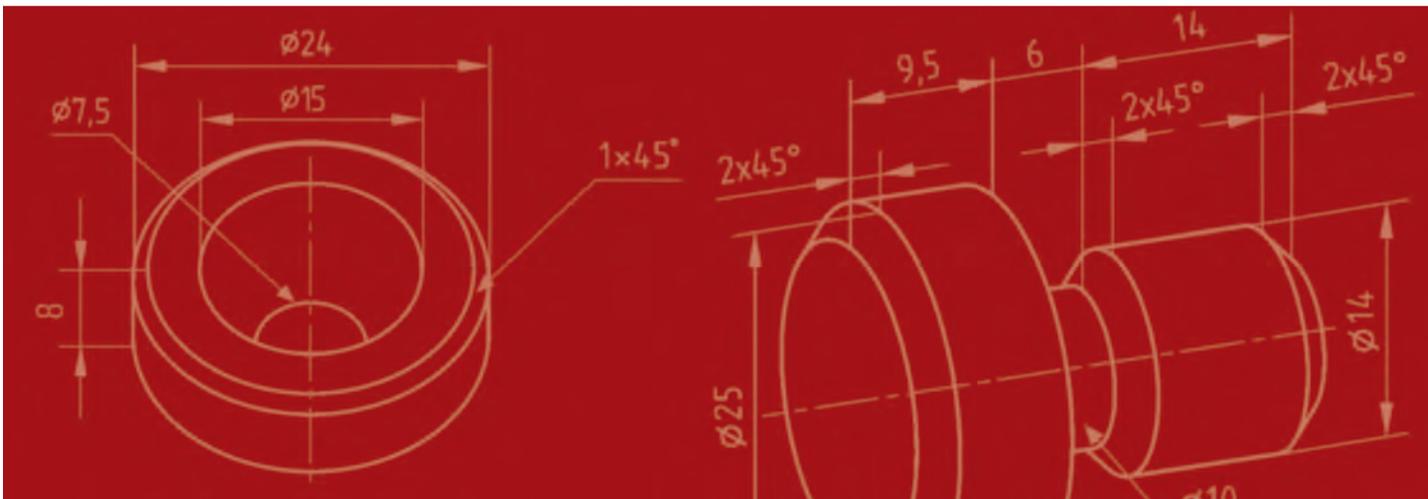


Grundkenntnisse Industrielle Metallberufe

Lernfelder 1–4

9. Auflage

mit Fachenglisch



DIGITALES
ZUSATZMATERIAL

METALLTECHNIK
INDUSTRIELLE METALLBERUFE



Grundkenntnisse Industrielle Metallberufe

Lernfelder 1–4

von
Reiner Haffer
Angelika Becker-Kavan
Gregor van den Boom
Finn Brandt
Christof Braun
Volker Lindner
Monika Reusmann
Elisabeth Schulz
Jochen Timm

unter Mitarbeit
von
Jeffrey Lloyd

9., völlig überarbeitete Auflage

Handwerk und Technik – Hamburg

Erklärung der am Seitenrand verwendeten Symbole

AH GK S. 1

Verweis auf Seite im passenden **Arbeitsheft Grundkenntnisse Industrielle Metallberufe – Lernfelder 1–4** (Bestellnummer 30105), auf der dieser Stoff bearbeitet wird.



Downloadmaterial verfügbar (PDF, EXCEL)



Videoclip oder Animation verfügbar (MP4, MOV)



interaktive Simulation verfügbar (html)

Die Illustrationen auf den Seiten 14 und 15 wurden ausgeführt von:

Claude Bernard Gay, Hamburg

Die technischen und grafischen Zeichnungen wurden nach Vorlagen ausgeführt von:

Dipl.-Ing. Manfred Appel, Kattendorf, Artbox Grafik & Satz GmbH, Bremen und Michele Di Gaspare Render3dx, Bergheim

Die interaktiven Simulationen wurden ausgeführt durch: Michele Di Gaspare Render3dx, Bergheim

Umschlagmotive:

1 – Reiner Haffer, Dautphetal

2 – Reiner Haffer, Dautphetal

3 – stock.adobe.com (©lichtmeister)

Die Normblattangaben werden wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Maßgebend für das Anwenden der Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der

DIN Media GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

ISBN 978-3-582-75707-4

Best.-Nr. 3010

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich oder durch bundesweite Vereinbarungen zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Die automatisierte Analyse des Werkes, um daraus Informationen insbesondere über Muster, Trends und Korrelationen gemäß § 44b UrhG („Text und Data Mining“) zu gewinnen, ist untersagt.

Die Verweise auf Internetadressen und -dateien beziehen sich auf deren Zustand und Inhalt zum Zeitpunkt der Drucklegung des Werks. Der Verlag übernimmt keinerlei Gewähr und Haftung für deren Aktualität oder Inhalt noch für den Inhalt von mit ihnen verlinkten weiteren Internetseiten.

Verlag Handwerk und Technik GmbH,

Lademannbogen 135, 22339 Hamburg; Postfach 63 05 00, 22331 Hamburg – 2025

E-Mail: info@handwerk-technik.de – Internet: www.handwerk-technik.de

Satz und Layout: Reemers Publishing Services GmbH, 47799 Krefeld

Druck: Mohn Media Mohndruck GmbH, 33311 Gütersloh

Inhalt

I	1	Einführung in den Beruf	1
	1	Auszubildende in ihrem neuen Umfeld	1
	1.1	Berufe in der Metall verarbeitenden Industrie und im Metallhandwerk	2
	1.1.1	Metall verarbeitende Industrie	2
	1.1.2	Metallhandwerk	4
	1.2	Betriebsstrukturen	5
	1.3	Duales System und Prüfungen	6
	1.4	Gefahren im Betrieb	7
	1.4.1	Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	8
	1.4.2	Vorschriften zur Arbeitsplatzgestaltung	8
	1.5	Kundenorientierung	11
	1.5.1	Geschäftsprozesse	11
	1.5.2	Qualitätsmanagement	12
	1.6	Konflikte lösen	14
	1.6.1	Konflikte und Lösungsansätze	14
	1.6.2	Umgang mit Konflikten	15
	1.6.3	Verhaltensmöglichkeiten im Konflikt mit Kunden	16
	2	Welcome To Technical English	17
	2.1	What About Your Job?	17
	2.2	Describing Jobs	18
	2.3	What About You?	18
	2.4	Work With Words	19
II		Lernfeld bezogene Inhalte	20
II		Lernfelder I und 2: Fertigen von Bauelementen	20
	1	Trennen	21
	1.1	Keilförmige Werkzeugschneide	21
	1.2	Spanende Fertigung von Bauteilen mit handgeführten Werkzeugen	24
	1.2.1	Meißeln	24
	1.2.2	Sägen	25
	1.2.3	Feilen	29
	1.3	Spanende Fertigung von Bauteilen mit Maschinen	31
	1.3.1	Bewegungen an spanenden Werkzeugmaschinen	31
	1.3.2	Kühlschmierstoffe	32
	1.3.3	Bohren, Senken, Reiben und Gewindeschneiden	33
	1.3.4	Drehen	41
	1.3.5	Fräsen	46
	1.4	Zerteilen	55
	1.4.1	Messer- und Beißschneiden	58
	2	Umformen	61
	2.1	Biegen	61
	2.2	Schmieden	67
	3	Tools	70
	3.1	Hand Tools	70
	3.2	Manual Power Tools	71
	3.3	Machine Tools	72
	3.4	Work With Words	73
	4	Prüftechnik	74
	4.1	Toleranzen	76
	4.1.1	Einzelmaße mit Toleranzangaben	76
	4.1.2	Allgemeintoleranzen	77
	4.1.3	ISO-Toleranzen	77
	4.2	Messgeräte	79
	4.2.1	Strichmaßstäbe	79
	4.2.2	Messschieber	79
	4.2.3	Winkelmesser	83
	4.2.4	Messschrauben	84
	4.2.5	Messuhren	85
	4.3	Direkte und indirekte Messung	86
	4.4	Messabweichungen	86
	4.5	Lehren	87
	4.5.1	Formlehren	87
	4.5.2	Maßlehren	88
	4.5.3	Grenzlehren	88
	4.6	Endmaße	90
	4.7	Prüfprotokoll	91
	4.8	Work With Words	95
II		Lernfeld 3: Herstellen von einfachen Baugruppen	96
	1	Systemtechnische Grundlagen	97
	1.1	Umgebung eines Systems	97
	1.2	Funktion eines Systems	98
	1.3	Strukturstufen eines Systems	99
	2	Montagetechnik	101
	2.1	Verbindungsarten	102
	2.1.1	Bewegliche und starre Verbindungen	102
	2.1.2	Kraft-, form- und stoffschlüssige Verbindungen	102
	2.1.3	Lösbare und unlösbare Verbindungen	103

2.2	Fügeverfahren, Werkzeuge und Vorrichtungen für die Montage	104
2.2.1	Fügen durch Kraftschluss	104
2.2.1.1	Schraubenverbindungen	104
2.2.1.2	Klemmverbindungen (<i>clamping joints</i>)	111
2.2.1.3	Pressverbindungen (<i>press fit joints</i>)	111
2.2.2	Fügen durch Formschluss	112
2.2.2.1	Bolzenverbindungen (<i>stud joints</i>)	112
2.2.2.2	Stiftverbindungen (<i>pin joints</i>)	113
2.2.2.3	Nietverbindungen mit Blindnieten (<i>rivet joints with blind rivets</i>)	115
2.2.2.4	Welle-Naben-Verbindungen (<i>shaft-hub-joints</i>)	115
2.2.3	Fügen durch Stoffschluss	116
2.2.3.1	Klebstoffverbindungen (<i>adhesive joints</i>)	116
2.2.3.2	Lötverbindungen (<i>soldering joints</i>)	119
2.2.3.3	Schweißen	123
2.2.4	Montagevorrichtungen/Montagehilfsmittel	131
2.3	Montagepläne und Montageanleitungen	132
2.4	Assembly Instruction for Punching Device	140
2.5	Work With Words	142
3	Automatisierungstechnik	143
3.1	Grundlagen der Automatisierungstechnik	143
3.1.1	Entwicklung der Automatisierung	143
3.1.2	Die Mechanik einer automatisierten Einrichtung	143
3.1.3	Steuerungsarten	143
3.1.4	Prinzip der Informationsverarbeitung	144
3.1.5	Signale	144
3.1.6	Planung einer Steuerung	145
3.2	Pneumatik	146
3.2.1	Grundlagen der Pneumatik	146
3.2.2	Pneumatische Baugruppen	147
3.2.2.1	Drucklufterzeugung	147
3.2.2.2	Wartungseinheit	148
3.2.2.3	Baugruppen zur Signaleingabe und -verarbeitung	149
3.2.2.4	Baugruppen zur Signalausgabe	151
3.2.3	Grundregeln pneumatischer und hydraulischer Schaltpläne	155
3.2.4	Planen pneumatischer Steuerungen	156
3.2.5	Montage pneumatischer Einrichtungen	158
3.3	Elektropneumatik	160
3.3.1	Elektrisch betätigte Wegeventile	160
3.3.2	Elektrische Steuerung	160



3.3.2.1	Elektrische Kontaktsteuerung, Relaissteuerung	160
3.3.2.2	Speicherprogrammierte Steuerung (SPS)	166
3.4	Hydraulik	167
3.4.1	Hydraulische Versorgungseinheit	169
3.4.2	Hydraulikflüssigkeit	170
3.5	Page in a Catalogue	172
3.6	Work With Words	174



II	Lernfeld 4: Warten technischer Systeme	175
1	Instandhaltung	176
1.1	Grundlagen der Instandhaltung	176
1.1.1	Bedeutung der Instandhaltung im Wandel der Zeit	176
1.1.2	Arbeitssicherheit im Instandhaltungswesen	177
1.1.3	Grundlegende Begriffe der Instandhaltungstechnik	179
1.1.4	Ziele der Instandhaltung	181
1.1.5	Instandhaltungskosten	182
1.2	Instandhaltungsmaßnahmen	183
1.2.1	Wartung	183
1.2.1.1	Vorbereitende Maßnahmen	183
1.2.1.2	Beschreibung exemplarischer Wartungstätigkeiten	184
1.2.1.3	Sammlung und Entsorgung	192
1.2.1.4	Wartungspläne	194
1.2.1.5	Schmierpläne	196
1.2.1.6	Schmierstoffarten	200
1.2.2	Inspektion, Instandsetzung, Verbesserung	201
1.2.2.1	Inspektion	201
1.2.2.2	Instandsetzung	203
1.2.2.3	Verbesserungen	204
1.3	Verschleiß und Reibung	204
1.3.1	Verschleiß	204
1.3.2	Reibung	204
1.4	Korrosion	207
1.4.1	Elektrochemische Korrosion bei Vorliegen eines galvanischen Elements	208
1.4.2	Korrosionsschutz	208
1.4.3	Korrosionsschutzmittel	210
1.5	Maintenance	216
1.6	Work With Words	218



2	Elektrotechnik	219
2.1	Grundzusammenhänge des elektrischen Stromkreises	219
2.1.1	Elektrische Spannung	220
2.1.2	Elektrischer Strom	222
2.1.3	Elektrischer Widerstand	223
2.2	Fehler in elektrischen Anlagen	224
2.2.1	Überlast	224
2.2.2	Kurzschluss	224
2.2.3	Maßnahmen	225
2.3	Anschluss von elektrischen Anlagen	226
2.3.1	Parallelschaltung	226
2.3.2	Reihenschaltung	227
2.4	Betrieb elektrischer Anlagen	228
2.4.1	Leistung	228
2.4.2	Arbeit	228
2.4.3	Wirkungsgrad	228
2.5	Unfallgefahren durch elektrischen Strom	229
2.5.1	Gefahren des elektrischen Stroms	229
2.5.2	Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel	229
2.5.3	Kennzeichnung elektrischer Gefahrenbereiche	231
2.6	Electrical Engineering	232
2.6.1	Some International Graphic Symbols	232
2.6.2	The Electric Circuit	232
2.6.3	Questions On Unit 2 Elektrotechnik (Electrical Engineering)	232
2.7	Work With Words	233



III

Lernfeldübergreifende Inhalte 234

1	Arbeitsmethoden und Präsentationstechniken	235
1.1	Arbeitsmethoden	235
1.1.1	Selbstorganisation der Arbeit	235
1.1.2	Teamarbeit	236
1.2	Kreativitätstechniken	237
1.2.1	Brainstorming	237
1.2.2	Metaplan	238
1.2.3	Mind-Mapping	239
1.3	Präsentationsformen	240
1.3.1	Grafische Darstellungen	240
1.3.2	Projektberichte und Dokumentationen	242
1.3.3	Lehrgänge und Schulungen	243
1.3.4	Präsentationen	243
1.4	Medieneinsatz	243

1.4.1	Printmedien	244
1.4.2	Tafeln	244
1.4.3	Multimediaeinrichtungen	244
1.4.4	Flipchart	244
1.4.5	Smartboard	244
1.4.6	Virtual Reality-/Augmented Reality-Medien	245
1.5	Internet	245
1.5.1	World Wide Web	245
1.5.2	Suchmaschinen	246
1.5.3	Recherche im WWW	247
1.5.4	Videokonferenz	248
2	Technische Kommunikation	249
2.1	Technische Unterlagen	249
2.1.1	Fotografische Darstellung	249
2.1.2	Produktbeschreibung	249
2.1.3	Explosionsdarstellung – Montage und Demontage	250
2.1.4	Perspektive – Räumliche Darstellung	251
2.1.5	Gesamtzeichnung – Funktion, Montage und Demontage	251
2.1.6	Stückliste – Teileübersicht	253
2.1.7	Funktionsbeschreibung	254
2.1.8	Bilder ohne Text – international verständlich	255
2.1.9	Normenübersicht – Kennzeichnung	256
2.1.10	Teilzeichnung – Grundlage für die Fertigung	260
2.2	Grundlagen der Maßeintragung	261
2.2.1	Anordnung der Maße	261
2.2.2	Maßbezugsebenen und Maßbezugslinien	262
2.2.3	Die Bedeutung der Mittellinie in technischen Zeichnungen	263
2.2.4	Systeme der Maßeintragung – Hilfsmaße	265
2.2.5	Koordinatenbemaßung	266
2.2.6	Kennzeichnung von Werkstückformen	267
2.2.7	Linienarten und Linienbreiten	268
2.2.8	Normschrift	268
2.2.9	Maßstäbe	268
2.3	Zeichnen in Ansichten	269
2.3.1	Geometrische Grundlagen – Projektionsmethoden	269
2.3.2	Verdeckte Kanten und Flächen	272
2.3.3	Übungen zur Raumvorstellung	273
2.3.4	Geometrische Grundkörper und Profile	275
2.3.5	Ausnehmungen an prismatischen Körpern	276
2.3.6	Werkstücke mit zylindrischen Formen	278

2.4	Zusätzliche Angaben in Teilzeichnungen	280	3.4	Lieferformen von Werkstoffen: Werkstoff- und Halbzeugnormung	324
2.4.1	Werkstücke mit schiefen Flächen und Rundungen	280	3.4.1	Halbzeuge	324
2.4.2	Toleranzangaben	282	3.4.2	Normung von Eisenwerkstoffen	327
2.4.3	Teilungen	283	3.4.3	Normung von Nichteisenmetallen	333
2.4.4	Bemaßungen von Fasen und Senkungen	283	3.5	Work With Words	336
2.4.5	Oberflächenbeschaffenheiten	284		4	Mathematische Grundlagen und Anwendungen
2.4.6	Schweißsymbole	285		4.1	Grundlagen
2.5	Darstellungen im Schnitt, Halbschnitt und Teilschnitt	286		4.1.1	Umformen von Gleichungen
2.5.1	Darstellungsregeln	287		4.1.2	Physikalische Größen
2.5.2	Besondere Schnittverläufe	288		4.2	Berechnungen von Mengen, Zeiten und Kosten
2.5.3	Lochkreise und in die geeignete Ansicht gedrehte Schnitte	293		4.2.1	Dreisatz, Verhältnis
2.6	Gewinde	295		4.2.2	Prozentrechnung
2.6.1	Darstellung von Gewinden	295		4.2.3	Kosten im Betrieb
2.6.2	Bemaßung von Gewinden	296		4.3	Längenberechnungen
2.6.3	Schraubenverbindungen	297		4.3.1	Der Satz des Pythagoras
2.7	Zeichnungslesen	300		4.3.2	Winkelfunktionen
2.8	Skizzen	304		4.3.3	Gestreckte Längen
2.8.1	Unterschiedliche Perspektiven – Axonometrische Darstellungen	305		4.3.4	Höchstmaß, Mindestmaß, Toleranz
2.8.2	Anfertigen perspektivischer Skizzen und Zeichnungen	306		4.4	Flächenberechnungen
 2.9	Sheet Metal Cutter	309		4.5	Schmiederohlängen- und Volumenberechnungen
2.10	Work With Words	310		4.6	Massenberechnungen
3	Werkstofftechnik	311		4.7	Bewegungen und Geschwindigkeiten
3.1	Werkstoffe und Umwelt	311		4.7.1	Geradlinige Bewegungen
3.2	Eigenschaften und Einteilung der Werkstoffe	311		4.7.2	Bewegungen an Werkzeugmaschinen
3.2.1	Anforderungen an Werkstoffe bei der Fertigung	311		4.8	Kräfte
3.2.2	Werkstoffverhalten bei Belastung durch äußere Kräfte	312		4.8.1	Beschleunigungs- und Gewichtskräfte
3.2.3	Einteilung von Werkstoffeigenschaften	314		4.8.2	Kräfte sind gerichtete Größen
3.2.4	Einteilung der Stoffe	314		4.8.3	Zusammensetzung von Kräften
3.3	Gewinnung der Werkstoffe und ihre Verwendung	316		4.8.4	Zerlegung von Kräften
3.3.1	Metallische Werkstoffe	316		4.9	Drehmoment, Hebelgesetz, Hebelarten
3.3.1.1	Kristallbildung bei Metallen	316		4.10	Reibung und Reibkraft
3.3.1.2	Eisenmetalle	317		4.11	Druck
3.3.1.3	Nichteisenmetalle	319		4.11.1	Flächenpressung
3.3.2	Nichtmetalle und Verbundstoffe	322		4.11.2	Druck in Gasen und Flüssigkeiten
3.3.2.1	Kunststoffe	322		4.11.2.1	Luftdruck
3.3.2.2	Verbundwerkstoffe	323		4.11.2.2	Druck und Kolbenkraft
3.3.2.3	Keramische Werkstoffe	323		4.11.2.3	Hydraulik
3.3.3	Fertigungshilfsstoffe	323		4.12	Elektrotechnik
				Englisch-deutsche Vokabelliste	373
				Sachwortverzeichnis	384
				Abkürzungen	392

Einführung in den Beruf

1 Auszubildende in ihrem neuen Umfeld



1 Bronzezeit: Dolch aus Kosel

Die Berufe in der Metallverarbeitung (*metal working*) können auf eine jahrtausendealte Tradition zurückblicken. Zeitalter wurden nach der Metallart benannt, die in ihnen hauptsächlich verarbeitet wurde. Die **Bronzezeit** (Bild 1) begann in Mitteleuropa im zweiten Jahrtausend vor Christi. Waffen, Werkzeuge und Gegenstände für den täglichen Gebrauch wurden aus Kupfer-Zinn-Legierungen hergestellt. Im achten Jahrhundert vor Christi begann in unserem Raum die Verarbeitung von Eisen: die **Eisenzeit** (Bild 2). In ihrer langen Entwicklungsgeschichte mussten sich die Tätigkeiten und Berufe in der Metallherstellung (*manufacture of metals*) und -verarbeitung an den Anforderungen ausrichten, die das jeweilige Umfeld an sie stellte (Bild 3).

Mit dem Start der Berufsausbildung (*industrial training*) in einem Metall verarbeitenden Beruf beginnt für Sie ein neuer Lebensabschnitt. Zwangsläufig ergeben sich daraus neue Fragestellungen (Bild 4), auf die dieses Kapitel eingeht. Daher ist das erste Kapitel

keinem Lernfeld zugeordnet, sondern hier erhalten Sie einen Überblick über

- Metallberufe, an die sich dieses Buch wendet
- Betriebsstrukturen
- Duales System und Prüfungen
- Gefahren im Betrieb und Unfallverhütung
- Kundenorientierung und Geschäftsprozesse
- Ihre Position im Qualitätsmanagement des Betriebes
- Konflikte und Konfliktlösungsmöglichkeiten



2 Eisenzeit: Grabbeigaben, Bordesholm



3 Heute: Industrieroboter in der Metallverarbeitung

Wie sehen die Betriebsstrukturen aus, in denen ich arbeite?

Welche Bedeutung haben Betrieb und Berufsschule im Dualen System?

Wie und wann erfolgen die Prüfungen und wer nimmt sie ab?

Wo ist mein Beruf innerhalb der Metallberufe einzuordnen?

Welche Gefahren können vom Arbeitsplatz ausgehen und wie schütze ich mich?

Wie können Konflikte entstehen und welche Lösungsmöglichkeiten habe ich?

Was heißt „Kundenorientierung“ und wer ist mein Kunde?

Welchen Einfluss habe ich auf die Qualität der Produkte im Betrieb?

Wie bin ich in die Geschäftsprozesse des Betriebes eingebunden?

4 Fragen zur Ausbildung im Metallberuf

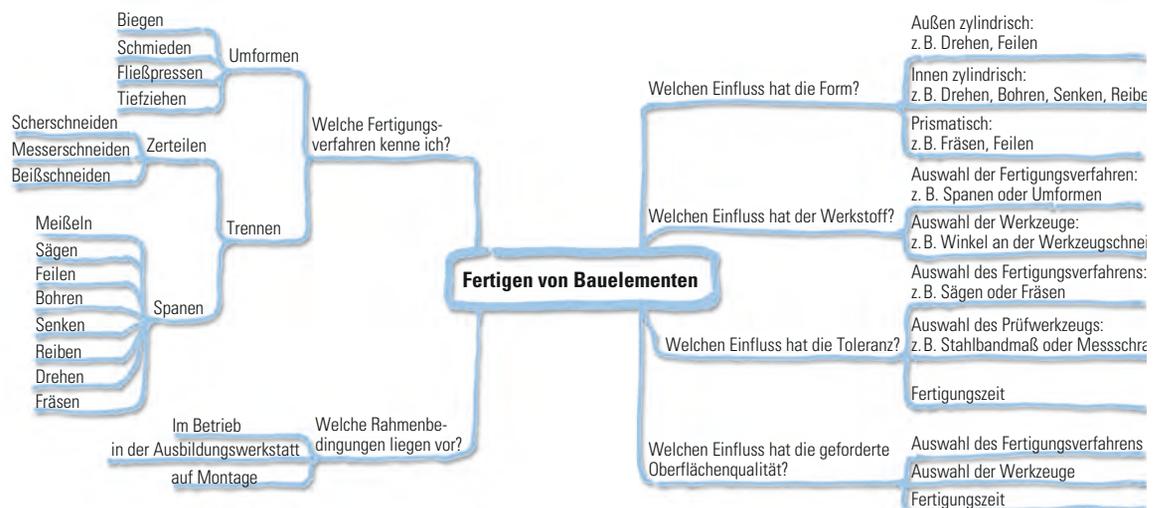
Lernfelder I und 2: Fertigen von Bauelementen



In den Lernfeldern 1 und 2 befassen Sie sich mit der Fertigung von Bauelementen (*manufacturing of components*), d. h., Sie lernen, einfache Werkstücke herzustellen. Sie werden dabei verschiedene Fertigungsverfahren kennenlernen, z. B. **spanabhebende Verfahren** (*chip removing operations*) wie Sägen, Feilen, Bohren, Drehen, Fräsen oder **zerteilende Verfahren** (*cutting operations*) wie Scherschneiden. In vielen Fällen werden Sie aber auch **umformende Verfahren** (*forming operations*) wie z. B. Biegen oder Schmieden einsetzen. Für all diese Fertigungsverfahren benötigen Sie entsprechende Werkzeuge. Diese können entweder von Hand geführt werden oder Sie verwenden Maschinen. Beim Einsatz **handgeführter Werkzeuge** (*hand tools*) hängt das Ergebnis Ihrer Arbeit sehr stark von Ihrem Geschick ab und einen großen Teil der erforderlichen Kräfte müssen Sie selbst durch Ihre Muskelkraft aufbringen. Die

Genauigkeit, die Sie mit diesen Werkzeugen erreichen können, ist begrenzt. Eine große Erleichterung bieten hier bereits z. B. **handgeführte Elektrowerkzeuge**, die eine deutliche Zeitersparnis bewirken und einen erheblichen Anteil der Muskelkraft durch Motorkraft ersetzen. Die Fertigung mit diesen Werkzeugen lernen Sie im Lernfeld 1 kennen. Im Lernfeld 2 verwenden Sie für Ihre Fertigungsaufgaben stationäre **Maschinen** (*engines*), mit denen Sie wesentlich höhere Genauigkeiten und wesentlich geringere Fertigungszeiten erreichen. Hier besteht Ihre Aufgabe in entscheidendem Maße darin, z. B. an einer Drehmaschine die entsprechenden Schnittdaten auszuwählen und einzustellen. Am Ende jeder Fertigung steht die **Kontrolle** (*inspection*). Sie müssen sich deshalb mit den erforderlichen Prüfverfahren und Prüfgeräten vertraut machen. Ihr „Kunde“, d. h. derjenige, der Ihnen den Auftrag zur Fertigung eines Werkstücks

erteilt hat, hat einen Anspruch darauf, dass Sie Ihre Arbeit sorgfältig verrichten und ein brauchbares Produkt abliefern. Kurz gesagt: Sie sind für die **Qualität** (*quality*) Ihrer Arbeit verantwortlich. Grundlage Ihres Arbeitsauftrages ist in vielen Fällen eine Fertigungszeichnung, der Sie z. B. das Aussehen, die Abmessungen, Oberflächengüten usw. des fertigen Werkstücks entnehmen können. Die Technische Zeichnung ist ein wichtiges Verständigungsmittel in Ihrem Beruf. Die hierfür erforderlichen Kenntnisse finden Sie in diesem Buch im Teil **„Lernfeldübergreifende Inhalte“** im Kapitel **„Technische Kommunikation“**. In diesem Teil des Buches finden Sie an zentraler Stelle weitere Informationen zu Themen wie z. B. **„Werkstofftechnik“** oder **„Mathematische Grundlagen und Anwendungen“**. Die folgende Mind-Map stellt die Entscheidungen dar, die beim Fertigen von Bauteilen zu treffen sind.



1 Trennen

1.1 Keilförmige Werkzeugschneide

Für die verschiedenen Fertigungsverfahren stehen eine Vielzahl von Werkzeugen zur Verfügung (Meißel, Sägeblatt, Spiralbohrer, Fräser, Handschere usw.). Alle besitzen eine keilförmige Werkzeugschneide (*wedge-shaped cutting edge*) (Bild 1).

Merke

Die **Grundform** (*basic shape*) der Schneide bei trennenden Werkzeugen ist ein **Keil** (*wedge*).

Keilförmige Werkzeugschneiden müssen nach längerem Gebrauch nachgeschliffen werden. Der Schneidkeil wird durch die aufgebrachtene Kräfte stumpf. Er kann bei großen Kräften beschädigt oder zerstört werden.

Am Beispiel des **Zerteilens mit einem Meißel** (*cutting with a chisel*) werden im Folgenden die Kräfteverhältnisse erläutert. Mit einem Hammer wird im Werkzeug eine senkrecht nach unten wirkende Kraft erzeugt. Das Werkstück wird jedoch durch Kräfte zerteilt (vgl. Teil III, Kap. 4.8.4), die senkrecht zu den Flächen des Schneidkeils wirken. Mithilfe eines Parallelogramms lässt sich die Zerlegung in die einzelnen Kräfte darstellen (Bild 2). Die im Werkzeug wirkenden Kräfte erzeugen entsprechende Gegenkräfte im Werkstück. Dadurch wird Werkstoff verdrängt. Durch diese Beanspruchung wird der Schneidkeil stumpf. Die Erfahrung zeigt, dass Schneiden mit großem Keilwinkel β Beanspruchungen besser aufnehmen. Damit ist für die Stabilität der Schneide ein großer Keilwinkel hier vorteilhaft.

Die Kräftezerlegung mithilfe eines Parallelogramms bei unterschiedlichen Keilwinkeln zeigt, dass bei kleinerem Keilwinkel günstigere Bedingungen entstehen. Die senkrecht zu den Flächen des Schneidkeils wirkenden Kräfte sind größer. Da diese das Werkstück zerteilen, ist ein kleiner Keilwinkel hier vorteilhaft (Bild 3).

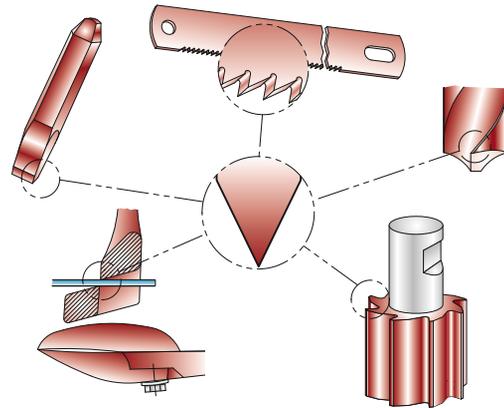
Merke

Schneiden mit **großem Keilwinkel** β (*large wedge angle*) besitzen eine hohe Stabilität.

Schneiden mit **kleinem Keilwinkel** β (*small wedge angle*) erleichtern das Trennen.

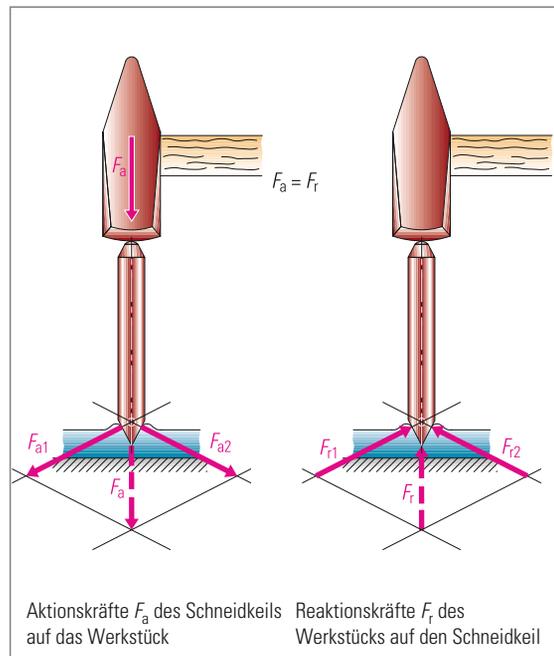
Überlegen Sie

1. Skizzieren Sie einen Meißel mit einem Keilwinkel von 20° und einen mit 60° . Zerlegen Sie eine frei gewählte, aber gleich große Hammerkraft jeweils mithilfe eines Parallelogramms.
2. Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Keilwinkel und den am Schneidkeil wirkenden Kräften (Je... desto...).

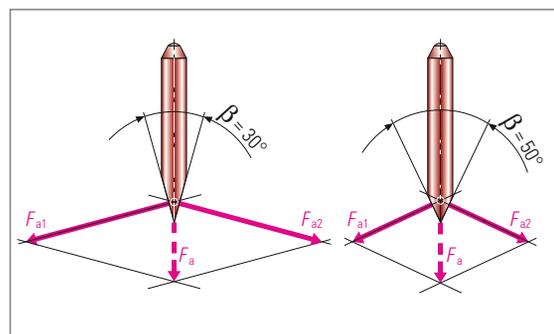


AH GK S. 5

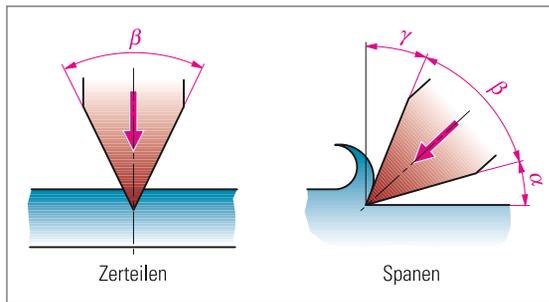
1 Keilförmige Werkzeugschneiden



2 Kräftezerlegung an keilförmiger Werkzeugschneide



3 Kräftezerlegung bei unterschiedlichen Keilwinkeln



1 Keilförmige Werkzeugschneide zum Zerteilen und Spanen

Bei der Auswahl eines bestimmten Keilwinkels ist es nicht möglich, sowohl hohe Stabilität der Schneide als auch günstige Bedingungen zum Trennen **gleichzeitig** zu erzielen. Da weder auf eine angemessene Stabilität der Schneide noch auf möglichst günstige Bedingungen zum Trennen verzichtet werden kann, ist stets der geeignete **Kompromiss** zu finden.

- Ein Werkstoff mit vergleichsweise geringerer Härte und Festigkeit (z. B. Kupfer im Vergleich zu Stahl) setzt dem Trennen und der Spanabnahme einen geringeren Widerstand entgegen. Da hier die erforderliche Kraft zum Trennen klein ist, wird die Schneide weniger beansprucht. Der **Keilwinkel** kann **klein** gewählt werden. Es ergeben sich günstige Bedingungen zum Trennen.
- Bei härteren Werkstoffen ist für eine angemessene Stabilität der Schneide ein entsprechend **großer Keilwinkel erforderlich**. Die ungünstigeren Bedingungen zum Trennen müssen hingenommen werden.

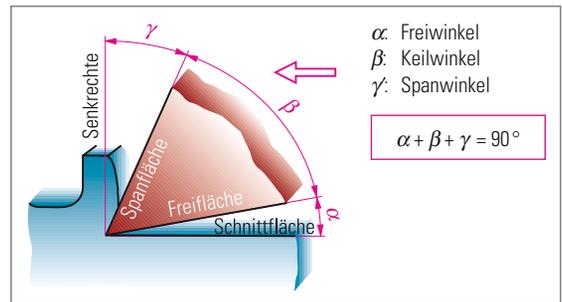
Merke

Bei **weichen** Werkstoffen kann ein **kleiner Keilwinkel** β genutzt werden.

Bei **harten** Werkstoffen ist ein **großer Keilwinkel** β erforderlich.

Um die Zusammenhänge am Keilwinkel zu erklären, wurde eine Kraft senkrecht nach unten aufgebracht. Bei diesen Bedingungen wird der Werkstoff zerteilt (siehe Kap. 1.4 Zerteilen). Wird der Meißel jedoch schräg gestellt, kann ein Span abgetrennt werden (Bild 1). Um die keilförmige Werkzeugschneide beim Spanen eindeutig zu beschreiben, wird ein rechtwinkliges Koordinatensystem genutzt (Bild 2). Die Spitze des Schneidkeils bestimmt den Ursprung des Koordinatensystems. Die Werkstückoberfläche (Schnittfläche) legt eine Achse des Koordinatensystems fest. Die zweite steht senkrecht auf dieser. Form und Lage der keilförmigen Werkzeugschneide ist nun durch folgende Werkzeugwinkel definiert:

- **Freiwinkel** (*clearance angle*)
 α (alpha), begrenzt durch Schnitt- und Freifläche.
- **Keilwinkel** (*wedge angle*)
 β (beta), begrenzt durch Frei- und Spanfläche.



2 Werkzeugwinkel an keilförmiger Werkzeugschneide

■ Spanwinkel (*rake angle*)

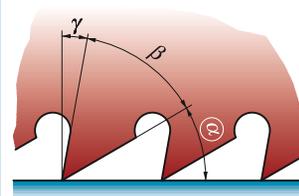
γ (gamma), begrenzt durch Spanfläche und Senkrechte auf die Schnittfläche.

Merke

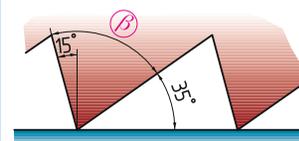
Die Winkelsumme am Schneidkeil beträgt stets 90° .
Es gilt: $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$.

Überlegen Sie

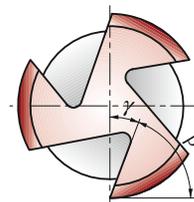
Benennen und berechnen Sie die markierten Winkel.



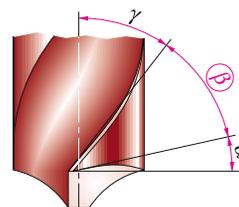
Maschinensägeblatt
 $\beta = 50^\circ$
 $\gamma = 10^\circ$
 $\alpha = ?$



Gehauene Feile
 $\beta = ?$



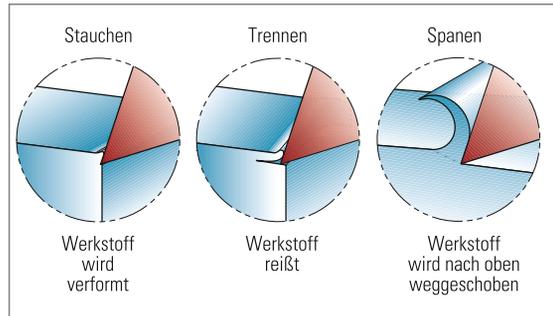
Gewindebohrer
für Aluminium
 $\alpha = ?$



Spiralbohrer
für Stahl
 $\alpha = 7^\circ$
 $\gamma = 23^\circ$
 $\beta = ?$

Form und Lage der keilförmigen Werkzeugschneide beeinflussen die **Spanabnahme** (Bild 1):

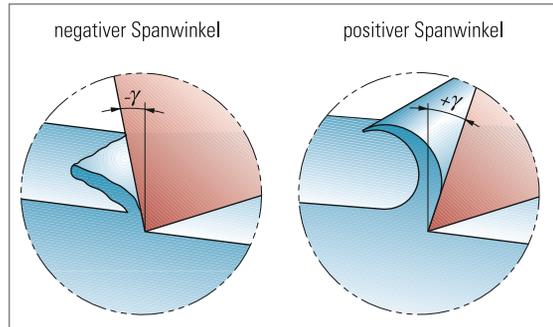
- **Stauhen** (*compressing*): Der Schneidkeil dringt in den Werkstoff ein. Dieser wird zuerst zusammengedrängt und dabei elastisch und plastisch verformt.
- **Trennen** (*cutting*): Mit zunehmender Belastung bildet sich ein Riss und Werkstoff wird abgetrennt.
- **Spanen** (*chipping*): Der abgetrennte Werkstoff wird an der Spanfläche nach oben weggeschoben. Es bildet sich ein Span. Je stärker ein Werkstoff umgelenkt wird, desto mehr Kraft ist zur Spanabnahme erforderlich.



1 Spanabnahme an keilförmiger Werkzeugschneide

Die Größe des Spanwinkels beeinflusst die Spanabnahme (Bild 2):

- Große, **positive Spanwinkel** (*positive rake angle*) γ erleichtern die Spanbildung. Es liegen dann günstige Bedingungen zum Trennen vor. Schneidkeile mit einem positiven Spanwinkel wirken **schneidend** (*cutting*).
- Größere Keilwinkel erhöhen die Stabilität der Schneide. Wenn die Summe von Freiwinkel α und Keilwinkel β größer als 90° ist, ergibt sich aus der Winkelsumme am Schneidkeil ($\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$) ein **negativer Spanwinkel** (*negative rake angle*) γ . Es lassen sich nur kleine Späne abtrennen. Schneidkeile mit einem negativen Spanwinkel wirken **schabend** (*scraping*).



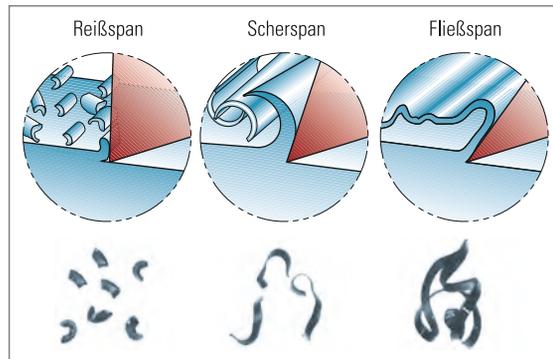
2 Spanabnahme bei unterschiedlichen Spanwinkeln

Merke

Ein großer Spanwinkel γ erleichtert die Spanabnahme.

Bei der Spanbildung entstehen bei der Bearbeitung von Stahl unterschiedliche Spanarten (Bild 3):

- Bei einem kleinen Spanwinkel wird der Werkstoff stärker umgeformt, sodass der Spanwerkstoff reißt. Es bildet sich ein **Reißspan** (*tearing chip*).
- Bei größeren Spanwinkeln kann der Spanwerkstoff so fließen, dass sich ein zusammenhängender Span ergibt. Es bildet sich ein **Fließspan** (*flowing chip*).
- In den Zwischenstufen sind einzelne Spanteile mehr oder weniger stark miteinander verschweißt. Es bildet sich ein **Scherspan** (*continuous chip*).



3 Spanarten

Nach der Spanabnahme federt der Werkstoff an der Werkstückoberfläche (Schnittfläche) aufgrund seines elastischen Verhaltens etwas zurück (siehe Teil „Lernfeldübergreifende Inhalte“ Kap. 3.2.2 Werkstoffverhalten bei Belastung durch äußere Kräfte). Es besteht die Gefahr, dass die Freifläche des Schneidkeils auf der Schnittfläche reibt. Der **Freiwinkel** α ist so groß zu wählen, dass die Reibung zwischen Frei- und Schnittfläche möglichst gering wird. Er liegt meistens zwischen 6° und 12° .

Merke

Der Freiwinkel α vermindert Reibung und damit eine Beschädigung von Frei- oder Schnittfläche.

Freiwinkel α	Keilwinkel β	Spanwinkel γ	für
12°	53°	25°	weiche Werkstoffe wie z. B. Al-Legierungen
10°	70°	10°	feste Werkstoffe wie z. B. Stahl
8°	97°	-15°	harte und spröde Werkstoffe wie z. B. Hartguss

4 Werkzeugwinkel bei unterschiedlichen Werkstoffen

ÜBUNGEN

- Erläutern Sie die Wahl des Keilwinkels in Abhängigkeit von Standzeit und Werkstofffestigkeit.
- Mit der Gestaltung der Schneidkeile werden höchste Standzeit und optimale Zerspanung angestrebt. Erklären Sie anhand der Werkzeugwinkel, dass diese Ziele nicht gemeinsam erreicht werden können.
- Warum vermindert ein Freiwinkel ein zu schnelles Abstumpfen der Schneide?
- Erklären Sie den Einfluss des Spanwinkels auf die Spanabnahme.
- Beschreiben Sie anhand der Spanabnahme die schabende Wirkung durch einen negativen Spanwinkel.
- Welchen Einfluss haben die Winkel an der Werkzeugschneide auf die Spanbildung?
- Erweitern und vervollständigen Sie die Mind-Map.

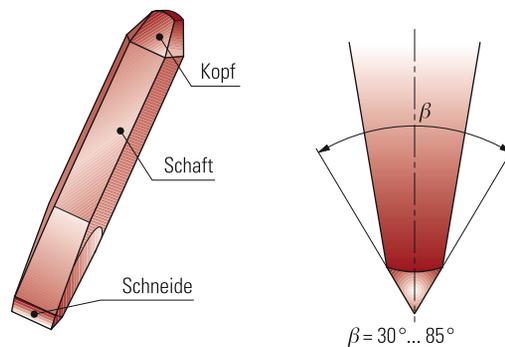


1.2 Spanende Fertigung von Bauteilen mit handgeführten Werkzeugen

1.2.1 Meißeln

AH GK S. 7

Beim Flachmeißel ist der Keil als Grundform der Schneide deutlich zu erkennen (Bild 1). Damit der Schneidkeil nicht zu schnell abstumpft, muss der Werkstoff des Meißels härter sein als der Werkstoff des zu bearbeitenden Werkstücks. Meißel (*chisel*) werden deshalb meist aus legierten Werkzeugstählen gefertigt. Der **Keilwinkel** β liegt zwischen 30° und 85° und ist dem zu bearbeitenden Werkstoff anzupassen.



1 Keilförmige Werkzeugschneide am Meißel

Meißelart	Beschreibung	Meißelarbeit
Flachmeißel 	Der Flachmeißel hat eine gerade und breite Schneide. Er eignet sich zum Abscheren und zur Flächenbearbeitung und wird deshalb auch zum Entgraten und Verputzen von Gussstücken und Schweißnähten verwendet.	 Abscheren am Schraubstock Flächenbearbeitung
Kreuzmeißel 	Beim Kreuzmeißel bilden Schneide und Schaft ein Kreuz. Diese Anordnung eignet sich zum Aushauen von Nuten.	 Aushauen von Nuten
Nutenmeißel 	Der Nutenmeißel hat eine gebogene Schneide. Hiermit können Schmiernuten in Lagerschalen gefertigt werden.	 Aushauen von Nuten
Trennstemmer 	Der Trennstemmer hat keine keilförmige Werkzeugschneide. Er dient zum Durchtrennen der Stege zwischen Bohrlöchern.	 Bohrungen Risslinie Durchbrechen der Stege

- Für weiche Aluminium-Legierungen liegt β zwischen 30° und 40° .
- Für Kupfer und seine Legierungen liegt β zwischen 50° und 60° .
- Für unlegierten Stahl liegt β zwischen 65° und 70° .
- Für legierten Stahl liegt β zwischen 75° und 85° .

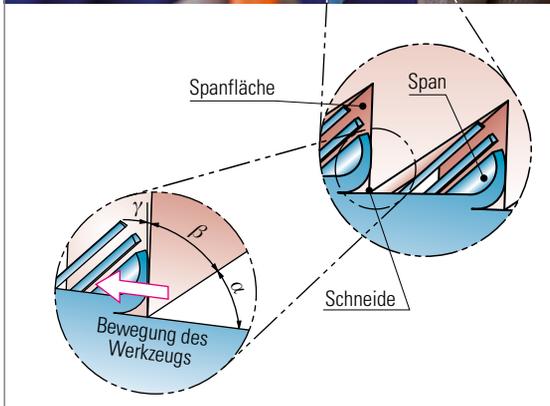
Maßnahmen zur Unfallverhütung (prevention of accidents):

- Abgetrennte Späne gefährden Sie und ihre Umgebung. Deshalb sind Schutzbrille (protective goggles) und Schutzschirme zu verwenden.
- Am Meißelkopf bildet sich ein Grat (burr). Er ist rechtzeitig abzuschleifen.
- Schadhafte Hammerstiele (hammer shafts) sind zu erneuern.

1.2.2 Sägen

Das Sägeblatt (saw blade) (Bild 1) besteht aus vielen Schneidkeilen. Form und Lage der keilförmigen Werkzeugschneiden werden durch die **Werkzeugwinkel** bestimmt:

Der **Keilwinkel** bei Sägeblättern (Bilder 2 und 3) beträgt meistens 50° . Er gibt dem Schneidkeil ausreichende Stabilität. Der **Spanwinkel** beim Maschinensägeblatt ist mit 10° deutlich größer als beim Handsägeblatt mit 2° . Ein großer Spanwinkel erleichtert die Spanabnahme. Der Schneidkeil dringt deshalb tief in den Werkstoff ein. Es entsteht ein dicker Span. Um diesen abzutrennen, ist eine große Kraft erforderlich. Von Hand kann jedoch nur eine begrenzte Kraft aufgebracht werden. Somit ist bei Handsägeblättern ein kleiner Spanwinkel zu wählen (Bild 3).

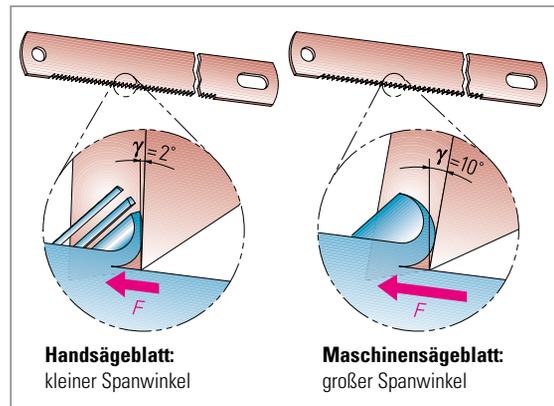


1 Spanabnahme beim Sägen

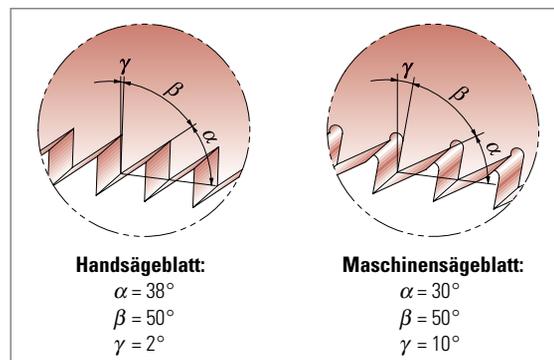
ÜBUNGEN

1. Welche Meißelarbeiten können mit dem Flachmeißel durchgeführt werden?
2. Mit welchen Meißelarten können Nuten gefertigt werden?
3. Skizzieren Sie einen Meißel mit einem Keilwinkel von 60° in zwei unterschiedlichen Schrägstellungen. Bestimmen Sie jeweils Frei- und Spanwinkel. Welche Wirkung ergibt sich für die Spanbildung?
4. Skizzieren Sie einen Flachmeißel beim Trennen.
 - a) Bestimmen Sie mithilfe eines Parallelogramms die Trennkräfte senkrecht zu den Schneidflächen. Die Hammerkraft ist selbst zu wählen und dann ein Kräftemaßstab zu bestimmen (siehe „Lernfeldübergreifende Inhalte“ Kap. 4.8.4 Kräftezerlegung).
 - b) In welchem Zusammenhang steht die Hammerkraft zu den zeichnerisch ermittelten Trennkräften?
 - c) Wie lässt sich dieses Verhältnis zugunsten der Trennkräfte verändern?
5. Erstellen Sie eine Mind-Map, die die Unfallgefahren darstellt, die beim Meißeln von Werkzeug, Werkstück, Hammer und Mensch ausgehen.

AH GK S. 8



2 Spanabnahme bei unterschiedlichen Spanwinkeln



3 Werkzeugwinkel bei unterschiedlichen Sägeblättern



Sägen

1.3.3 Bohren, Senken, Reiben und Gewindeschneiden

Bei der Gelenklasche (Bild 1) müssen noch die Bohrungen und Gewinde angebracht werden.

Bohren (*drilling*)

Der Bohrungsmittelpunkt wird **angerissen** (*marked out*) und **gekörnt** (*punched*) (Bild 2), damit die Bohrposition bestimmt ist und der **Bohrer** (*drill*) sich zentrieren kann. Um Unfälle zu vermeiden, ist das Werkstück sicher zu spannen. Meist erfolgt dies im Maschinenschraubstock. Wenn hohe Kräfte auftreten, wird dieser auf dem Bohrmaschinentisch befestigt. Die Bohrer sind auszuwählen.

Es werden meist Spiralbohrer (Bild 3) verwendet. Sie haben zwei Werkzeugschneiden, an denen die Spanabnahme erfolgt. Die erforderlichen Bewegungen werden vom Werkzeug ausgeführt. Durch die kreisförmige Schnittbewegung und eine geradlinige Vorschubbewegung dringen die Hauptschneiden stetig in den Werkstoff ein und trennen Späne ab. Diese werden über die wendelförmige Nut abgeführt. Der Bohrer wird an den Fasen im Bohrloch geführt. Diese sind schmal, um die Reibung an der Bohrlochwandung gering zu halten.

Der **Spanwinkel** γ ist durch die Steigung der Wendelnut im Spiralbohrer (Drallwinkel) vorgegeben (Seite 34 Bild 1).

Der **Freiwinkel** α von ca. 7° entsteht durch Anschleifen der Freifläche. Über die Winkelsumme kann der **Keilwinkel** $\beta = 90^\circ - \gamma - \alpha$ berechnet werden.

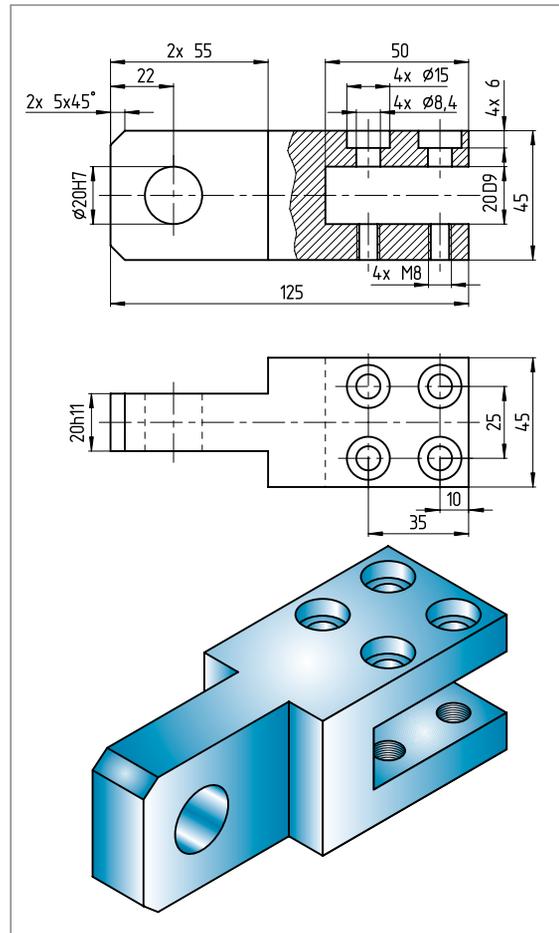
Für verschiedene Werkstoffe stehen unterschiedliche **Bohrertypen** (Seite 34 Bild 1) zur Verfügung:

- z. B. $\beta = 90^\circ - 7^\circ - 10^\circ = 73^\circ$ bei **Bohrertyp H** für harte Werkstoffe wie z. B. Schichtpressstoffe, Hartgummi, Marmor
- z. B. $\beta = 90^\circ - 7^\circ - 19^\circ = 64^\circ$ bei **Bohrertyp N** für normale Werkstoffe wie z. B. Stahl, harte Aluminiumlegierungen
- z. B. $\beta = 90^\circ - 7^\circ - 37^\circ = 46^\circ$ bei **Bohrertyp W** für weiche Stoffe wie z. B. Kupfer, weiche Aluminiumlegierungen

Bei Bohrern mit gleichen Durchmessern legt der **Spitzenwinkel** (*point angle*) σ die Länge der Hauptschneide fest. Er beeinflusst z. B. die Stabilität des Bohrers und die Wärmeabfuhr.



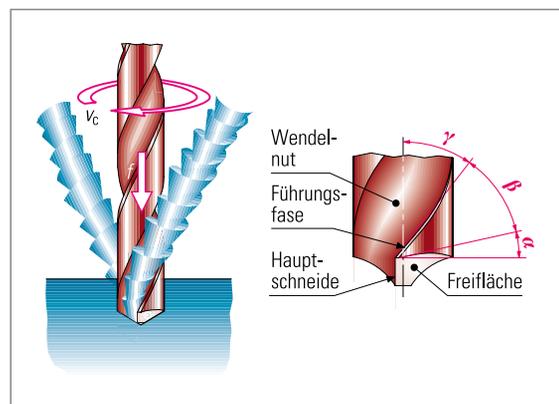
2 Bohrungsmittelpunkt ankörnen



1 Gelenklasche

Merke

Aufgrund von Versuchen hat sich für Stahl ein Spitzenwinkel σ von 118° als günstig erwiesen.



3 Bewegungen und keilförmige Schneide des Spiralbohrers

AH GK S. 41



Zeichnung
Gelenk-
lasche

Neue Istanzeige: 220,105 mm

Berichtigter Messwert = Istanzeige – Abweichung

Berichtigter Messwert = 220,105 mm – 0,198 mm

Berichtigter Messwert = 219,907 mm

Diese Art der Messwertberichtigung kann bei systematischen Messfehlern auf andere Messgeräte übertragen werden.

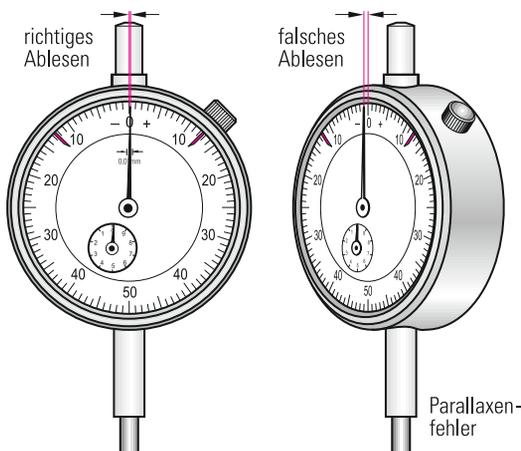
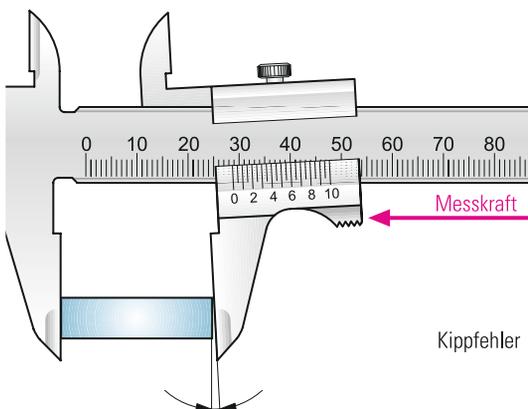
Im Gegensatz zur konstanten hohen Temperatur tritt z. B. eine zu kleine Messkraft nicht bei jeder Messung auf.

Merke

Abweichungen, die nicht bei jeder Messung auftreten, werden als zufällige **Messabweichungen** (*accidental drifts*) bezeichnet.

Ihre Ursachen sind meist unsachgemäße Handhabung des Messgerätes sowie falsches Schätzen oder Ablesen der Anzeige (Bild 1). Zufällige Messabweichungen können nicht eindeutig erfasst und bei nachfolgenden Messungen auch nicht berücksichtigt werden.

Zufällige Messabweichungen machen das Messergebnis unsicher. Die **Messunsicherheit** soll ein Bruchteil der Maßtoleranz betragen.



1 Zufällige Messabweichungen

4.5 Lehren

Beim Lehren wird nicht das Istmaß (Radius in Bild 2c) ermittelt, sondern es wird die Entscheidung getroffen, ob das Werkstück in die Bereiche „Gut“, „Nacharbeit“ oder „Ausschuss“ einzuordnen ist.

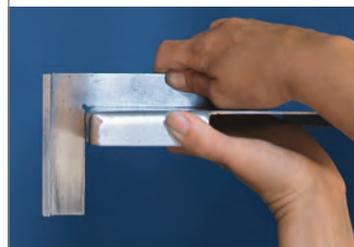
4.5.1 Formlehren

Formlehren (*profile gauges*) ermöglichen die Prüfung von Flächen, Winkeln, Radien und anderen Geometrien nach dem Lichtspaltverfahren (Bild 2).



a) Haarlinalen

Die Ebenheit einer Fläche wird mit dem schneidenförmig zulauenden Haarlinalen gelehrt. Bei einer ebenen Fläche ist kein Lichtspalt erkennbar.



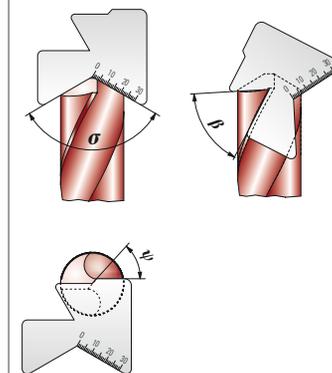
b) Winkel

Anschlag- und Flachwinkel werden sowohl zum Prüfen als auch zum Anreißen von 90°-Winkeln genutzt.



c) Rundungslehre

Innen und Außenradien können mit der Rundungs- bzw. Radiuslehre geprüft werden. Rundungslehren sind in verschiedenen Sätzen zusammengefasst wie z. B. 1 mm ... 7 mm oder 7,5 mm ... 15 mm usw.



d) Schleiflehre

Das Anschleifen von Spiralbohrern kann mit Schleiflehren kontrolliert werden. Die Schleiflehre ermöglicht die Prüfung der wichtigsten Winkel an der Werkzeugschneide.

2 Formlehren

Lernfeld 3: Herstellen von einfachen Baugruppen



Bei der Montage von einzelnen Bauelementen (*components*) zu einer Baugruppe (*subassembly*) besteht Ihre Aufgabe darin, die Montage (*assembly*) zunächst vorzubereiten und dann durchzuführen. Bei der Montagevorbereitung kontrollieren Sie die Vollständigkeit der einzelnen Bauelemente, stellen die benötigten Verbindungselemente, Zubehörteile und Werkzeuge bereit und ggf. säubern und entfetten Sie die Bauteile, z. B. für anstehende Löt- oder Klebeverbindungen, oder Sie bereiten die Schweißnähte entsprechend vor.

Es kann sein, dass die zu montierende Baugruppe bereits das Endprodukt darstellt. Sie kann aber auch Teil einer größeren Baugruppe und diese evtl. wiederum Teil einer noch größeren Einheit sein usw. Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass Sie sich die **Funktion (function)** der Baugruppe klar machen. Soll sie in erster Linie z. B. Kräfte übertragen und dient sie innerhalb eines Systems dem **Energiefluss (energy flow)**? Oder ist es ihre hauptsächliche Aufgabe, Materialien wie z. B. Späne, Stückgüter, Flüssigkeiten

oder Gase zu transportieren? Dient sie also dem **Stofffluss (stock flow)**? Oder besteht ihr wesentlicher Zweck darin, z. B. im Rahmen einer Steuerung Signale zu erfassen bzw. weiterzuleiten oder zu verarbeiten? Dient sie also hauptsächlich dem **Informationsfluss (flow of information)**?

Die Beantwortung dieser Fragen erleichtert es Ihnen, den konstruktiven Aufbau der Baugruppe, ihre **Struktur (structure)**, zu verstehen. Diese stellt sicher, dass die Baugruppe ihre Funktion erfüllen kann und von der Sorgfalt Ihrer Montage hängt es ab, dass diese Funktion auch wirklich gewährleistet ist. So müssen z. B. bestimmte Teile der Baugruppe vielleicht fest miteinander verbunden werden, bei anderen ist dagegen Beweglichkeit mit leichtgängigem Spiel gefordert. Sie müssen beachten, ob die Baugruppe später wieder zu demontieren sein muss und Sie deshalb die einzelnen Teile **lösbar (detachable)** oder **unlösbar (non-detachable)** verbinden usw. Wenn Ihre Baugruppe Teil einer übergeordneten Einrichtung ist, muss sichergestellt sein, dass sie spä-

ter problemlos dort eingebaut werden kann und deshalb z. B. wichtige Montage- oder Anschlussmaße eingehalten werden oder die Lage von Bohrungen für den späteren Einbau korrekt ist. Sie müssen sich also über die spätere **Umgebung (surrounding)** der Baugruppe informieren.

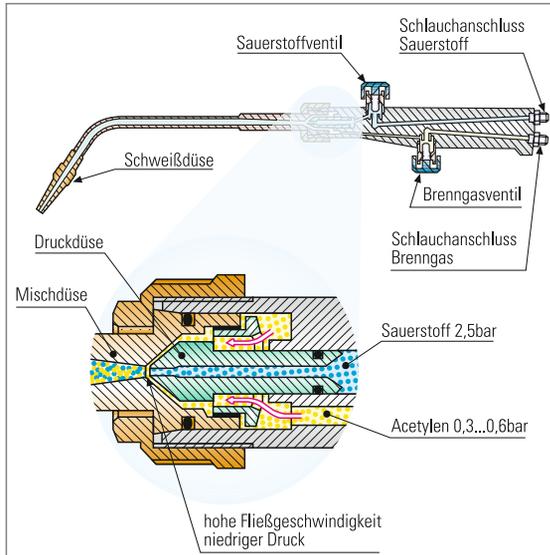
Zum Herstellen von Baugruppen wenden Sie verschiedene **Fügeverfahren (joining method)** an, bei denen Sie auf jeden Fall die entsprechenden **Unfallverhütungsvorschriften (accident prevention regulations)** einhalten müssen und die Montagekosten beachten. Grundlage Ihres Arbeitsauftrages ist in vielen Fällen eine Gesamtzeichnung mit Stückliste, eine Explosionsdarstellung, eine Montageanleitung usw. Grundlegende Informationen zum Umgang mit diesen Unterlagen finden Sie in diesem Buch im Teil „**Lernfeldübergreifende Inhalte**“ im Kapitel „**Technische Kommunikation**“.

Die folgende Mind-Map stellt die Entscheidungen dar, die beim Montieren von Baugruppen zu treffen sind.



Brenner

Im Brenner (*welding torch*) wird das Acetylen mit dem Sauerstoff vermischt. Dies geschieht mithilfe des Injektorprinzips (Bild 1). Der Sauerstoff mit der höheren Fließgeschwindigkeit nimmt das Acetylen auf und vermischt sich mit ihm.



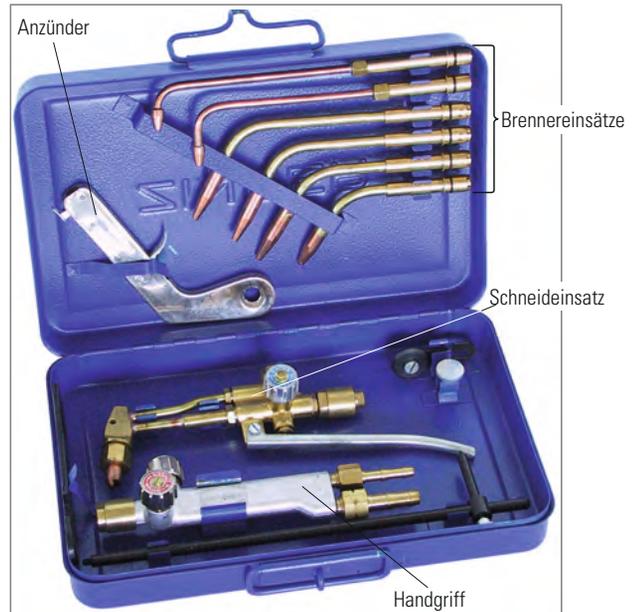
Der Sauerstoff tritt mit einem Druck von $p = 2,5$ bar in den Brenner. Durch den verkleinerten Querschnitt steigt die Strömungsgeschwindigkeit erheblich. Dadurch sinkt der statische Druck. Am Ende der Düse ist der Gasdruck quer zur Strömungsrichtung niedriger als der Luftdruck – es ist ein Unterdruck entstanden, durch den das Acetylen angesaugt wird (Injektorprinzip). Beide Gase vermischen sich und strömen durch den Schweißeinsetz zur Schweißdüse.

1 Injektorprinzip

Unterschiedliche Blechstärken erfordern beim Schweißen unterschiedliche Wärmemengen. Dies kann durch entsprechende Brenneinsätze erreicht werden (Bild 2). Sie unterscheiden sich durch ihre Innendurchmesser und ermöglichen so einen angemessenen Gasdurchfluss. Die Brennerkennzeichnung gibt die Blechdicke an, für die sie geeignet sind.

Schweißflamme (welding flame)

Der Brenner ist beim Schweißen von Stahl so einzustellen (Bild 3), dass die Gase im Verhältnis 1:1 gemischt werden (neutrale Flamme). Bei diesem Mischungsverhältnis verbrennt das Acetylen nur unvollständig. Der für eine vollständige Verbrennung benötigte Sauerstoff wird dann der Umgebungsluft entzogen. Dadurch oxidiert die Schmelze nicht. Das Oxidieren hätte Poren in der Schweißnaht zur Folge. Dies würde die Naht schwächen. Ein Sauerstoffüberschuss führt zusätzlich zu einer sehr hohen Flammentemperatur. Dadurch besteht die Gefahr, dass ein Teil des Werkstoffes der Schweißnaht verbrennt. Dieser Effekt wird beim Brennschneiden genutzt. Acetylenüberschuss führt zum Aufkohlen des Schmelzbades. Dadurch werden die Festigkeit und Härte der Naht erhöht, ihre Zähigkeit jedoch stark vermindert.

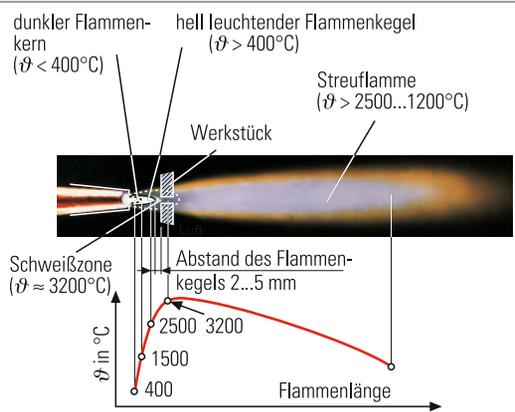


Schaft $\varnothing 13$ mm
 ■ zum Schweißen von 0,2...9 mm
 ■ zum Schneiden von 0,5...6 mm

Inhalt:

- 1 Handgriff
- 6 Schweißeinsetz 0,2...9 mm sortiert
- 1 Schneideinsatz mit Federhebel, Führungsrad und Kreisführung
- 1 Stufendüse
- 1 Anzünder (Pistolenform)
- 1 Universalschlüssel

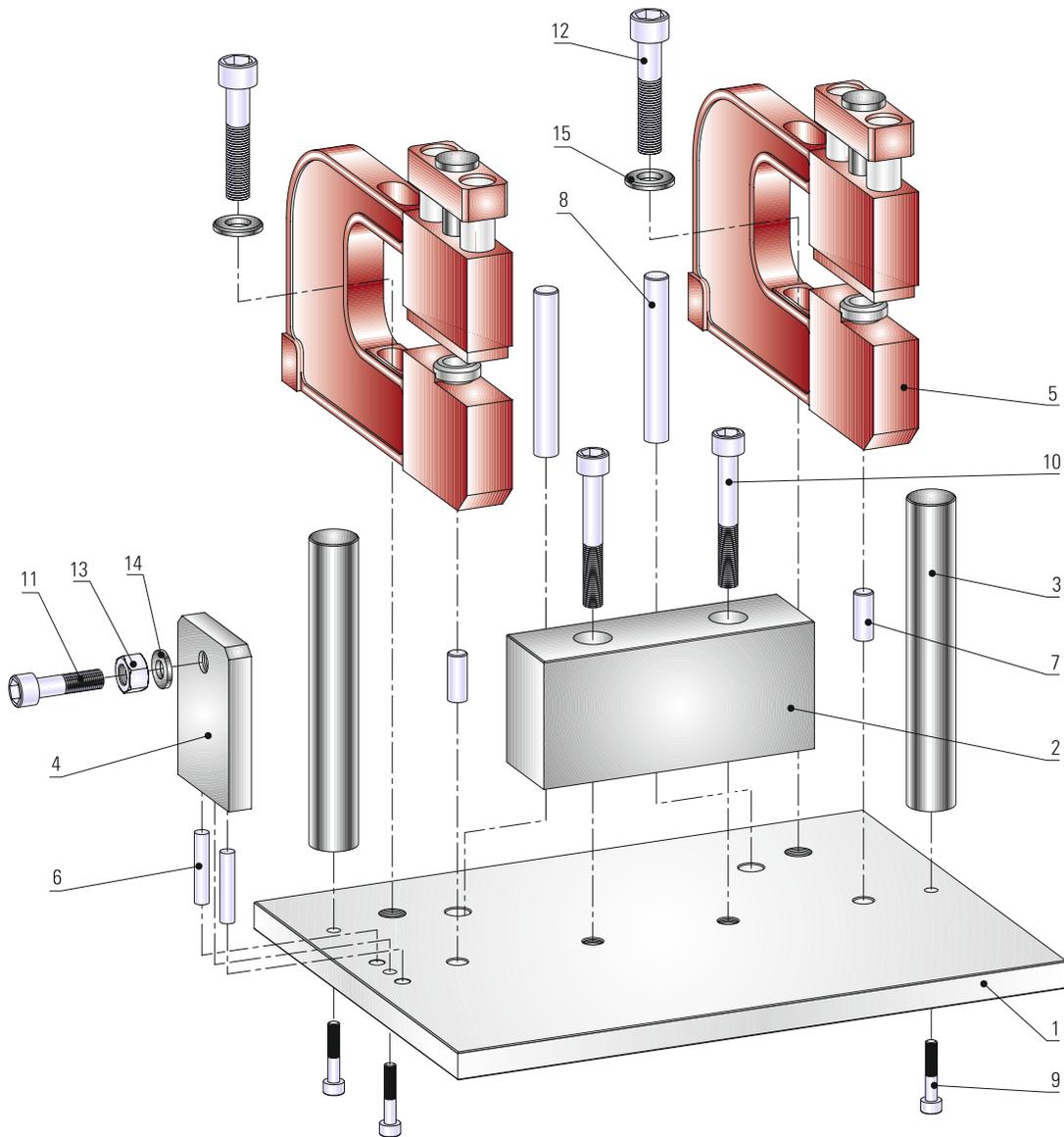
2 Brennersatz



a) Neutral eingestellte Schweißflamme



3 Schweißflamme



Assignments:

1. Translate the assembly instructions for the punching device.
2. Have a look at the parts list on page 133 and find out the length of the mounting plate.
3. What is the function of the two cylindrical pins (PT No. 8)?
4. Why do you have to use a screw and two pins to join the mechanical stop (PT No. 4) and the mounting plate (PT No. 1)?
5. How many screws do you need to fasten the plate support (PT No. 2) onto the mounting plate (PT No. 1) and what kind of screw is it?
6. Which standard part is used to fix the distance bolts on the mounting plate (PT No. 1)?
7. What function do the washers (PT No. 14) have?
8. Why does the mechanical stop (PT No. 4) has to be retransferred?

Versorgungsteil

- MA1 Antriebsmotor (*drive motor*)
- GP1 Hydropumpe (*hydraulic pump*)
- PG1 Manometer (*manometer*)
- HQ1 Rücklaufilter (*return flow filter*)
- PG2 Manometer / Verschmutzungsanzeige
- QN1 Druckbegrenzungsventil
- RM1 Rückschlagventil (*check valve*)
- QN2 Druckbegrenzungsventil

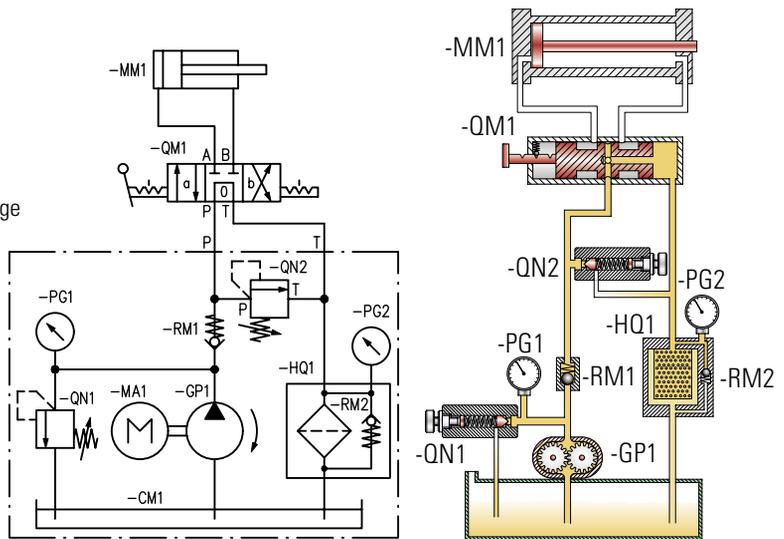
Steuerteil

- QM1 4/3-Wegeventil, Umlauf-Mittelstellung

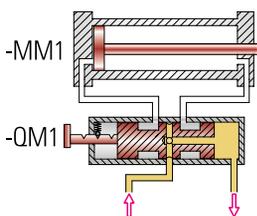
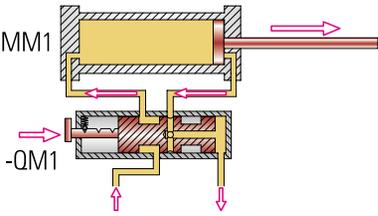
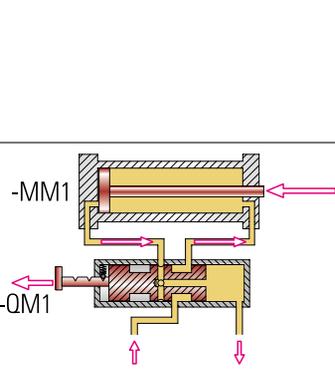
Antriebsteil

- MM1 doppelt wirkender Zylinder

1 Hydraulische Steuerung



Video Hydraulische Steuerung

Pumpe/ Motor	Stellung des Wegeventils -QM1	Funktionsbeschreibung
EIN	b 	Angetrieben vom Motor -MA fördert die Pumpe -GP1 Hydraulikflüssigkeit in die Leitung. Die Druckflüssigkeit hebt den Ventilkörper des Rückschlagventils -RM1 an und strömt durch das Wegeventil -QM1 in die Rücklaufleitung. Im weiteren Lauf strömt sie durch den Filter -HQ1 in den Tank zurück. Der Widerstand durch die beteiligten Baugruppen ist gering, sodass Elektromotor und Pumpe kaum belastet werden.
EIN	a 	Die Pumpe drückt die Flüssigkeit in die linke Zylinderkammer, der Kolben fährt aus und erreicht die vordere Endlage. Die verdrängte Flüssigkeit aus der rechten Zylinderhälfte strömt während dieser Bewegung durch das Wegeventil -QM1 und den Filter -HQ1 in den Tank zurück. Da die Pumpe kontinuierlich fördert, steigt der Druck in der Endlage des Kolbens an. Erst wenn das Druckbegrenzungsventil -QN2 mit Erreichen des eingestellten Druckes öffnet, wird der Druckanstieg gestoppt. Die Flüssigkeit strömt durch das Druckbegrenzungsventil in den Tank. Wird das Wegeventil -QM1 in die Stellung 0 zurückgeschaltet, bevor der Kolben seine Endlage erreicht hat, so verharrt er in der augenblicklichen Position. In den Arbeitsleitungen des Zylinders herrscht dann der aktuelle Druck.
EIN	c 	Die Pumpe drückt die Flüssigkeit in die rechte Zylinderkammer, der Kolben fährt zurück in die hintere Endlage. Die verdrängte Flüssigkeit aus der linken Zylinderhälfte strömt durch Ventil -QM1 und Filter -HQ1 in den Tank zurück. Auch hier würde der Kolben bei vorzeitigem Schalten zurück in Stellung 0 nicht in die hintere Endlage fahren, sondern in der augenblicklichen Position verharren.
AUS	b, c	Im ausgeschalteten Zustand verhindert das Rückschlagventil -RM1, dass Flüssigkeit durch die Pumpe in den Tank zurückläuft.

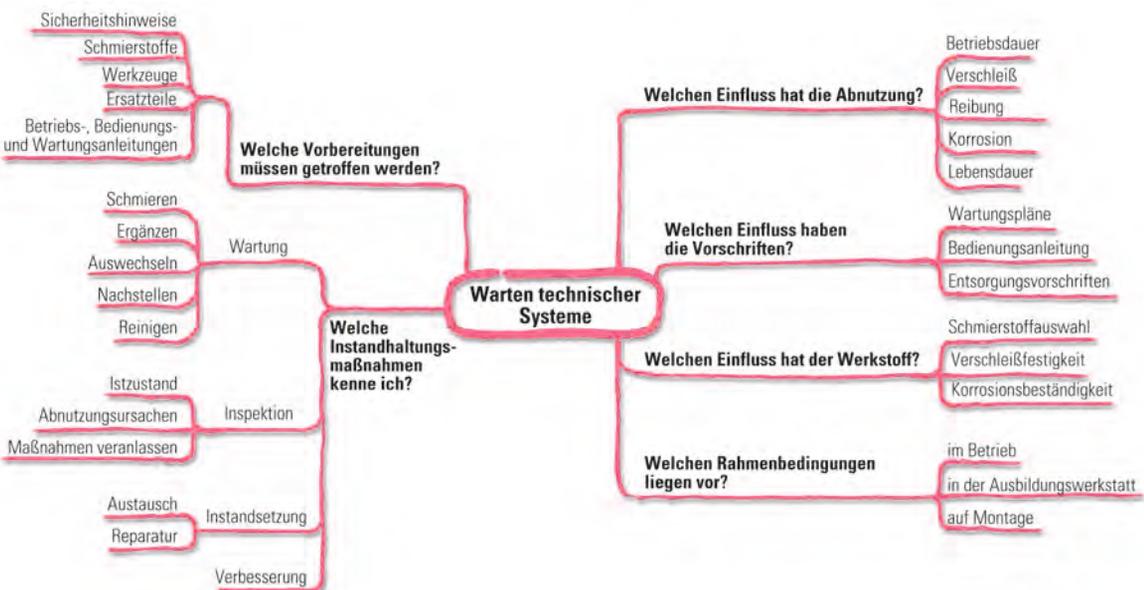
Lernfeld 4: Warten technischer Systeme



Nichts hält ewig. Irgendwann treten Störungen auf, die im besten Fall Ihre Tätigkeit lediglich behindern und im schlimmsten Fall zum Ausfall und Stillstand eines ganzen Betriebes führen können. Die Folgen sind auf jeden Fall mit Kosten, häufig mit Lieferverzögerungen und Ärger mit den Kunden verbunden. Jeder Betrieb wird daher im Rahmen seines Qualitätsmanagements **Instandhaltungsmaßnahmen** (*maintenance tasks*) vorsehen, die solche Ereignisse nach Möglichkeit verhindern oder so rasch wie möglich wieder beseitigen. Es liegt zunächst in Ihrer Verantwortung, dass die Betriebsmittel, also Werkzeuge, Anlagen usw., mit denen Sie selbst arbeiten, durch fachgerechte Wartung einsatzbereit sind und bleiben. Sollten sie trotz aller vorbeugenden Maßnahmen schadhaft oder sogar unbrauchbar sein, müssen sie unverzüglich **instandgesetzt** werden. Diese Verantwortung

beginnt damit, dass Sie sorgfältig und achtsam mit den Geräten umgehen, die Ihnen anvertraut wurden. Zum anderen wird die Instandhaltung einen breiten Raum in Ihrem zukünftigen Beruf einnehmen. Sie sind dann evtl. für die Einsatzfähigkeit ganzer Anlagen und Betriebsteile verantwortlich. Zu Ihren Aufgaben gehören regelmäßige Kontrollen (Inspektionen), Wartungstätigkeiten aufgrund vorgegebener Wartungspläne und erforderliche Reparaturmaßnahmen. Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen werden zukünftig vermehrt von der Maschinen-Software vorgegeben, die den Zustand der Anlage kontinuierlich erfasst und auswertet (condition monitoring). Instandhaltungsmaßnahmen müssen Sie trotzdem weiterhin manuell ausführen. Gewartet werden müssen dabei z. B. Werkzeuge, Maschinen, steuerungstechnische und versorgungstechnische Anlagen.

Nahezu jede Maschine, Anlage usw., die Sie zu warten haben, benötigt zu ihrem Betrieb **elektrische Energie** (*electrical energy*). Unweigerlich werden Sie im Rahmen Ihrer Wartungstätigkeiten mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagenteilen in Berührung kommen. Entweder dienen sie der elektrischen Energieversorgung oder der Signalverarbeitung in steuerungstechnischen Anlagen. Für Sie ist in diesem Zusammenhang besonders wichtig, dass Sie wissen und abschätzen können, welche **Gefahren** (*dangers*) von diesen Anlagenteilen ausgehen und wann Sie eine Elektrofachkraft hinzuziehen müssen.



Kondenswasser entsteht zum Beispiel im Druckbehälter aufgrund der Verdichtung von Luft. Es muss regelmäßig entfernt werden.

Der **Wartungsplan** (vgl. Kap. 1.2.1.4, Seite 196) beschreibt, wann welche Anlagenteile zu warten sind. Er nennt die zu beachtenden Sicherheitshinweise und enthält oftmals auch Hinweise zur Durchführung der Wartung.

Betriebsmittel, die hier bereit gestellt werden müssen sind:

- Auffangbehälter für Kondenswasser,
- Maulschlüssel entsprechender Schlüsselweite und
- eine neue geeignete Dichtung (Herstellerangaben einhalten)

Folgende **Sicherheitshinweise** sind einzuhalten:

- Gerät am Hauptschalter ausschalten
- Netzstecker ziehen
- Warten bis das Gerät stillsteht
- Druckluftzufuhr zu Druckluftwerkzeugen und Zubehörteilen unterbrechen
- Kompressor abkühlen lassen

1.2.1.2 Beschreibung exemplarischer Wartungstätigkeiten

Reinigung

Jedes Arbeitsmittel kann seine Funktion nur längerfristig ausüben, wenn es fachgerecht behandelt wird. Die erste Maßnahme zur Funktionserhaltung ist das Reinigen (*cleaning*) der Arbeitsmittel nach deren Benutzung:

- Bei **grobhiebig**en Feilen (*rough files*) werden festsitzende Späne mit einer **Feilenbürste** (*file card*) entfernt (Bild 1). **Feinhiebig**e Feilen (*smooth files*) werden mit einem **Messing- oder Kupferblech** (*brass or copper sheet*) gereinigt. Die Bürste bzw. das Blech ist in Richtung des Oberhiebes zu führen¹⁾.
- Die **Spannuten von Gewindebohrern** (*flutes of tapes*) werden mit **Druckluft** gesäubert (Bild 2). Dabei ist eine **Schutzbrille** zu tragen.
- Bohrmaschinen, Drehmaschinen und Fräsmaschinen müssen von **Spänen** befreit werden. Dazu werden **Spanhaken, Pinsel, Handfeger und Schaufel** benutzt. An schwer zugänglichen Stellen kann ein **Industriestaubsauger** (*industrial type vacuum cleaner*) (Bild 3) benutzt werden.



Merke

Wegen der Verletzungsgefahr sind Späne niemals mit der Hand zu entfernen.

Bei Werkzeugmaschinen (*machine tools*) darf zur Reinigung der Arbeitsflächen (*work surfaces*) niemals Druckluft verwendet werden, weil die Späne leicht zwischen Führungsbahnen gedrückt werden können. Dies führt zur Beschädigung der Flächen und damit zu erhöhter Abnutzung.



1 Reinigen einer Feile mit Feilenbürste



2 Säubern von Spannuten mit Druckluft



3 Reinigen einer Werkzeugmaschine mit einem Industriestaubsauger

1) vgl. Lernfelder 1 und 2: „Fertigen von Bauelementen“ Kap. 1.2.3 „Feilen“

In einem Gerät ist der Stromkreis meist nicht leicht nachvollziehbar. Seine einzelnen Bestandteile sind durch das Gehäuse verdeckt. Dieses dient teilweise auch der elektrischen **Isolation** (*isolation*) und damit der Unfallverhütung (siehe Kap. 2.5).

2.1.1 Elektrische Spannung

Um ein elektrisches Gerät oder eine elektrische Anlage betreiben zu können, ist eine Spannungsquelle notwendig. Diese ermöglicht einen Stromfluss durch die Leitungen und den Verbraucher (Gerät, Anlage). Typische Versorgungsspannungen sind:

Spannung	Bezeichnung	Einsatz
400 V Wechselspannung	Dreiphasen-Niederspannungsnetz	Haushalt, Betrieb
230 V Wechselspannung	Einphasen-Niederspannungsnetz	Haushalt, Betrieb
42 V Wechselspannung	Schutzkleinspannung	Handgeräte in leitfähiger Umgebung, Automatisierungssysteme
12 V Gleichspannung	Gleichspannungsversorgung	Halogenbeleuchtung, Kfz-Elektrik

1 Typische Versorgungsspannungen

Merke

Spannungen oberhalb von 50 V Wechselspannung und 120 V Gleichspannung können für den Menschen tödlich sein. Reparaturen an elektrischen Anlagen und Geräten dürfen deshalb nur von einer Elektrofachkraft ausgeführt werden (siehe Kapitel 2.5).

Der Anschluss einfacher Handgeräte erfolgt über genormte Stecker (*plugs*) (Bild 2) wie sie auch im Haushalt verwendet werden. Je nach Schutzklasse (vergl. Kapitel 2.5) besitzen diese Geräte ggf. einen Schutzkontakt.

Für größere Geräte und den Einsatz im industriellen oder handwerklichen Bereich werden Steckverbindungen nach der CEE-Norm¹⁾ verwendet (Bild 3). Die „Steckgesichter“ dieser Verbindungen lassen nur eine Möglichkeit des Zusammensteckens zu.

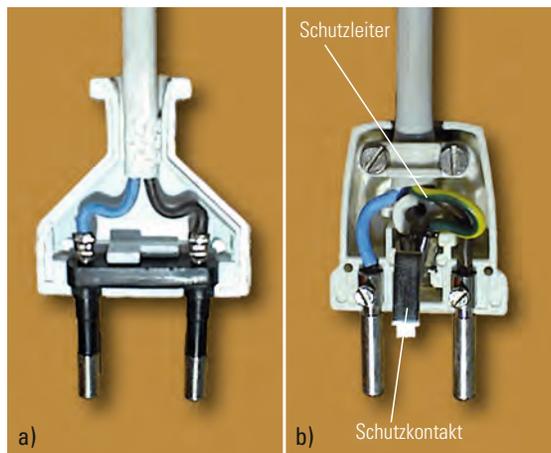
Merke

Die elektrische Spannung (*voltage*) hat das Formelzeichen U und wird in der Einheit Volt²⁾ angegeben. Das Einheitenzeichen ist V.

Für die Bereitstellung elektrischer Spannung gibt es Geräte wie:

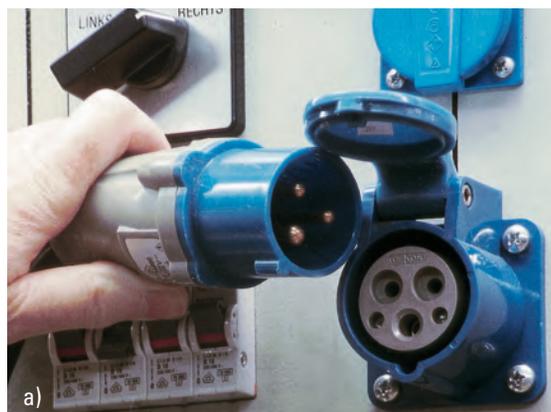
- Generatoren (Seite 221 Bild 1)

- Akkumulatoren
- Batterien
- Solarzellen



2 Anschluss von Steckern für das 230-V-Netz

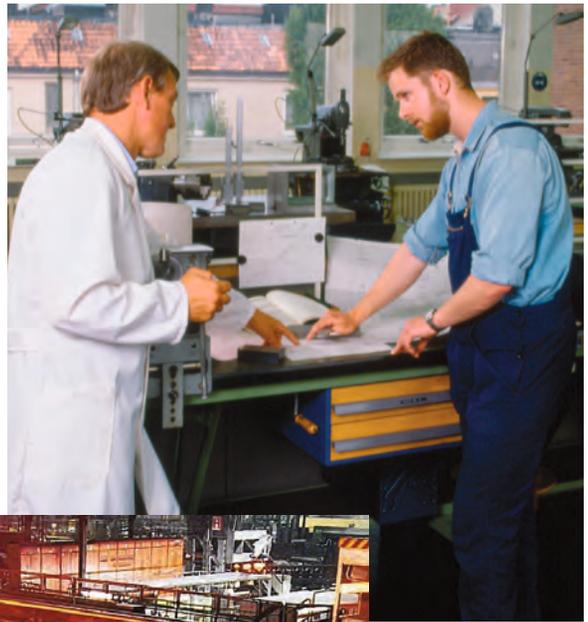
- a) Geräte mit Schutzisolation (Schutzklasse II, Seite 230 Bild 2)
- b) Geräte mit Schutzleiter (Schutzklasse I, Seite 230 Bild 2)



3 CEE-Steckvorrichtung (plug and socket)

- a) Einphasen-Wechselspannung (230-V-Netz)
- b) Dreiphasen-Wechselspannung (400-V-Netz, Drehstromnetz)

1) CEE: International Commission for Conformity Certification of Electrical Equipment (engl.); Kommission für die Konformität elektrischer Geräte
2) Benannt nach Alessandro Volta, italienischer Physiker, 1745 bis 1827



Dieser Teil des Buches soll Ihnen die Informationen zur Verfügung stellen, die Sie nicht ausschließlich für ein bestimmtes Lernfeld sondern in **allen Lernfeldern** immer wieder benötigen.

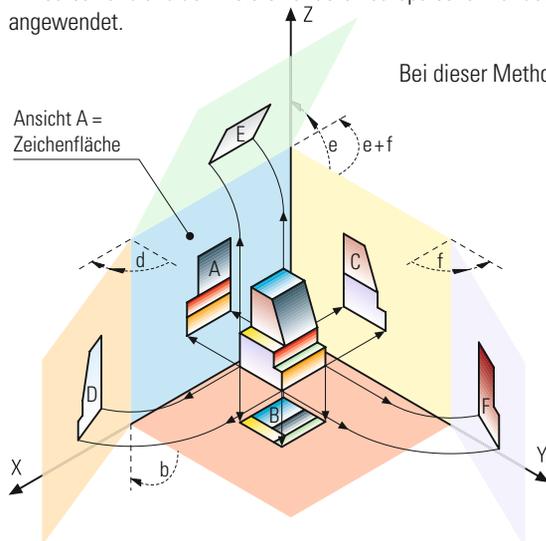
- Im 1. Kapitel dieses Teils finden Sie Informationen zu **Arbeits- und Präsentationstechniken**. Diese sollen Sie dabei unterstützen, Ihre Arbeitsaufträge planvoll in Angriff zu nehmen, Ihre Arbeitsergebnisse zu dokumentieren und zu präsentieren.
- Im 2. Kapitel dieses Teils finden Sie Informationen zur **Technischen Kommunikation**. Neben der gesprochenen Sprache sind Zeichnungen, Skizzen, Pläne, Gebrauchsanweisungen usw. das wichtigste Verständigungsmittel in Ihrem Beruf.
- Im 3. Kapitel dieses Teils finden Sie Informationen zur **Werkstofftechnik**. Zum Beispiel wählen Sie die Schnittdaten zur Fertigung eines Werkstücks in Abhängigkeit vom Werkstoff des Werkstücks und des Schneidstoffs. Die Entscheidung für ein bestimmtes Fügeverfahren bei der Montage hängt u. a. vom Werkstoff ab. Der Verschleiß bewegter Teile ergibt sich aus der Werkstoffpaarung usw.
- Im 4. Kapitel dieses Teils finden Sie Informationen zur **Technischen Mathematik**. In diesem Kapitel finden Sie einerseits mathematische Grundlage wie z. B. zum Umformen von Bestimmungsgleichungen, Dreisatz, Prozentrechnung, Längenberechnungen usw. Andererseits finden Sie dort zu den Lernfeld bezogenen Inhalten zahlreiche Übungsaufgaben.

Insgesamt gibt es sechs Ansichten. Die Hauptansicht (Vorderansicht) bestimmt dabei die Anordnung der weiteren Ansichten. Als Hauptansicht wird diejenige ausgewählt, die die Form eines Einzelteils oder einer Baugruppe am besten erkennen lässt.

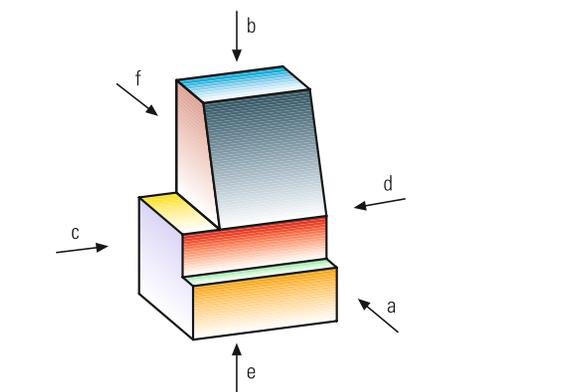
Ansicht in Richtung	Ansicht von	Bezeichnung der Ansicht
a	vorn	A Vorderansicht, Hauptansicht
b	oben	B Draufsicht
c	links	C Seitenansicht von links
d	rechts	D Seitenansicht von rechts
e	unten	E Untersicht
f	hinten	F Rückansicht

1 Betrachtungsrichtungen

Darstellung des Raststücks in der **Projektionsmethode 1 (first angle projection)**. Diese Art der Anordnung der Ansichten wird in Deutschland und den meisten anderen europäischen Ländern angewendet.

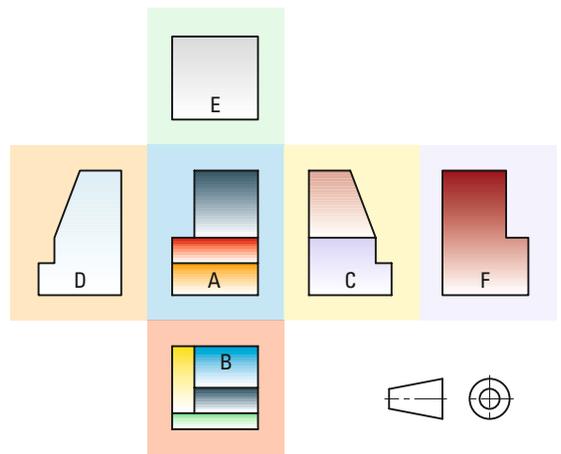


Bei dieser Methode liegt die Darstellungsebene **hinter** dem Werkstück.



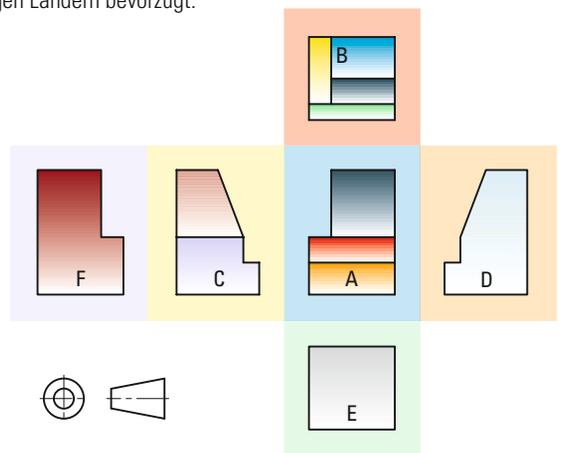
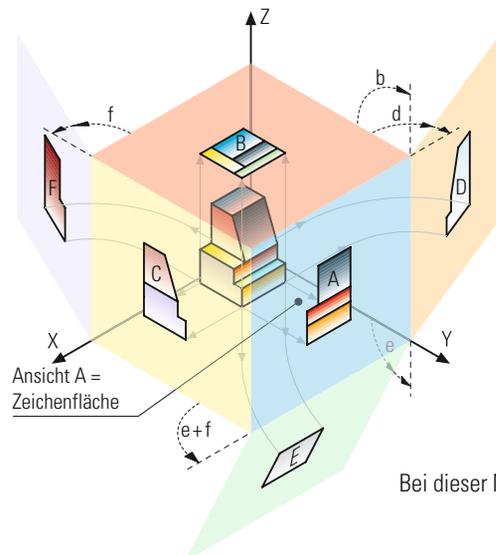
In der DIN EN ISO 128-3 sind Projektionsmethoden (*methods of projection*) standardisiert worden. Sie heißen Projektionsmethode 1, Projektionsmethode 3 und Pfeilmethode.

Eine Projektionsmethode 2 gibt es nicht!



Darstellung des Raststücks in der **Projektionsmethode 3 (third angle projection)**.

Diese Form der Anordnung der Ansichten wird in englischsprachigen Ländern bevorzugt.



Bei dieser Methode liegt die Darstellungsebene **vor** dem Werkstück.

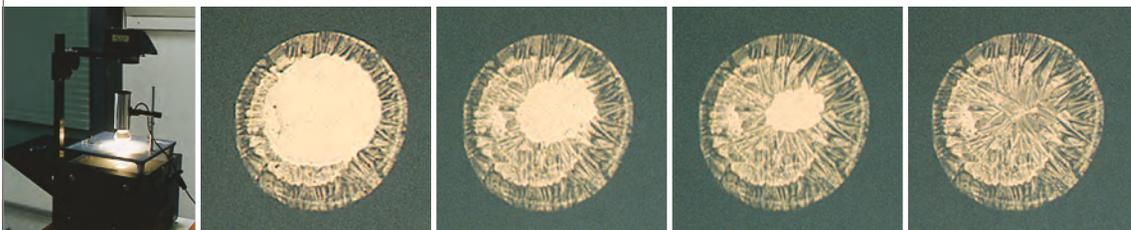
3.3 Gewinnung der Werkstoffe und ihre Verwendung

3.3.1 Metallische Werkstoffe

3.3.1.1 Kristallbildung bei Metallen

Versuch:

Auf einem Projektor wurde in einer Glasschale Benzophenon mithilfe einer Wärmelampe verflüssigt. Bei der anschließenden Abkühlung lässt sich der dabei einsetzende Kristallbildungsvorgang auf der Projektionswand verfolgen. Es bilden sich von außen nach innen Kristalle, die so lange wachsen, bis sie schließlich zusammenstoßen. Der Stoff ist erstarrt.



Versuchsaufbau

Kristallisationsbeginn (flüssig)

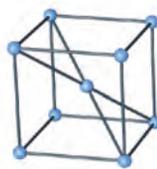
Kristallisationsfortschritt

Kristallisationsende (fest)

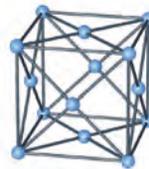
1 Kristallisation von Benzophenon

Bei diesem Versuch ist ein Stoff erstarrt, der zwar kein Metall ist, sich aber beim Erkalten ähnlich verhält. Der innere Aufbau der kleinsten Teilchen (Atome, Moleküle) ist im festen Zustand bei den Metallen regelmäßig geordnet. Eine solche Anordnung nennt man **Kristallgitter**. Bei der Erstarrung einer Schmelze bilden sich Kristallisationskeime wie im Versuch. Jedes Metall hat seine eigene typische Kristallgitterform.

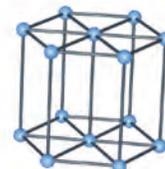
Der regelmäßige Aufbau hat oft einen Würfel als Grundstruktur. Solche Kristallformen nennt man **kubisch** (lat. kubus: der Würfel, Bild 2). Zunächst bilden sich **Kristallkeime**, dann folgt das **Keimwachstum**, bis die Kristalle aneinander stoßen. Der Stoff ist fest geworden. Er besteht aus vielen meist sehr kleinen Kristallen (Körnern). Die Anordnung und Verteilung der Körner nennt man **Gefüge**. Bei sehr großen Kristallen kann man das Gefüge wie im Versuch und in Bild 3 direkt erkennen.



kubisch
raumzentriert
(Krz)

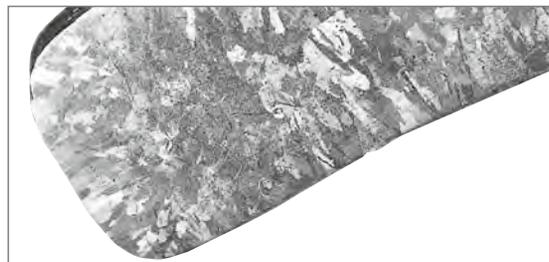


kubisch
flächenzentriert
(Kfz)



hexagonal
(hex)

2 Kristallgitterformen



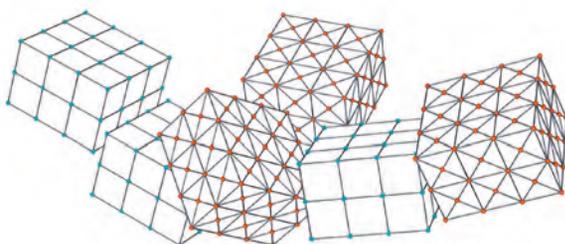
3 Gefüge einer Aluminiumlegierung, geätzt

Merke

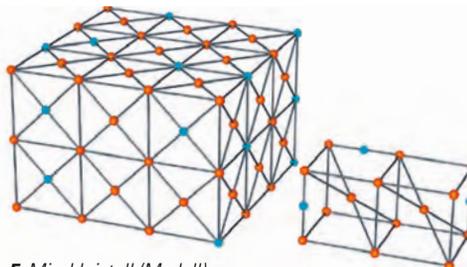
Die verschiedenen Kristallgitter haben Einfluss auf die Werkstoffeigenschaften wie z. B. Umformbarkeit, Härte.

Metalllegierungen

Viele metallische Werkstoffe sind aus verschiedenen Metallen gemischt. Man spricht von Legierungen, wenn sie aus einer gemeinsamen Schmelze erstarrt sind. Verschiedene Arten von Kristallbildungen können bei Legierungen auftreten. Ein Kristallgemisch (Bild 4) entsteht, wenn die Bestandteile unterschiedliche Kristallarten bilden. Wird der zulegierte Stoff in den Grundkristall eingebaut, so spricht man von einem Mischkristall (Bild 5).



4 Kristallgemisch (Modell)



5 Mischkristall (Modell)

AH GK S. 20

4 Mathematische Grundlagen und Anwendungen

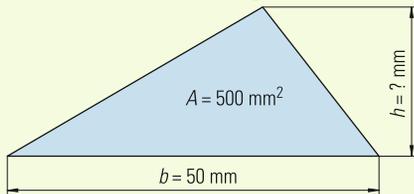
4.1 Grundlagen

4.1.1 Umformen von Gleichungen

Oft ist es nötig, Gleichungen nach einer gesuchten Größe umzustellen, weil die gesuchte Größe nicht alleine auf einer Seite des Gleichheitszeichens steht.

Beim Umstellen der Formel nach der gesuchten Größe sind die Regeln für das Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren, Dividieren, Potenzieren oder Radizieren (Wurzelziehen) anzuwenden (siehe Tabellenbuch).

Beispielrechnung 1



geg.: Fläche des Dreiecks $A = 500 \text{ mm}^2$
Breite des Dreiecks $b = 50 \text{ mm}$

ges.: Höhe des Dreiecks $h = ? \text{ mm}$

Gleichung: Fläche = $\frac{\text{Breite} \cdot \text{Höhe}}{2}$

$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

Die Gleichung ist so umzustellen, dass die Höhe h auf der linken Seite alleine steht:

$A \cdot 2 = \frac{b \cdot h \cdot 2}{2}$ → Auf beiden Seiten mit 2 multiplizieren und kürzen

$\frac{2 \cdot A}{b} = \frac{b \cdot h}{b}$ → Auf beiden Seiten durch b dividieren und kürzen

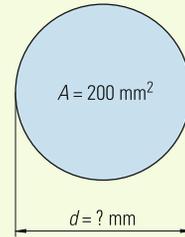
$\frac{2 \cdot A}{b} = h$ → Die gesuchte Größe steht auf der rechten Seite alleine

$h = \frac{2 \cdot A}{b}$ → Vertauschen der beiden Seiten der Gleichung

$h = \frac{2 \cdot 500 \text{ mm}^2}{50 \text{ mm}}$ → Einsetzen der bekannten Größen

$h = 20 \text{ mm}$ → Berechnen der gesuchten Größe

Beispielrechnung 2



geg.: Fläche des Kreises $A = 200 \text{ mm}^2$

ges.: Durchmesser des Kreises $d = ? \text{ mm}$

Gleichung: Fläche = $\frac{\text{Durchmesser}^2 \cdot \pi}{4}$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

Die Gleichung ist so umzustellen, dass der Durchmesser d auf der linken Seite alleine steht:

$A \cdot 4 = \frac{d^2 \cdot \pi \cdot 4}{4}$ → Auf beiden Seiten mit 4 multiplizieren und kürzen

$\frac{A \cdot 4}{\pi} = \frac{d^2 \cdot \pi}{\pi}$ → Auf beiden Seiten durch π dividieren und kürzen

$\frac{A \cdot 4}{\pi} = d^2$ → Die gesuchte Größe steht in der zweiten Potenz auf der rechten Seite

$d^2 = \frac{A \cdot 4}{\pi}$ → Vertauschen der beiden Seiten der Gleichung

$\sqrt{d^2} = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}}$ → Wurzel auf beiden Seiten ziehen

$d = \frac{4 \cdot A}{\pi}$ → Die gesuchte Größe steht auf der linken Seite alleine

$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 200 \text{ mm}^2}{\pi}}$ → Einsetzen der bekannten Größen

$d = 15,96 \text{ mm}$ → Berechnen der gesuchten Größe

ÜBUNGEN

Stellen Sie die folgenden Bestimmungsgleichungen nach den rot gekennzeichneten Größen um.

1. $l = l_1 + l_2$

7. $W = U \cdot I \cdot t$

12. $P = \frac{m \cdot g \cdot s}{t}$

16. $A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$

20. $V = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{h}{2} \cdot d^2$

2. $l = l_1 + l_2 + l_3$

8. $F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$

13. $P = \frac{m \cdot g \cdot s}{t}$

17. $W = \frac{m}{2} \cdot v^2$

21. $l = l_0 + \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta \vartheta$

3. $F = F_1 - F_2$

9. $v = \frac{s}{t}$

14. $l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$

18. $\eta = \frac{P_{zu} - P_v}{P_{zu}}$

22. $A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$

4. $F = F_1 - F_2$

10. $v = \frac{s}{t}$

15. $l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$

19. $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

23. $A = \pi \cdot (2 \cdot r_1^2 + h^2)$

5. $F_G = m \cdot g$

11. $n = \frac{v}{d \cdot \pi}$

24. $c^2 = a^2 + b^2$

6. $W = P \cdot t$

Grundkenntnisse Industrielle Metallberufe - Lernfelder 1-4

Geeignet für Auszubildende der Metallindustrie im ersten Ausbildungsjahr:
Industrie-, Werkzeug- und Zerspanungsmechaniker sowie Feinwerkmechaniker
im Handwerk.

- fachgerechte Visualisierung der Lehrinhalte
- interaktive Simulationen, Videos, Animationen und Zusatzinformationen,
über QR-Codes abrufbar
- mit zahlreichen Übungs- und Projektaufgaben
- mit integriertem Fachenglisch



9

783582 757074

3010

handwerk-technik.de