Joachim	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat i. R.	Hamburg

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Frank Köhler

Der Arbeitskreis dankt Herrn Hans-Martin Weinstock für seine Mitwirkung als Autor bis zur 6. Auflage des Prüfungsbuches.

Illustrationen:

Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Betreuung der Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

7. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-1285-8

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

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Umschlag: MediaCreativ, G. Kuhl, 40724 Hilden

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort

Das vorliegende Prüfungsbuch Metallbautechnik spricht alle Personen an, die mit der Vorbereitung und Durchführung der Gesellen- und Facharbeiterprüfungen in den handwerklichen und industriellen Metallbauberufen, insbesondere in den Berufen Metallbauer/in und Konstruktionsmechaniker/in, befasst sind. In erster Linie soll es jedoch den Auszubildenden dieser Berufe bei der Vorbereitung der Zwischen- und Abschlussprüfung helfen. Am effektivsten wird dieses Buch in Verbindung mit dem Tabellenbuch Metallbautechnik und den anderen im gleichen Verlag erschienenen Lehrbüchern der Buchreihe Metallbautechnik eingesetzt. Es eignet sich wegen seiner Struktur sowohl für den unterrichtsbegleitenden Einsatz in der Berufsschule als auch zur systematischen Wissensaneignung und Lernerfolgskontrolle beim eigenverantwortlichen Lernen.

Die Auszubildenden sollen im handlungsorientierten Unterricht am Beispiel von Lernsituationen zum selbstständigen Planen, Durchführen und Beurteilen von beruflichen Arbeitsaufgaben befähigt werden und die dazu erforderlichen Kompetenzen erwerben. Das gelingt am besten, wenn fach- und handlungssystematische Strukturen miteinander verbunden werden.

Eine anerkannt wichtige Grundlage kompetenten beruflichen Handelns ist Fachkompetenz. Ziel der Prüfungen ist festzustellen, ob der Auszubildende die wesentlichen Qualifikationen erworben hat, die ihn zur qualifizierten Ausübung seiner beruflichen Tätigkeit befähigen. Dem wird durch Anwendung neuer Prüfungsordnungen Rechnung getragen.

Eine Übersicht über Prüfungsstruktur, Gewichtung der einzelnen Prüfungsteile, Inhalte und Erfüllungsbedingungen zu den Prüfungen nach den derzeit gültigen Prüfungsordnungen geben die inneren Umschlagseiten dieses Buches.

Die vorliegende **7. Auflage** wurde aktualisiert und in Teilen erneuert. Die Projekte orientieren sich inhaltlich und strukturell an den Anforderungen, die bei der Durchführung der Prüfungen nach den gültigen Verordnungen an die Auszubildenden gestellt werden. Auch die eigenverantwortliche Vorbereitung der Prüfungsteilnehmer auf das Fachgespräch als Prüfungsbestandteil wird unterstützt.

Die Autoren haben den Schwerpunkt auf technologische Aspekte der beruflichen Handlungen gelegt, aber auch Fragen der Arbeitsplanung, der technischen Mathematik, der Informationsbeschaffung und -verarbeitung, der Steuerungstechnik und Elektrotechnik einbezogen.

Um das Auffinden von Informationen und die Zuordnung zu den Lernfeldern zu erleichtern, wurde der Lernfeldwegweiser beibehalten.

Wir wünschen den Nutzern unseres Buches viel Erfolg bei der Vorbereitung und Durchführung der Prüfungen und einen erfolgreichen Start ins Berufsleben.

Hinweise, die der weiteren Verbesserung des Buches dienen, nehmen wir gerne unter lektorat@europa-lehrmittel.de entgegen.

Inhaltsverzeichnis

Teil I Aufgaben zur Technologie 8

1	Werkstofftechnik	8
1.1	Stähle und Gusseisen	8
1.2	Innerer Aufbau, Wärmebehandlung	14
1.3	Nichteisen-Metalle (NE-Metalle)	19
1.4	Sinterwerkstoffe	22
1.5	Korrosion und Korrosionsschutz	23
1.6	Kunststoffe	29
1.7	Verbundwerkstoffe	32
1.8	Glas	32
1.9	Hilfsstoffe	33
1.10	Werkstoffprüfung	34
1.11	Umweltschutz	37
2	Fertigungstechnik	38
2.1	Umformen	38
2.1.1	Biegen	38
2.1.2	Tiefziehen	45
2.1.3	Sicken	46
2.1.4	Hämmern, Wölben, Metalldrücken	47
2.1.5	Schmieden	48
2.2	Spanlose Blech- und Profilbearbeitung im Metallbau	59
2.3	Zerspanende Blech- und Profilbearbeitung	62
2.3.1	Bohren	62
2.3.2	Fräsen	66
2.3.3	Sägen	67
2.3.4	Schleifen	69
2.3.5	Polieren	73
2.4	Richten	74
2.5	Thermisches Trennen	76
2.5.1	Brennschneiden	76
2.5.2	Plasmaschneiden	78
3	Fügetechnik	79
3.1	Fügen im Metallbau	79
3.1.1	Fügetechniken im Vergleich	79
3.1.2	Durchsetzfügen	80
3.1.3	Nietverbindungen	81
3.1.4	Klemmverbindungen	84
3.1.5	Steckverbindungen, Schnappverbindungen	85
3.1.6	Schraubverbindungen	86
3.1.7	Stift- und Bolzenverbindungen	93
3.1.8	Falzverbindungen	94
3.2	Kleben	96
3.3	Löten	101
3.4	Schweißen	103
3.4.1	Grundlagen	103
3.4.2	Gasschmelzschweißen	103
3.4.3	Lichtbogenhandschweißen	106
3.4.4	Schutzgasschweißen	110
3.4.5	Bolzenschweißen	117
3.4.6	Unterpulverschweißen (UP-Schweißen)	118
4	Elektrotechnik	119
4.1	Grundlagen	119
4.2	Schaltungstechnik	120
4.3	Wirkungen des elektrischen Stromes	121
4.4	Spannungserzeugung	122
4.5	Elektromotoren	123
4.6	Schutz vor den Gefahren des elektrischen Stromes	123
5	Informationstechnik	124
5.1	Grundlagen	124
5.2	Programme	125
5.3	CAD	126
6	Steuern, Regeln, CNC-Technik	127
6.1	Grundlagen	127
6.2	Mechanische Steuerungen	128
6.3	Pneumatische Steuerungen	129
6.4	Elektropneumatische Steuerungen	139
6.5	CNC-Technik	141

7	Bauphysik.....	144	
7.1	Wärmeschutz	144	I
7.2	Feuchteschutz	148	
7.3	Schallschutz	149	
7.4	Sonnenschutz	151	
7.5	Brandschutz	152	
8	Baueinheiten.....	154	
8.1	Glas.....	154	
8.2	Fenster	156	
8.3	Fassaden und Lichtdächer	161	
8.4	Wintergärten	167	
8.5	Markisen.....	168	
8.6	Türen, Tore und Beschläge	169	
8.6.1	Türen	169	
8.6.2	Tore	175	
8.6.3	Beschläge	184	
8.7	Stahltreppen, Geländer, Gitter.....	186	
8.8	Befestigung von Bauteilen.....	194	
9	Schließ- und Sicherungstechnik	203	
10	Hebezeuge	208	
11	Einrichten von Baustellen.....	216	
12	Stahlbau	220	
12.1	Allgemeines	220	
12.2	Träger.....	223	
12.3	Trägerverbindungen.....	229	
12.4	Stützen.....	235	
12.5	Vermessungs-, Füge- und Montagetechniken	241	
12.6	Schrauben, Niete und Klemmen	251	
12.7	Stahlskelettbauten, Hallen, Decken und Dachkonstruktionen.....	258	

Teil II Aufgaben zur technischen Mathematik.....270

Teil III Aufgaben zur Arbeitsplanung.....300

Teil IV Wirtschafts- und Sozialkunde

Teil V Projekte.....362

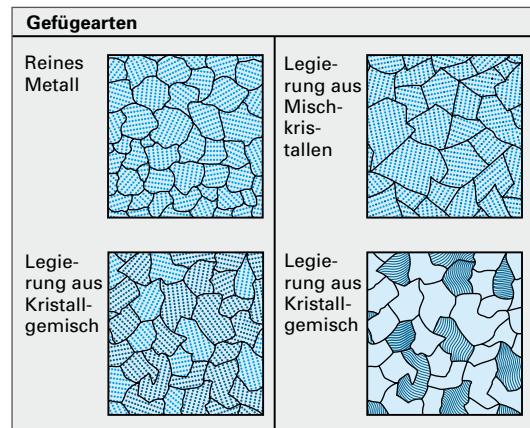
Projekt 01: Knotenpunkt eines Fachwerkträgers.....	362	
Projekt 02: Querkraftanschluss	369	
Projekt 03: Biegesteifer Trägeranschluss ..	371	
Projekt 04: Schweißkonstruktion Konsole ..	376	
Projekt 05: Blindflansch	380	
Projekt 06: Schmiedearbeit	386	
Projekt 07: Rohrheftvorrichtung	390	
Projekt 08: Torlager	396	
Projekt 09: Zweiflügeliges Hoftor	400	
Projekt 10: Fenstermontage	403	
Projekt 11: Fensterfertigung	406	
Projekt 12: Treppenkonstruktion	410	
Projekt 13: Treppenanschluss	414	
Projekt 14: Wabenträger	418	
Projekt 15: Stütze	420	
Projekt 16: Abzugshaube	425	
Projekt 17: Zylinderbehälter	427	
Projekt 18: Transportband	431	
Projekt 19: Ringbiegemaschine	433	
Lösungen.....	435	

5 Wodurch unterscheiden sich reine Metalle und Legierungen bezüglich Gefüge und Eigenschaften?

Die **reinen Metalle** haben ein einheitliches (homogenes) Gefüge aus einem Metall (Bild). Sie besitzen eine relativ geringe Festigkeit im Vergleich zu den Legierungen.

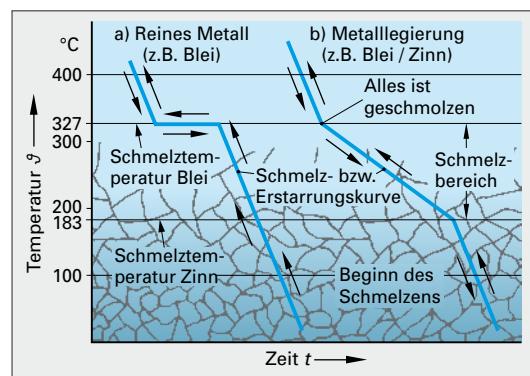
Legierungen bestehen aus einem Basismetall und zusätzlich einem oder mehreren Legierungselementen. Sie bilden entweder ein einheitliches Mischkristallgefüge oder ein un-einheitliches (heterogenes) Kristallgemisch-Gefüge (Bild).

Legierungen haben gegenüber den reinen Metallen verbesserte Eigenschaften: höhere Festigkeit, größere Härte, verbessertes Korrosionsverhalten.



6 Skizzieren Sie in einem Temperatur-Zeit-Diagramm die Schmelz- und Erstarrungskurve a) eines reinen Metalls b) einer Metalllegierung

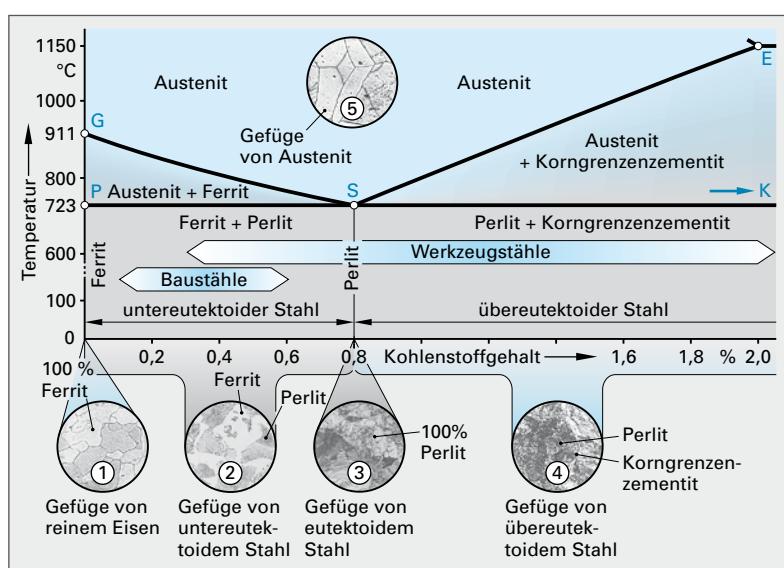
- Die Schmelz- und Erstarrungskurve eines Metalls sind gekennzeichnet durch einen stetigen Verlauf oberhalb und unterhalb der Erstarrungs- bzw. Schmelztemperatur und ein waagrechtes Kurvenstück bei der Erstarrungstemperatur (Bild).
- Legierungen haben eine Schmelz- und Erstarrungskurve mit stetigem Anfangs- und Endstück sowie einen Mittelbereich mit geringerer Steigung. In diesem Temperaturbereich, zwischen dem Beginn und dem Ende der Erstarrung, liegen feste Kristalle in der noch flüssigen Restschmelze vor.



7 Was kann aus dem Eisen-Kohlenstoff-Zustandsschaubild abgelesen werden?

Aus dem Eisen-Kohlenstoff-Zustandsschaubild können die Gefügearten der kohlenstoffhaltigen Eisenwerkstoffe (Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe) bei den verschiedenen Temperaturen abgelesen werden.

Daraus kann die Steigerung der Härte und Festigkeit durch Wärmebehandlungen erklärt werden.



1.5 Korrosion und Korrosionsschutz

1 Was versteht man unter elektrochemischer Korrosion und unter welchen Bedingungen tritt sie auf?

Unter elektrochemischer Korrosion versteht man die unter dem Einfluss von Feuchtigkeit auftretende Korrosion an Bauteilen aus unlegiertem Stahl.

Sie tritt immer dort auf, wo Feuchtigkeit vorhanden ist und ein dafür anfälliger Werkstoff, wie z. B. unlegierter Stahlbaustahl.

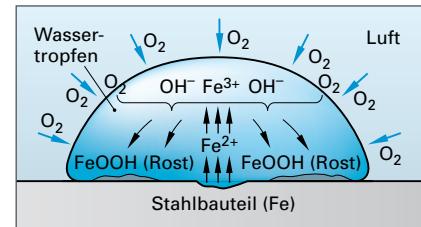
2 Warum sind Bauteile aus unlegiertem Stahl im Freien von Korrosion bedroht?

Bauteile im Freien sind häufig durch Regen mit Feuchtigkeit (Wasser) überzogen. Auf dem Metall bildet sich unter dem Einfluss der Feuchtigkeit durch elektrochemische Korrosion Rost.

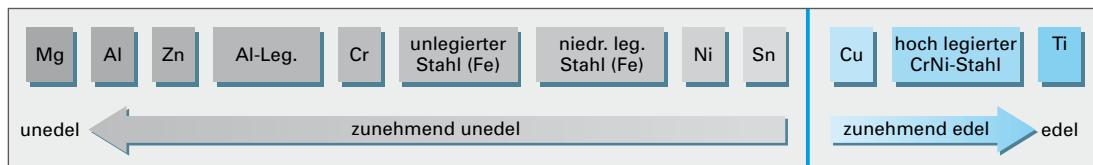
3 Beschreiben Sie die Vorgänge bei der Rostbildung auf feuchten Stahloberflächen.

An vielen Feuchtigkeitsstellen auf der Stahloberfläche entstehen Lokalelemente. Dort lösen sich Eisenatome Fe im Wasser als Fe^{2+} -Ionen auf und reagieren mit den im Wasser allgegenwärtigen OH^- -Ionen (Bild).

Das Reaktionsprodukt dieses Vorgangs ist Rost $FeOOH$. Er scheidet sich zuerst fleckenförmig auf der Stahloberfläche ab und wächst im Laufe der fortschreitenden Korrosion zu einer geschlossenen Rostschicht zusammen.



4 Erläutern Sie anhand der Spannungsreihe der Metalle (Bild), warum es an einer Blindnietung von Stahlbauprofilen mit Aluminium-Blindnieten zu einem Korrosionselement mit Kontaktkorrosion kommt? Welches Bauteil wird angegriffen?



An der Nietstelle liegen die beiden Metalle unlegierter Stahl und Aluminium aneinander. Bei Vorhandensein von Feuchtigkeit entsteht ein Korrosionselement mit Materialauflösung. Der Werkstoff, der angelöst wird, kann aus der Spannungsreihe der Metalle (Bild) ermittelt werden. Es ist der unedlere Werkstoff der Metallpaarung. Er steht weiter links in der Spannungsreihe.

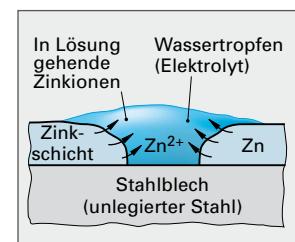
Bei der vorliegenden Metallpaarung steht Aluminium weiter links in der Spannungsreihe der Metalle als Stahl. Der Aluminiumniet wird angelöst und dadurch langfristig zerstört.

5 Bei einem feuerverzinkten Stahlbauteil ist die Zinkschicht durch einen Werkzeugkratzer beschädigt, so dass im Kratzergrund der Stahl freiliegt. Wird das Stahlbauteil ausgehend von der Schadstelle der Verzinkung korrodiert? Begründen Sie Ihre Einschätzung mit den Vorgängen, die an der Schadstelle ablaufen.

Das Stahlbauteil wird an der kleinen Schadstelle auch bei Anwesenheit von Feuchtigkeit für lange Zeit nicht korrodiert.

Begründung: An der Schadstelle liegt mit Feuchtigkeit das Korrosionselement unlegierter Stahl/Zink vor (Bild). Bei dieser Werkstoffpaarung geht Zink in Lösung, da es in der Spannungsreihe der Metalle das unedlere Element ist. Es steht dort weiter links.

Das Stahlbauteil ist der edlere Werkstoff. Erst wenn die Zinkschicht weitgehend aufgelöst ist, korrodiert das dann ungeschützte Stahlbauteil.



57 Welche Gestaltungsmerkmale sind typisch für die Epoche des Barock ?

Im Barock wurden die Formen der Renaissance weiterentwickelt. Es gibt keine strengen Linien mehr; es wird auf große raumhafte Wirkung hingearbeitet. Typisch sind wuchtige Tore mit prunkvollen Verzierungen. Vierkantstäbe, aber auch zahlreiche andere Profilformen kommen zum Einsatz. Typisch sind scharfkantige Stababbiegungen, kühne Blattschnitte, die sich dem Betrachter entgegenrollen, zusammengequetschte Spiralen und Voluten, mit Rosetten verzierte Stabkreuzungen, kleine Kugeln und Ringe als Verbindungsglieder. Insgesamt sind die Arbeiten sehr überladen mit naturalistischem Blatt- und Rankwerk, mit Blumen und Bändern.

58 Betrachten Sie die Bilder 1 bis 3. Für welche Stilepochen sind die Formelemente typisch?



Bild 1

Bild 1: Das Tor weist im Aufbau auf Barock, in den Einzelheiten sind aber bereits Formelemente des Rokoko erkennbar.

Bild 2: Spindelblume mit Blattwerk, räumlich, Merkmal von Renaissance-Gittern

Bild 3: Durchsteckarbeiten, Achterschlaufe, Spindelblume mit Blattwerk sind typisch für die Schmiedearbeiten der Renaissance



Bild 2

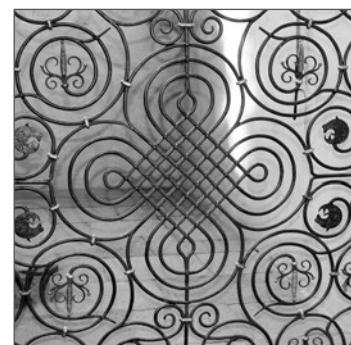
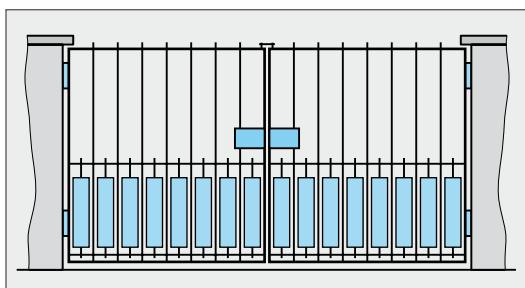


Bild 3

59 Beurteilen Sie die Wirkung des abgebildeten Tores.

Die senkrechten Linien dominieren. Die Ornamente im unteren Teil passen sich dem Grundaufbau an und ergeben zusammen mit den zwischengesetzten Flächen ein Band, das die schützende Funktion des Tores hervorhebt.



7 Nennen Sie Metalle, die zum Brennschneiden geeignet (bzw. nicht geeignet) sind.

Geeignet sind unlegierte und niedriglegierte Stähle, Stahlguss, Titan und Titanlegierungen. Ungeeignet sind Gusseisen, hochlegierte Stähle und Nichteisenmetalle.

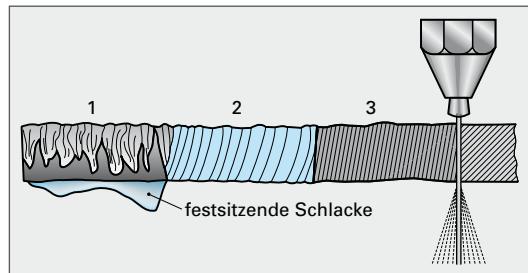
8 Welche Einstellungen muss man beim Brennschneiden mit zunehmender Werkstückdicke verändern?

Eine zunehmende Werkstückdicke erfordert:

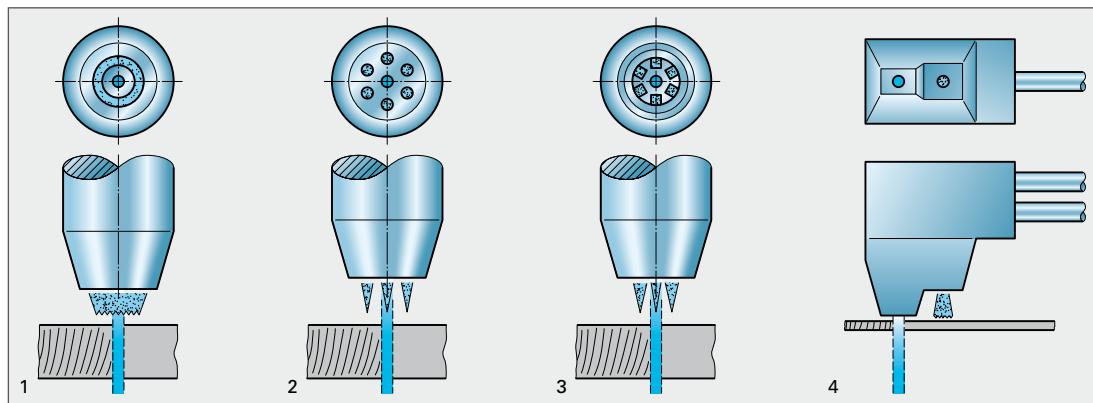
- eine geringere Schneidgeschwindigkeit,
- eine größere Düse,
- einen größeren Düsenabstand,
- einen höheren Heizgas- und Schneidsauerstoffdruck.

9 Wie beeinflusst die Schneidgeschwindigkeit die Oberflächengüte der Schnittfuge? Beurteilen Sie die Stellen 1, 2 und 3.

- 1: Bei zu kleiner Schneidgeschwindigkeit bleiben an der Unterseite der Schnittfuge Schlacken- und Metallreste hängen.
- 2: Bei zu großer Schneidgeschwindigkeit verlaufen die Riefen stark nach hinten. Der Brennschnitt kann abreißen.
- 3: Bei der richtigen Schneidgeschwindigkeit verlaufen die Riefen eng und fast senkrecht.



10 Benennen Sie die unterschiedlichen Brennschneiddüsen. Welche Besonderheiten haben sie?

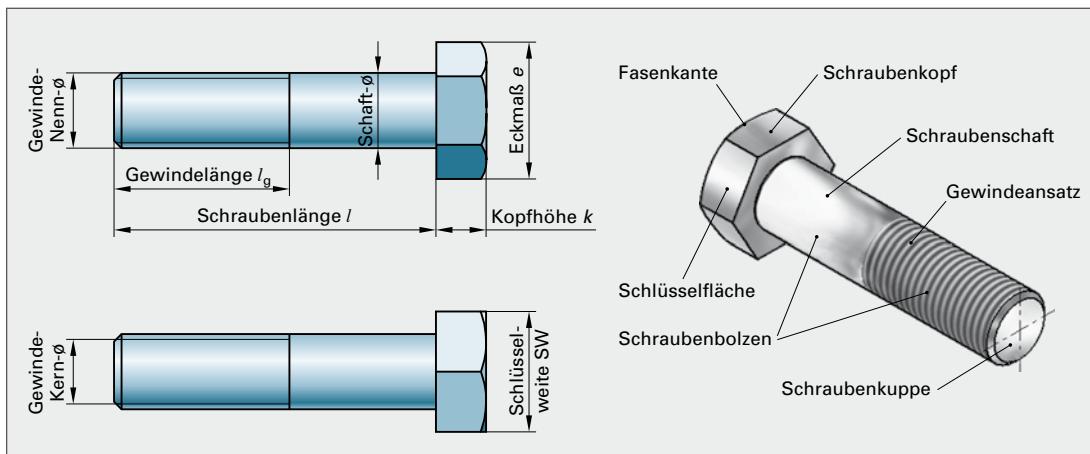


- 1 Ringdüse: Zweiteilig, leichtes Instandsetzen, schwieriges Zentrieren der Düsenteile, Abstand Heizflamme – Werkstück ca. 3 mm, dadurch spritzerempfindlich.
- 2 Blockdüse: Einteilig, nicht zerlegbar, Abstand Heizflamme – Werkstück ca. 7 mm, dadurch ist das Werkstück weniger der Wärme und Spritzern ausgesetzt.
- 3 Schlitzdüse: Zweiteilig, leichtes Reinigen und Instandsetzen, Abstand Heizflamme – Werkstück ca. 7 mm, dadurch spritzerunempfindlich.
- 4 Stufendüse: Zum Schneiden von Dünblechen, durch kleine Heizflamme kein Anschmelzen, Kurvenschnitte schwierig (durch die Anordnung von Heizdüse und Schneiddüse ist die Schneidrichtung festgelegt). Auch „Nachlaufdüse“ genannt.

9 Nennen Sie Gewindearten, die zur Herstellung von Verschraubungen zur Verfügung stehen.

Spitzgewinde (z. B. metrisches ISO-Gewinde als Regelgewinde und Feingewinde, Whitworth-Rohrgewinde), Trapezgewinde, Sägengewinde, Rundgewinde.

10 Nennen Sie die geometrischen Kenngrößen einer Sechskantschraube.



11 Man unterscheidet verschiedene Schraubenformen. Welche sind hier abgebildet?



12 Benennen Sie die Kopfform der Schrauben als weiteres Unterscheidungsmerkmal.



13 Erklären Sie, was man unter einem Schraubenantrieb versteht. Welche Schrauben gelten als „Schrauben ohne Werkzeugantrieb“?

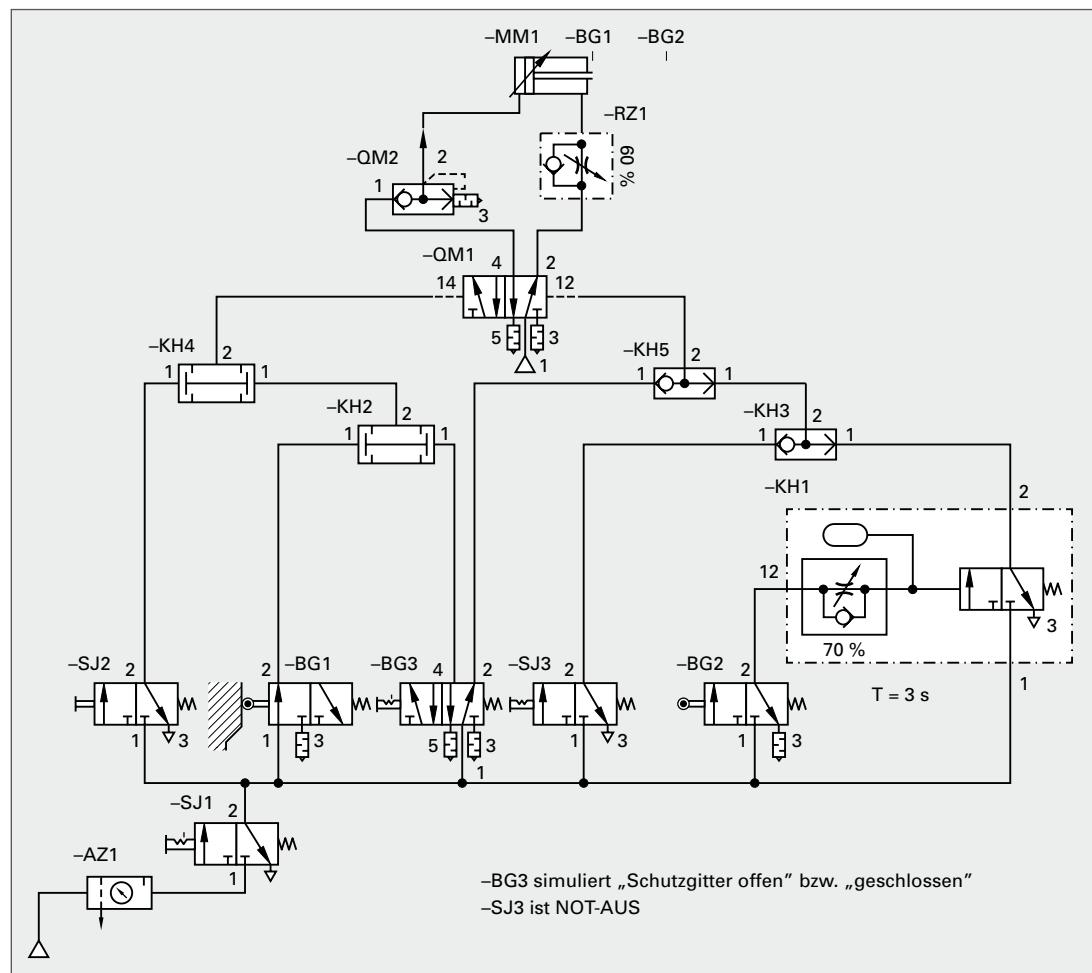
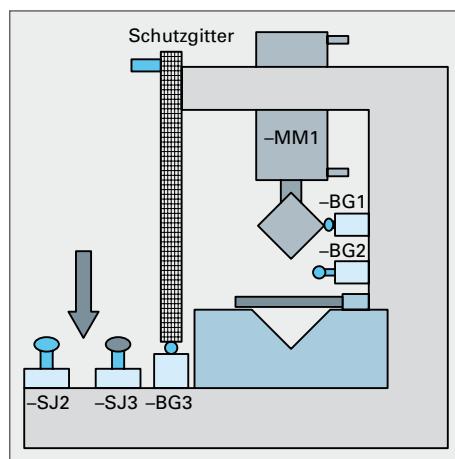
Als Antrieb bezeichnet man die Art und Weise der Kraftübertragung zwischen Werkzeug und Schraube. Ob sich Schraubverbindungen für bestimmte Einsatzfälle eignen, entscheidet sich heute nicht mehr alleine durch die Haltekraft, sondern wird ebenso durch Montage, Demontage und Verschleiß der Werkzeuge und Schraubenantriebe bestimmt.

Hammerschrauben und Flachrundschrauben gelten als „antriebslos“.

29 Die Steuerung der Biegevorrichtung aus Aufgabe 28 soll nach der folgenden Beschreibung ergänzt und verändert werden.

a) Entwickeln Sie den Schaltplan unter Beachtung der geforderten Veränderungen.

Zur Bedingung für den Start der Anlage soll erstens ein von Hand gegebenes Startsignal $-SJ2$ dienen und zweitens soll sich der Kolben von $-MM1$ beim Start in der hinteren Endlage befinden. Anzeige durch $-BG1$. Zur Sicherung des Arbeitsraumes soll statt der Zweihandbedienung ein von Hand betätigtes Schutzgitter angebracht werden, dessen Endlage („geschlossen“) durch ein Signalglied $-BG3$ angezeigt wird. Ist das Schutzgitter beim Start der Anlage noch offen, so darf der Arbeitszyklus der Biegevorrichtung nicht beginnen. Wird das Schutzgitter während des Betriebes geöffnet, so muss der normale Steuerungsablauf unterbrochen werden und der Kolben muss in die Ausgangslage (hintere Endlage) zurückfahren. Außerdem ist ein NOT-AUS-Schalter $-SJ3$ zu installieren, bei dessen Betätigung der gleiche Effekt eintritt.

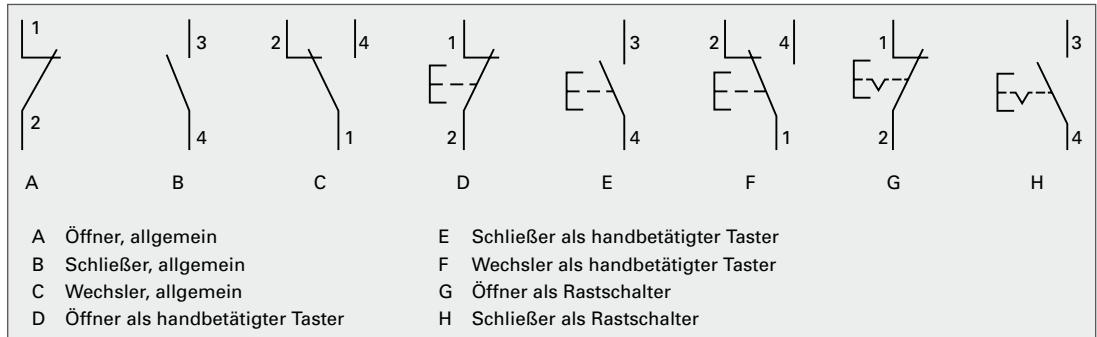


6.4 Elektropneumatische Steuerungen

1 Nennen Sie Vorteile elektropneumatischer Steuerungen.

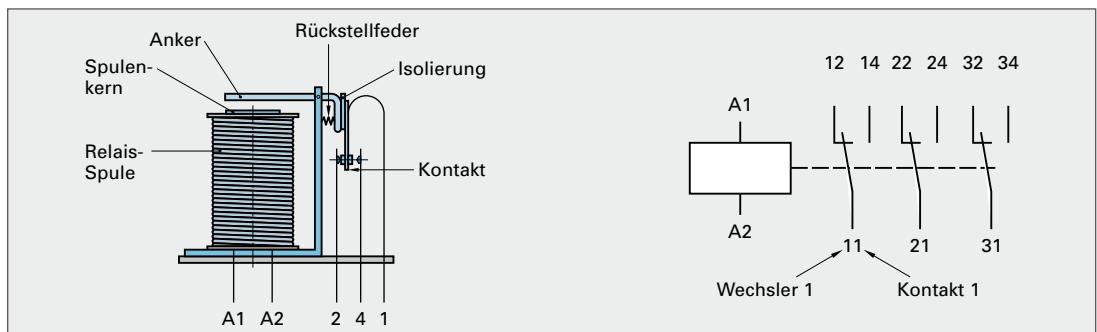
- Weniger mechanische Bauelemente sorgen für geringeren Verschleiß und damit hohe Zuverlässigkeit.
- Schnelleres Ansprechen von Bewegungsabläufen.
- Einfachere Installation bei Anlagen.
- Störungsunempfindlicher.
- Einfacherer Informationsaustausch zwischen mehreren Steuerungen.
- Aufwand für Planung und Installation verringert sich.

2 Benennen Sie die Bauelemente, die für die Signaleingabe verwendet werden und erläutern Sie die Unterschiede.



Man unterscheidet Tastschalter und Stellschalter. Tastschalter senden ein Signal nur so lange, wie eine Betätigungs Kraft auf sie einwirkt. Sie beenden demzufolge den Schaltprozess, wenn die Betätigungs Kraft nicht mehr wirkt. Stellschalter speichern hingegen das Signal, das von der Betätigungs Kraft ausgelöst wurde. Erst eine entgegengesetzte Schaltbewegung bzw. Betätigungs Kraft hebt die Signalspeicherung wieder auf. Die genannten Schalter können verschiedene Funktionen erfüllen, indem sie z. B. Stromkreise öffnen oder schließen. Dementsprechend bezeichnet man sie als Schließer oder Öffner. Die Kombination von beiden nennt man Wechsler. Nutzt man die Kontakte 1 und 2 vom Wechsler, so arbeitet er als Öffner. Mit dem Anschluss der Kontakte 1 und 4 arbeitet er dagegen als Schließer.

3 Erläutern Sie Aufbau und Funktion eines Relais.



Mit Relais lassen sich Signale verknüpfen und vervielfachen. Schwache Steuersignale können zum Schalten größerer Leistungen genutzt werden. Wird an den Kontakten A1 und A2 eine Spannung angelegt, fließt durch die Spule ein Strom. Der erzeugt ein elektromagnetisches Feld. In der Folge zieht der Anker an und bewegt sich Richtung Spulenkern. Der Kontakt mit dem Anschluss 1 liegt jetzt am Anschluss 4. Ist die Spule stromlos, nimmt der Anker seine ursprüngliche Stellung ein. Meist werden mehrere Kontakt-Sätze gleichzeitig angesprochen.