Siegbert Höllger, Volker von der Heide

Technische Mathematik Metall

Grundstufe und Fachstufen

Aufgaben · Fragen · Projekte

32. Auflage

Bestellnummer 80027

Bildungsverlag EINS
westermann

service@bv-1.de
www.bildungsverlag1.de

Bildungsverlag EINS GmbH
Ettore-Bugatti-Straße 6-14, 51149 Köln

ISBN 978-3-427-**80027**-9

westermann GRUPPE

© Copyright 2018: Bildungsverlag EINS GmbH, Köln
Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.
Hinweis zu § 52a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen.

Grundsätzliches zur Benutzung dieses Buches

Dieses Unterrichtswerk ist für die berufliche Grund- und Fachbildung metallgewerblicher Berufe geschrieben worden. Es erschließt rechnerisch die vorgegebenen Lerngebiete der Technologien.

Das Buch ist als Lernbuch gestaltet. Im Vordergrund stand das Bemühen, die verwirrende Vielfalt der Formeln überschaubarer und dadurch für den Schüler einprägsamer darzustellen.

Der Lehrteil (linke Buchseite) vermittelt die nötigen Sachinformationen, die sich möglichst kurz und auf das Wesentliche beschränken, ohne die Klarheit der Aussagen zu beeinträchtigen.

Der Aufgabenteil (rechte Buchseite) bringt Text- und Bildaufgaben. Die Verschiedenartigkeit der anwendungsbezogenen Aufgaben ermöglicht die Vertiefung rechnerischer Fähigkeiten und die Entwicklung des technisch-funktionalen Denkens. Es schließen sich über 800 **didaktische Schwerpunktfragen** „Wissen – Erkennen – Werten“ an. Durch die technologischen und mathematischen Verknüpfungsfragen nach jedem Kapitel sollen die beruflichen Sachverhalte in ihren vielfältigen Zusammenhängen und Wirkungen erschlossen und durch lernbereichsübergreifendes Wissen gefestigt werden.

Diese Konzeption der abgeschlossenen Lehreinheiten ermöglicht es, je nach Ausbildungsberuf den unterschiedlichen Zielen der Rahmenlehrpläne Rechnung zu tragen. Durch die möglichen Querverbindungen wird einerseits das Allgemeine am Besonderen deutlich, andererseits aber auch das Fachspezifische an den zu ihm gehörenden Bezugsrahmen gestellt.

Der methodische Weg des Unterrichtswerkes ist durch überschaubare Lerneinheiten gekennzeichnet. Dabei bilden Lehrblatt- und Aufgabenseite eine in sich geschlossene Unterrichtseinheit. Großer Wert ist auf eine klare Stoffgliederung und Übersichtlichkeit im Aufbau gelegt.

Die Bildaufgaben sind ein wesentlicher Teil der methodischen Konzeption dieses Buches. Durch Fehlen klarer Anweisungen erhalten die Schüler einen gedanklichen Freiraum, in dem sie das komplexe Beziehungsgeflecht durchdringen müssen, um die Problemlösung zu finden. Die bildlichen Sachverhalte können die Ausdrucksfähigkeit durch Formulieren und Diskutieren schulen.

Durch den methodischen Einsatz der zeichnerischen Problemstellungen soll
– der Neigung zum reinen Formelrechnen entgegengewirkt,
– problemlösendes Denken geschult,
– die Fähigkeit zum Transfer gestärkt werden.

Das Thema Qualitätsmanagement wurde neu konzipiert und erweitert. Jeder Erklärung folgt ein dazugehöriges Leitbeispiel (Stifte), welches durch das ganze Kapitel führt. Außerdem gibt es nacheinander dazugehörige Teile einer Gesamtaufgabe (Druckfeder). Zusätzlich werden entsprechende Aufgaben gestellt. Zum Schluss des Kapitels wurde ein Gesamtprojekt, welches alle Teile der Lernabschnitte der Qualitätsprüfung umfasst, formuliert. Am Ende des Buches befindet sich ein logarithmisches Auswertungsblatt, in dem die Lernenden ein Wahrscheinlichkeitsnetz zur Gesamtaufgabe zeichnen können.

Es stehen ausführliche Lösungen zur Verfügung: • Print, Bestellnummer 80028
• Download, Bestellnummer 80029.

Anregungen und Kritik, die zur Verbesserung des Buches beitragen, nehmen Verfasser und Verlag gern entgegen.

Siegbert Höllger/Volker von der Heide

Inhaltsverzeichnis

Mathematische Grundlagen

Formelzeichen und Einheiten 6
Lösen von Aufgaben 7
Rechnen mit Formeln 8
Taschenrechner 10
Verhältnisrechnung 12
Dreisatzrechnung 14
Prozentrechnung 16
Rechnen mit Gleichungen 18
Winkelfunktionen 20
Koordinaten und Funktionen 22
Interpretation von Darstellungen 24

Fertigungs- und Prüftechnik

Größen und Größengleichungen 26
Vielfache und Teile von Einheiten 28

Längen

Maßsysteme, Teilung von Längen 30
Prüfungen von Längen: Messen, Lehren 32
Toleranzen und Passungen 34
Toleranzen, Abmaße und Passungen 36
Gewindeabmessungen 38
Lehrsatz des Pythagoras 40
Umfangsberechnung: Kreis, Vieleck 42
Gestreckte Länge 44
Längenänderung durch Wärme 46

Zeit- und Winkelmaße

Zeit- und Winkelmaße – Grundrechenarten 48

Flächen

Regelmäßige Vierecke 50
Dreieck und Trapez 52
Kreisförmige Flächen 54
Blechbedarf und Verschnitt 56

Körper

Körper gleicher Dicke 58
Spitze und abgestumpfte Körper 60
Ringförmige Körper, Guldin'sche Regel 62
Rohlänge für Schmiede- und Pressteile 64
Masse und Dichte 66

Kraft

Kräfte und ihre Wirkungen 68
Reibungskraft 70

Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad

Arbeit und Energie 72
Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad 74

Bewegung

Gleichförmige geradlinige Bewegung 76
Ungleichförmige geradlinige Bewegung 78
Gleichförmige Kreisbewegung 80

Spanende Bearbeitung

Umdrehungsfrequenz (Drehzahl) 82
Schnittkraft und Schnittleistung 84
Drehen
- Hauptnutzungszeit mit konstanter Drehfrequenz 86
- Hauptnutzungszeit mit konstanter Schnittgeschwindigkeit 88
- Kegeldrehen 90

Bohren
- Hauptnutzungszeit 92
- Schnittkraft und Schnittleistung 94

Fräsen
- Hauptnutzungszeit 96
- Teilen mit dem Teilkopf 98

Schleifen
- Hauptnutzungszeit 100

CNC-Technik

Koordinatensysteme 102
CNC-Bezugspunkte – Steuerungsarten 104
Werkstückkonturen 106
Programmierübungen 107

Schweißtechnik

Schweißen – Gasverbrauch 108
Schweißen – Nahtvolumen 110

Fertigungskosten

Lohnberechnung 112
Kostenrechnung 114

Qualitätsprüfung

Qualität

Mittelwert – Spannweite 116
Strichliste – Histogramm 118
Normalverteilung (Gauß'sche Glockenkurve) 120
Wahrscheinlichkeitsnetz 122
Maschinenfähigkeitsprüfung 124
Messmittelfähigkeitsprüfung 126
Prozessfähigkeitsprüfung 127, 128
Qualitätsregelkarte (QRK)
- $\bar{x}$-R-Karte 130
- $\bar{x}$-s-Karte 132

Beanspruchung von Werkstoffen

Werkstoffprüfung

Zugversuch 134
Härteprüfung 136

Festigkeit

Beanspruchung von Bauteilen
- Spannungen, Belastungsfälle 138
- Druck 140
- Abscherung 142
- Biegung 144

Inhaltsverzeichnis

Maschinen- und Gerätetechnik

Antriebseinheiten

Einfacher Riementrieb ... 146
Mehrfacher Riementrieb ... 148
Keilriementrieb ... 150
Zahnradabmessungen ... 152
Einfacher Zahnradtrieb ... 154
Mehrfacher Zahnradtrieb ... 156
Zahnstangen- und Schneckentrieb ... 158

Stütz- und Trageinheiten

Kräfte am Hebel ... 160
Auflagerkräfte ... 162
Reibungskraft und Leistungsverlust ... 164
Schwerpunktlage ... 166

Energieübertragungseinheiten

Schiefe Ebene ... 168
Schraubenkräfte ... 170
Umfangskraft und Drehmoment ... 172
Drehmoment und Leistung ... 174

Funktionsgruppen

Rollen- und Flaschenzüge ... 176
Hebelgesetz in Getrieben ... 178
Kupplung ... 180

Fügeeinheiten

Schraubenverbindungen ... 182
Keil- und Passfederverbindungen ... 184
Schweißverbindungen ... 186
Nietverbindungen ... 188

Elektrotechnik

Ohm'sches Gesetz ... 190
Schaltungen von Widerständen ... 192
Leiterwiderstand ... 194
Elektrische Leistung und Arbeit ... 196
Wechsel- und Drehstrom (induktive Belastung), Transformator ... 198

Steuerungstechnik

Druck in Gasen ... 200
Gasgesetze ... 202
Durchluftzylinder ... 204

Druck in Flüssigkeiten ... 206

Hydraulik

Druck durch äußere Kräfte ... 208
Hydrodynamik ... 210

Wärmetechnik

Wärmemenge ... 212
Wärmemischung ... 214
Wärmedurchgang ... 216

Lernfeldübergreifende Arbeitsaufträge

Fertigungs- und Prüftechnik

Projektaufgabe: Bauelement für Becherwerk ... 218
Projektaufgabe: Druckprüfventil ... 220
Projektaufgabe: Kegelschiebewelle ... 222

Maschinen- und Gerätetechnik

Projektaufgabe: Kegelstirnradgetriebe ... 224

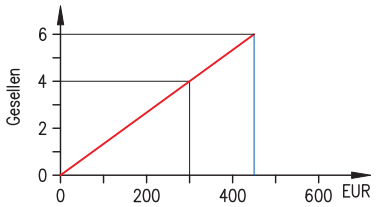
Anhang

Arbeitsaufträge ... 226
Lohnsteuertabelle (Auszug) ... 228
Wahrscheinlichkeitsnetz ... 229
Sachwortverzeichnis ... 230

Dreisatzrechnung

Dreisatz ≙ Dreischrittrechnung
gleiches Verhältnis ≙ Je mehr – desto mehr
ungleiches Verhältnis ≙ Je mehr – desto weniger

1. Gleiches Verhältnis



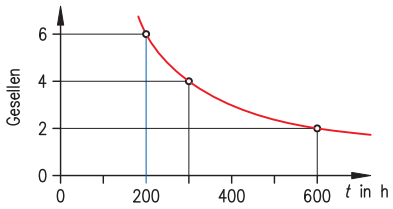
Beispiel
4 Gesellen verdienen 300 EUR. Wie viel verdienen dann 6 Gesellen?

Lösungsgang in 3 Schritten

				Hinweis
Aussage:	4 Gesellen	≙	300 EUR	Behauptungssatz
Einheit:	1 Geselle	≙	$\frac{300\ \text{EUR}}{4}$	Folgerungssatz
Mehrheit:	6 Gesellen	≙	$\frac{300\ \text{EUR} \cdot 6}{4}$	Schlusssatz
		=	$\underline{450\ \text{EUR}}$	

Hinweis
Im Behauptungssatz steht die gesuchte Größe am Ende.

2. Umgekehrtes Verhältnis

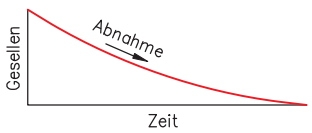


Beispiel
4 Gesellen schaffen eine Arbeit in 300 Stunden. Wie viel Stunden benötigen 6 Gesellen?

Lösungsgang in 3 Schritten

				Hinweis
Aussage:	4 Gesellen	≙	300 h	Behauptungssatz
Einheit :	1 Geselle	≙	300 h · 4	Folgerungssatz
Mehrheit:	6 Gesellen	≙	$\frac{300\ \text{h} \cdot 4}{6}$	Schlusssatz
		=	$\underline{200\ \text{h}}$	

3. Doppelter Dreisatz



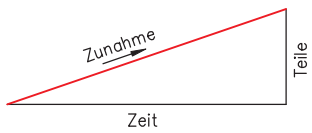
Beispiel
2 Gesellen benötigen für die Herstellung von 20 Drehteilen 3 Tage. In welcher Zeit können 6 Gesellen 30 gleichartige Drehteile herstellen?

Ansatz
2 Gesellen für 20 Drehteile ≙ 3 Tage
6 Gesellen für 30 Drehteile ≙ x Tage

1. Rechnungsschritt

Aussage:	2 Gesellen für 20 Drehteile	≙	3 Tage
Einheit :	1 Geselle für 20 Drehteile	≙	3 · 2 Tage
Mehrheit :	6 Gesellen für 20 Drehteile	≙	$\frac{3 \cdot 2}{6}$ Tage

Beachte
Ungleiche Verhältnisse: je mehr – desto weniger



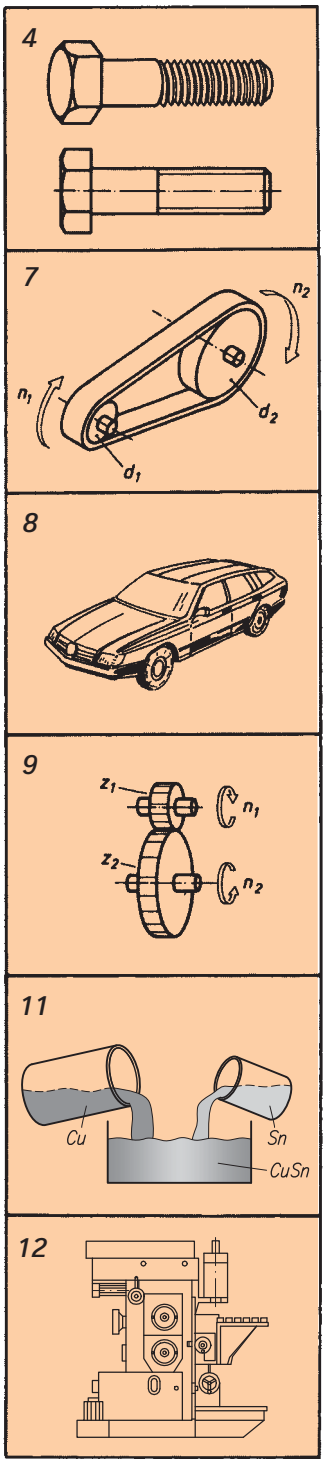
2. Rechnungsschritt

Aussage:	6 Gesellen für 20 Drehteile	≙	$\frac{3 \cdot 2}{6}$ Tage
Einheit:	6 Gesellen für 1 Drehteil	≙	$\frac{3 \cdot 2}{6 \cdot 20}$ Tage
Mehrheit:	6 Gesellen für 30 Drehteile	≙	$\frac{3 \cdot 2 \cdot 30}{6 \cdot 20}$ Tage
		=	$\underline{1,5\ \text{Tage}}$

Beachte
Gleiche Verhältnisse: je mehr – desto mehr

4. Zusammenfassung

Schließen Sie von der Aussage über die Einheit auf die Mehrheit.
Beachten Sie bei jeder Schlussfolgerung die Verhältnisart.



Berechnen Sie die fehlenden Werte:

1.

Aufgabe	a	b	c	d
Anzahl 1	45	36	8	?
Lohn in EUR	60	48	?	4
Anzahl 2	9	?	24	12
Lohn in EUR	?	12	15	8

2.

Aufgabe	a	b	c	d
Arbeiter	45	36	8	?
Tage A	60	48	?	4
Arbeiter	9	?	24	12
Tage B	?	12	15	8

3. Ein Geselle verdient in 38 Stunden 570,00 EUR. Wie hoch ist sein Stundenlohn?

4. 18 Sechskantschrauben werden für 3,20 EUR angeboten. Wie viel EUR kosten 5 Schrauben?

5. Drei Auszubildende erledigen eine Arbeit in 2 1/2 Tagen. Wie viel Tage würden zwei Auszubildende benötigen?

6. Zwei Blechtafeln aus Stahl wiegen 31,2 kg. Wie groß ist die flächenbezogene Masse von fünf Tafeln bei gleichen Abmessungen?

7. Eine Riemenscheibe mit einem Durchmesser von 120 mm macht 1 200 1/min. Wie groß ist die Zahl der Umdrehungen der getriebenen Scheibe in einer Minute bei einem Durchmesser von 720 mm?

8. Ein Pkw verbraucht auf 100 km 8,4 Liter Benzin. Welche Strecke kann er mit einer Tankfüllung von 40 Liter zurücklegen?

9. Ein treibendes Zahnrad mit 42 Zähnen macht 96 1/min. Mit wie viel Zähnen muss das getriebene Rad bei 224 1/min hergestellt werden?

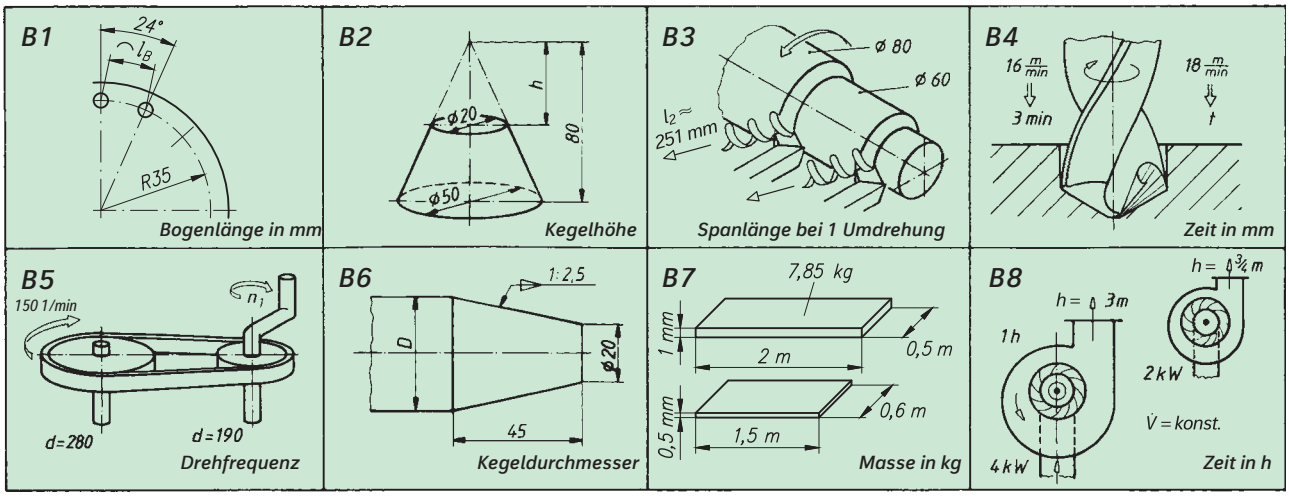
10. Eine Pumpe fördert in 2 Stunden 1 200 l Wasser. In welcher Zeit wird ein überschwemmter Keller mit den Maßen 2 × 1,5 × 3 m leer gepumpt?

11. Für eine CuSn-Legierung mit der Masse 40 kg braucht man 2,4 kg Zinn. Wie viel kg Zinn benötigt man zur Herstellung einer Legierung von 122 kg?

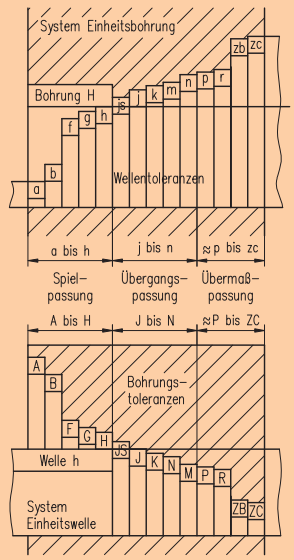
12. Mit 6 Fräsmaschinen werden in 8 Stunden 180 Werkstücke gefertigt.
Wie viel Stunden werden benötigt, um mit 4 Maschinen 240 Stücke anzufertigen?

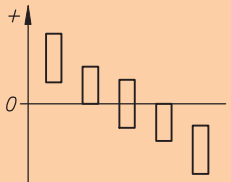
▶ Wissen – Erkennen – Werten

a) Zeigen Sie Beispiele auf: Je mehr, desto mehr. Je weniger, desto weniger.
b) Zeigen Sie Beispiele auf: Je mehr, desto weniger. Je weniger, desto mehr.
c) Nennen Sie Schritte für die Lösung von Dreisatzaufgaben.
d) Was ist bei der Formulierung des Behauptungssatzes zu beachten?
e) Für welche Aufgaben sind zur Lösung zwei Schlussfolgerungen erforderlich?



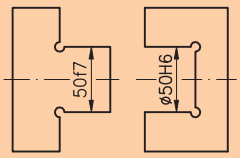
4 *Skizze*



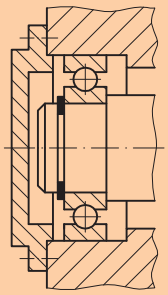


Toleranzfeldlagen zur Nulllinie

4



6



1. Ermitteln Sie für folgende Aufgaben die fehlenden Werte:

	a	b	c	d	e	f	g	h
IT *N* in mm	7 80	? 420	? 45	? 100	9 ?	6 ?	? 100	5 30
GT in µm in mm	?	 9,7	100	 1,4	130	22	54	?

2. a) Wie groß sind für folgende Angaben die fehlenden Werte?

	a	b	c	d	e	g
	50H7	50h7	36F8	40r6	52JS9	80j6
Nennmaß *N* Abmaß *ES/es* Abmaß *EI/ei* Höchstmaß G_o Mindestmaß G_u Toleranz *T*						

b) Zeichnen Sie für oben gefundene Werte die Toleranzfelder in Bezug zur Nulllinie. Maßstab: 1 µm Toleranz = 1 mm Zeichnung.

3. Bestimmen Sie für die folgenden Angaben die Grundabmaße in µm:
a) 40H6 b) 55F8 c) 200P9 d) 200p9 e) 40h6 f) 30e8 g) 150d9 h) 120x8

4. Ergänzen Sie die unten stehende Tabelle für die Passungsangabe 50H6/f7.

Ø 50H6/f7	Bohrung Ø 50H6	Welle Ø 50f7	Skizze für die Lage der Toleranzfelder zur Nulllinie
N *ES/es* *EI/ei* G_o G_u *T*			
Passungssystem Passungsart			
Höchstspiel/-übermaß Mindestspiel/-übermaß			

5. Vergleichen Sie die Maße der Passungsangaben: a) Ø 80H6/x8 mit Ø 80H8/x8
b) Ø 65H7/x6 mit Ø 65 H7/r6 (x6: *es* = 0,165; *ei* = 0,146)

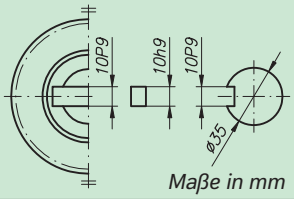
6. Ein Rillenkugellager mit einem Innendurchmesser von Ø 65 0/–15 und Außendurchmesser von Ø 120 0/–25 soll auf einer Welle mit höchstens 7 µm Übermaß und mit höchstens 19 µm Spiel im Gehäuse eingebaut werden. Der Toleranzgrad 6 ist festgelegt worden. Bestimmen Sie die Passungen.

► Wissen – Erkennen – Werten

a) Erklären Sie durch Berechnung, dass die Passungsauswahl 20 H7/p6 sinnvoller ist als die Auswahl 20 H8/p6 (p6: *ei* = +22; *es* = +35)

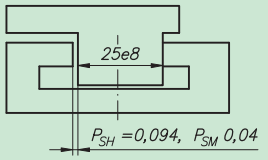
b) In einer technischen Zeichnung steht an einer Welle *d* = 40 mm die Rautiefenangabe Rz = 6,3 und die Passungsangabe h5. Sind die Angaben sinnvoll?

B1 *Passfederverbindung*

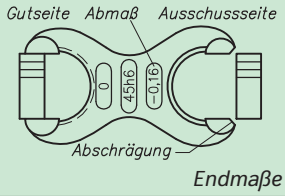


Maße in mm

B2 *Führung*

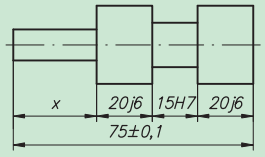


B3 *Grenzrachenlehre*



Endmaße

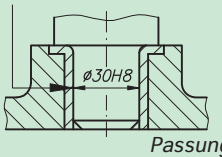
B4 *Welle*



Längenmaße x

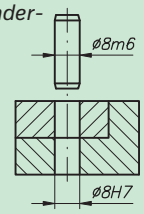
B5 *Bolzen*

Höchstspiel = 0,059
Höchstübermaß = –0,026



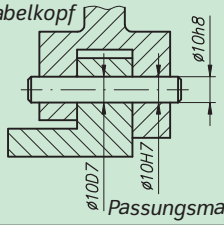
Passung

B6 *Zylinderstift*



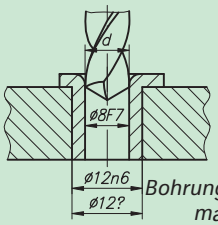
Spiel- und Übermaß

B7 *Gabelkopf*



Passungsmaße

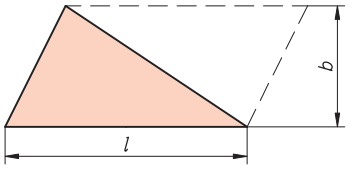
B8



Bohrungsmaße

A Fläche in mm²
l Länge, Seite in mm
l_m mittlere Länge in mm
h Höhe in mm
b Breite in mm

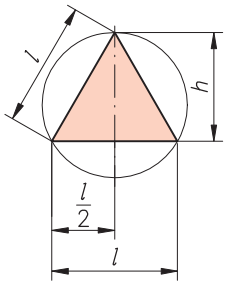
1. Dreieck



Ergänzt man ein Dreieck zu einem regelmäßigen Viereck, so wird:
Länge × Breite = 2 × A

Folgerung

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



Beachte
Im gleichseitigen Dreieck ergibt sich nach dem Satz des Pythagoras für die Höhe:

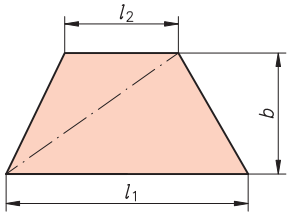
$$l^2 = h^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2$$

$$h^2 = l^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{3}{4} \cdot l^2$$

$$h = \sqrt{\frac{3}{4} l^2} = \sqrt{\frac{l^2}{4} \cdot 3} = \frac{l}{2} \cdot \sqrt{3}$$

$$h = 0{,}866 \cdot l \quad \text{(anzuwendende Formel)}$$

2. Trapez

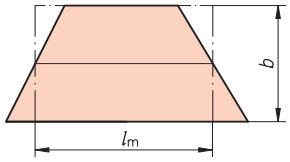


Jedes Trapez kann in zwei Dreiecke zerlegt werden, somit wird:

$$A = \frac{l_1 \cdot b}{2} + \frac{l_2 \cdot b}{2}$$

$$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$$

$$A = l_m \cdot b$$



Erkenntnis
Die Mittellinie eines Trapezes ist halb so lang wie die parallelen Seitenlängen zusammen (arithmetisches Mittel).

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

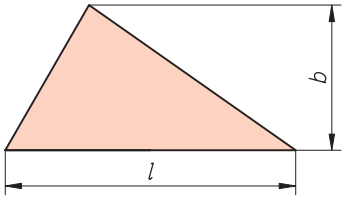
3. Zusammenfassung

Dreleck: $A = \frac{l \cdot b}{2}$

Trapez: $A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$ $\quad A = l_m \cdot b$

4. Beispiel

Ein Stempel mit einer dreieckigen Druckfläche von 1015 mm² hat 35 mm Stempelbreite. Berechnen Sie die Kantenlänge in mm.



Gesucht l in mm

Gegeben $A = 1015\ \text{mm}^2$; $b = 35\ \text{mm}$

Vorüberlegung
Dreiecksfläche = Hälfte einer regelmäßigen Viereckfläche.

Lösung

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

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

$$l = \frac{2 \cdot 1015\ \text{mm}^2}{35\ \text{mm}}$$

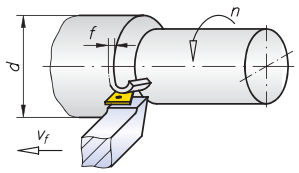
$$l = \underline{58\ \text{mm}}$$

Anmerkung
Die Diagonale teilt ein regelmäßiges Viereck in zwei gleiche Dreiecke.

Drehen – Hauptnutzungszeit mit konstanter Drehfrequenz

t_h Hauptnutzungszeit in min
l Werkstücklänge in mm
l_a Anlauf in mm
l_u Überlauf in mm
L Vorschubweg in mm
d Außendurchmesser in mm
d_1 Innendurchmesser in mm
n Drehfrequenz in 1/min
i Anzahl der Schnitte
f Vorschub in mm
v_f Vorschubgeschw. in mm/min
v_c Schnittgeschw. in m/min

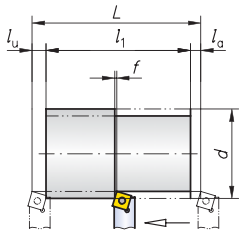
1. Vorschubgeschwindigkeit v_f

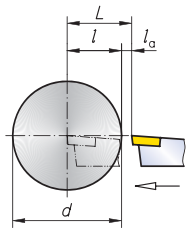


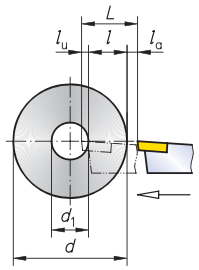
Vorschub für eine Werkstückumdrehung = f in mm
Vorschub für n-Umdrehungen = $f \cdot n$ in mm/min

Folgerung
Vorschubgeschwindigkeit $v_f = f \cdot n$

2. Hauptnutzungszeit t_h







Allgemein: Geschwindigkeit = $\frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$ $\quad v = \frac{s}{t}$

hier: Vorschubgeschwindigkeit = $\frac{\text{Vorschubweg}}{\text{Hauptnutzungszeit}}$ $\quad v_f = \frac{L}{t_h}$

umgestellt: Hauptnutzungszeit = $\frac{\text{Vorschubweg}}{\text{Vorschubgeschw.}}$ $\quad t_h = \frac{L}{v_f} = \frac{L}{f \cdot n}$

Somit gilt für eine Anzahl der Arbeitsschnitte i: $\quad t_h = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$

Beachte
Bei fehlenden Angaben für An- und Überlauf gilt:
Vorschubweg = Werkstücklänge $\quad L = l$
Bei gegebenem An- und Überlauf gilt: $\quad L = l + l_a + l_u$
Beim Querplandrehen eines Vollzylinders $\quad l = \frac{d}{2}$
Beim Querplandrehen eines Hohlzylinders $\quad l = \frac{d - d_1}{2}$

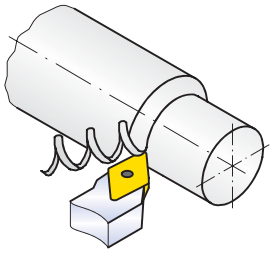
Hinweis

Längsrunddrehen	Die Drehzahlberechnung erfolgt mit dem jeweiligen Außendurchmesser.
Querplandrehen	Die Drehzahlberechnung erfolgt mit dem Außendurchmesser.

3. Zusammenfassung

Für die Hauptnutzungszeit gilt : $t_h = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$

4. Beispiel



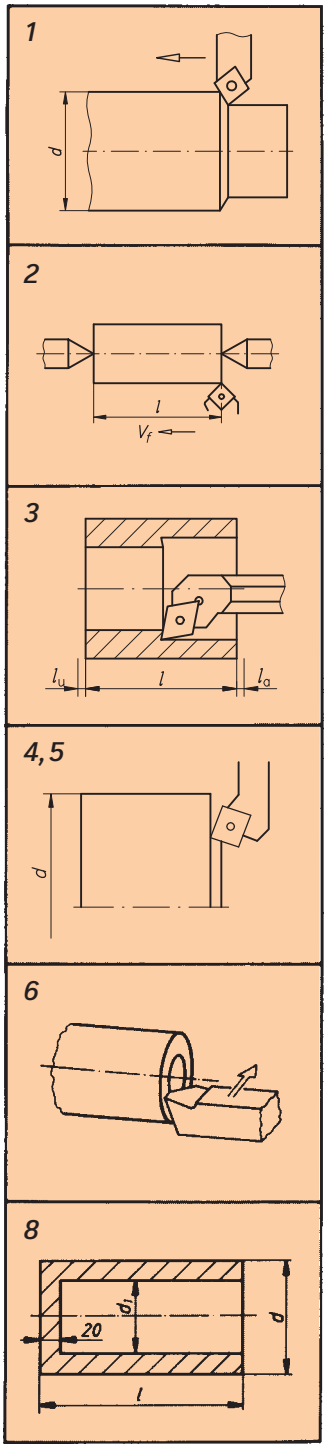
Ein 148 mm langer Bolzen wird mit einem Vorschub $f = 0{,}12$ mm und einer Drehfrequenz $n = 1\,400$ 1/min einmal überdreht. An- und Überlauf betragen 2 mm. Berechnen Sie die Hauptnutzungszeit t_h in min.

Gesucht t_h in min
Gegeben $L = 150$ mm
$i = 1$
$n = 1\,400$ 1/min
$f = 0{,}12$ mm

Vorüberlegung
Zeit = $\frac{\text{Vorschubweg}}{\text{Vorschubgeschwindigkeit}}$

Lösung
$t_h = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$
$t_h = \frac{150\,\text{mm} \cdot 1\,\text{min}}{0{,}12\,\text{mm} \cdot 1\,400}$
$t_h = \underline{0{,}893\,\text{min}}$

Anmerkung
Die einzustellende Drehzahl n richtet sich nach dem Drehfrequenzbereich der Maschine.



Aufgaben

Drehen – Hauptnutzungszeit mit konstanter Drehfrequenz

1. Eine 624 mm lange Welle (l_a = 1 mm) wird mit 330 1/min und 1,5 mm Vorschub in einem Schnitt überdreht. Ermitteln Sie die Hauptnutzungszeit.

2. Wie viel Zeit benötigt man, um eine 818 mm lange Welle ($l_a = l_u$ = 1 mm) bei einer Vorschubgeschwindigkeit von 124 mm/min zu schlichten?

3. Eine Bohrung von 110 mm Durchmesser und 178 mm Länge soll in zwei Schnitten mit einer Schnittgeschwindigkeit v_c = 140 m/min und einem Vorschub f = 0,8 mm ausgedreht werden. An- und Überlauf betragen je 1 mm. Berechnen Sie die Hauptnutzungszeit (Drehzahl-Bereich ... 315 – 450 – 630 ... 1/min).

4. Ein Deckel aus EN-GJL-200 mit einem Durchmesser von 260 mm soll in einem Schnitt mit 2 mm Vorschub und einer Drehfrequenz von 170 1/min geplant werden (l_a = 1 mm). Berechnen Sie die Hauptnutzungszeit.

5. Die Stirnfläche eines 96 mm dicken Zapfens soll in 0,24 min bei einem Vorschub von 0,8 mm in 2 Schnitten überdreht werden (l_a = 1 mm). Berechnen Sie die Drehfrequenz der Arbeitsspindel.

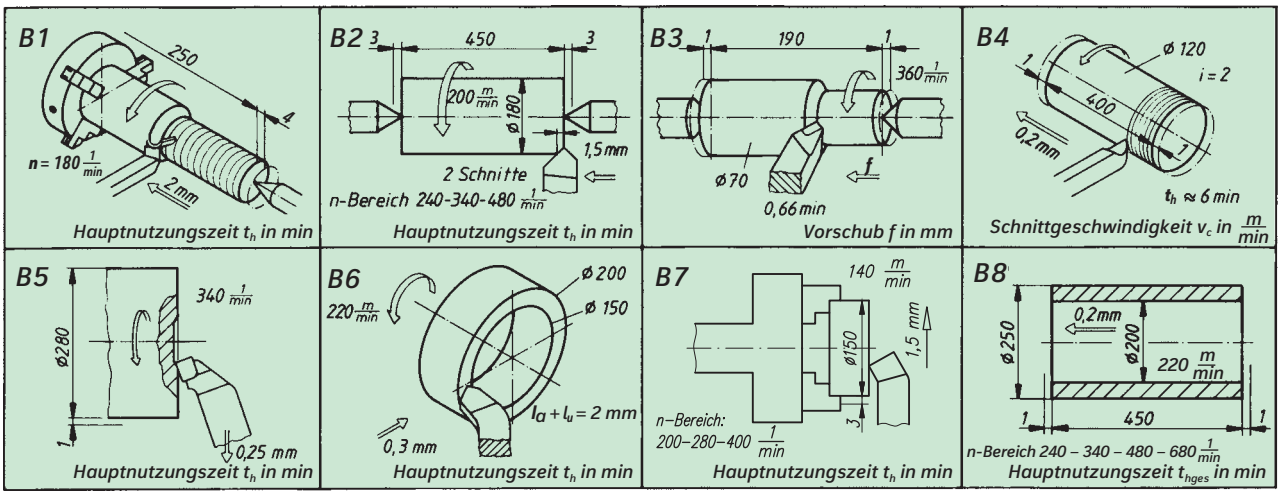
6. In welcher Zeit kann die Stirnfläche eines Hohlzylinders (d = 160 mm und d_1 = 48 mm) überdreht werden? Die Drehzahl beträgt 180 1/min, der Vorschub 0,4 mm und An- und Überlauf je 1 mm.

7. Ein Ring aus S235JR hat die Durchmesser d = 180 mm und d_1 = 124 mm. Er soll mit v_c = 300 m/min und f = 0,15 mm, $l_a = l_u$ = 1 mm bearbeitet werden. Berechnen Sie die Hauptnutzungszeit, wenn:
   a) die Drehfrequenz n = konstant ist (n-Bereich ... 350 – 500 – 700 ... 1/min),
   b) die Schnittgeschwindigkeit v_c = konstant ist (stufenlos regelbare Drehzahl).
   Nachfolgende Seite beachten.

8. Welche Hauptnutzungszeit ist erforderlich, um 18 Buchsen einmal allseitig zu schlichten?
   Werkstückmaße: l = 298 mm, d = 200 mm, d_1 = 160 mm
   Schnittdaten: v_c = 200 m/min, f = 0,25 mm, $l_a = l_u$ = 1mm (Drehzahl-Bereich ... 320 – 400 – 500 – 630 – 800 ... 1/min).

▶ **Wissen – Erkennen – Werten**

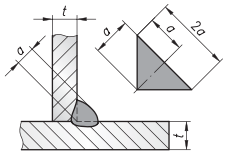
a) Aus welchen Teillängen setzt sich der Vorschubweg zusammen?
b) Welche Werte sind zum Einstellen der Drehfrequenz erforderlich?
c) Warum ist beim Ablesen eines Drehfrequenz-Schaubilds die nächstkleinere Drehzahl zu wählen?
d) Wie verändert sich v_c beim Querplandrehen, wenn die Drehfrequenz konstant bleibt?
e) Erklären Sie für die Hartmetalle P20, M20 und K20 die Bezeichnungen und ihre Einsatzgebiete.
f) Nach welchen Kriterien wird ein Drehmeißel eingespannt?
g) Welche Unfallverhütungsmaßnahmen müssen beim Drehen beachtet werden?



a Schweißnahtdicke in mm
b Nahtspaltbreite in mm
t Werkstückdicke in mm
α Schweißnahtwinkel in °
L Schweißnahtlänge in mm
A Schweißnahtquerschnitt in mm²
V Schweißnahtvolumen in mm³
m Schweißnahtmasse in g
V_E Schweißelektrodenvolumen in mm³
ϱ Dichte des Elektrodenkerndrahts in g/ cm³
m_E Elektrodenabschmelzmasse in g
x Zuschlagsfaktor für Nahtüberhöhung
k_E Ausbringungsfaktor
l_E nutzbare Länge der Elektrode in mm
l Elektrodenstablänge in mm
d_E Elektrodenkerndurchmesser in mm
A_E Elektrodenkernquerschnitt in mm²
i_E Elektrodenanzahl

1. Nahtquerschnitte

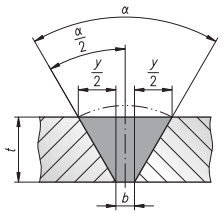
Kehlnaht



bei 90° Winkeln: $A = \frac{2a \cdot a}{2} = a^2$

bei beliebigen Winkeln: $A = a^2 \cdot \tan\frac{\alpha}{2}$

V-Naht



$y = \tan\frac{\alpha}{2} \cdot t \cdot 2$

$A = t^2 \cdot \tan\frac{\alpha}{2} + b \cdot t$ (α = beliebig, oft 60°)

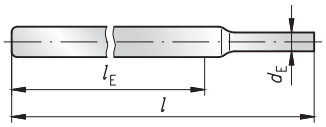
2. Nahtvolumen

a) Schweißnahtvolumen

$V = A \cdot L \cdot (1 + x)$

b) Elektrodenvolumen

$V_E = A_E \cdot l_E \cdot k_E \qquad A_E = d_E^2 \cdot \frac{\pi}{4}$



Effektive Ausbringung

Bei Standardelektroden beträgt die Ausbringung etwa 90–95 %. Durch zusätzliches Metallpulver in der Umhüllung kann sie auf über 100 % gesteigert werden.

$$k_E = \frac{\text{Masse des aufgebrachten Schweißguts}}{\text{Masse des abgeschmolzenen Kernstabs}} \cdot 100\,\% = \frac{m}{m_E} \cdot 100\,\%$$

c) Volumenvergleich

Die Fugenform der Naht muss mit einem Zusatzdraht aufgefüllt werden.

Schweißnahtvolumen	=	Schweißelektrodenvolumen
V	=	$i_E \cdot V_E$
$A \cdot L \cdot (1 + x)$	=	$i_E \cdot A_E \cdot l_E \cdot k_E$
nutzbare Elektrodenlänge	=	Stablänge minus Stummellänge
l_E	=	l – (30 bis 50 mm)
Schweißnahtmasse	=	Schweißelektrodenmasse
m	=	$i_E \cdot m_E$
$A \cdot L \cdot \varrho \cdot (1 + x)$	=	$i_E \cdot d_E^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l_E \cdot \varrho \cdot k_E$

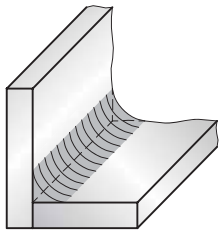
3. Nahtmassen

4. Elektrodenverbrauch

Die Anzahl der zu verbrauchenden Stabelektroden kann entweder mithilfe des Volumens der Schweißnaht geteilt durch das nutzbare Volumen einer einzelnen Elektrode oder mithilfe der Masse der Schweißnaht geteilt durch die nutzbare Masse einer Elektrode berechnet werden.

$$i_E = \frac{V}{V_E} = \frac{m}{m_E}$$

5. Beispiel



Zwei Flachstähle von 1 m Länge werden durch eine Kehlnaht von 3,5 mm Nahtdicke verschweißt. Die verschweißte Länge der Stabelektrode ø 3,25 × 350 beträgt 290 mm. Wie viel Elektroden werden benötigt?

Gesucht i_E | **Gegeben** $L = 1\,000$ mm; $a = 3{,}5$ mm; $d_E = 3{,}25$ mm; $l_E = 290$ mm | **Vorüberlegung** Nahtvolumen = Drahtzusatzvolumen

Lösung $A \cdot L = A_1 \cdot l_E \cdot i$

$$i_E = \frac{A \cdot L}{A_1 \cdot l_E} = \frac{3{,}5^2\ \text{mm}^2 \cdot 1\,000\ \text{mm}}{3{,}25^2\ \text{mm}^2 \cdot 290\ \text{mm}} \approx 6 \text{ Elektroden}$$

$\bar{x}$	arithmetischer Mittelwert	s	Standardabweichung
$\bar{\bar{x}}$	Mittelwert der Stichprobenmittelwerte	$\bar{s}$	Mittelwert der Standardabweichungen
A_2, ... D_4	Faktoren zur Berechnung der Eingriffsgrenzen	R	Spannweite
		$\bar{R}$	mittlere Spannweite
OEG	obere Eingriffsgrenze	OWG	obere Warngrenze
UEG	untere Eingriffsgrenze	UWG	untere Warngrenze
m	Anzahl der Stichproben	ES, EI, es, ei	obere bzw. untere Abmaße
n	Stichprobenumfang	T	Toleranz

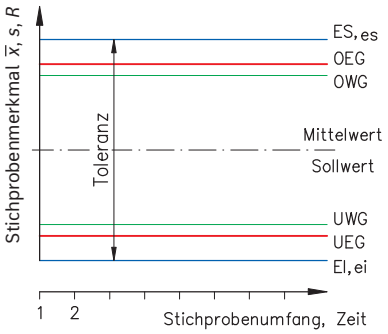
Qualitätsregelkarte (QRK) Shewhart-Qualitätsregelkarte

Zweck der Qualitätsregelkarte ist:
- die ständige Prozessüberwachung,
- den aktuellen Stand der Fertigung durch regelmäßige Stichproben aufzuzeigen,
- die Streuungsursachen zur Fertigungsänderung bei Fehlern zu erkennen,
- die Notwendigkeit des Eingreifens in den Fertigungsprozesses zwecks Qualitätsverbesserung zu erkennen,
- die Dokumentation der Fertigung.

Die Messwertverteilung kann sich während der Fertigung hinsichtlich der Lage und der Streuung verändern. Die Lage des Mittelwerts $\bar{\bar{x}}$ kann sich verschieben. Verändert sich die Streuung, so wird die Spannweite R oder die Standardabweichung s größer bzw. kleiner.

Um beide Trends aufzuzeigen, wird der Mittelwertverlauf auf einer $\bar{x}$-R-Karte (Mittelwert-Spannweiten-Karte) oder auf einer $\bar{x}$-s-Karte (Mittelwert-Standardabweichungs-Karte) dargestellt.

1. Mittelwertverlauf



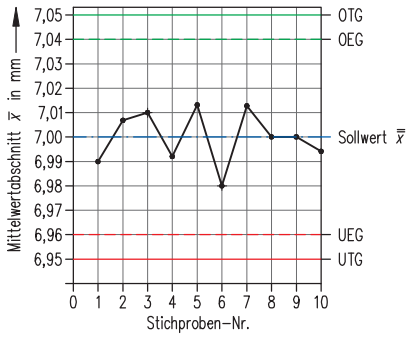
Schema Qualitätsregelkarte

Erstellung einer Qualitätsregelkarte

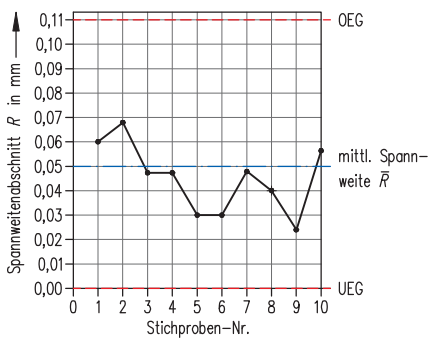
1. In regelmäßigen Zeitabständen Stichproben entnehmen,
2. Stichproben auswerten,
3. Mittelwert und Streuung ermitteln,
4. Prozessfähigkeit $c_p \geq 1{,}33$ feststellen und $\bar{x}$ sowie s ermitteln,
5. Mittellinie (Sollwert) festlegen, z. B. durch Vorgabemaß, Nennmaß, Mittelwert usw.
6. obere und untere Eingriffsgrenzen mit den entsprechenden Faktoren aus der Tabelle am Ende des Kapitels berechnen.

2. $\bar{x}$ -R-Karte

$\bar{x}$-Karte



R-Karte



Datum:	01.08.									
Zeit:	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Berechnungen zur Darstellung einer Mittelwert-Spannweiten-Karte

Mittelwert für $\bar{x}$-Karte

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \ldots + \bar{x}_m}{m}$$

Eingriffsgrenze für x-Karte (Mittelwert)

$\text{OEG}_x = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R}$ obere Eingriffsgrenze für die Mittelwerte

$\text{UEG}_x = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}$ untere Eingriffsgrenze für die Mittelwerte

Spannweite für R-Karte

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_m}{m}$$

Eingriffsgrenze für R-Karte (Spannweiten)

$\text{OEG}_R = D_4 \cdot \bar{R}$ obere Eingriffsgrenze für die Spannweiten

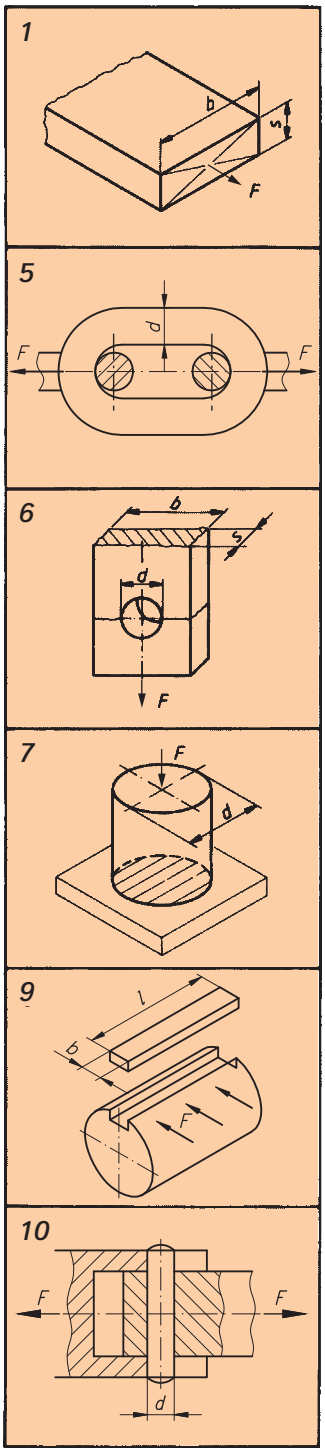
$\text{UEG}_R = D_3 \cdot \bar{R}$ untere Eingriffsgrenze für die Spannweiten

OEG bis UEG entspricht etwa 99,7 % der Messwerte ($x \pm 3\hat{\sigma}$).

OWG bis UWG entspricht etwa 95,5 % der Messwerte ($x \pm 2\hat{\sigma}$).

Anmerkung

Faktoren A_2, D_3, D_4 : siehe Seite 132



Berechnen Sie die fehlenden Werte:

1. Aufgabe	a	b	c
Querschnitt in mm²	240	64	?
Zugspannung in N/mm²	65	?	90
Zugkraft in N	?	5 120	8 640

2. Aufgabe	a	b
S_0 in cm²	4,8	16
σ_d in N/mm²	100	?
F in kN	?	192

3. Ein Flachstahl 50 × t mit R_e = 250 N/mm² wird bei 2-facher Sicherheit mit 50 kN auf Zug beansprucht. Berechnen Sie die Dicke.

4. Für S235JR mit R_e = 225 N/mm² wird die zul. Zugspannung mit 140 N/mm² angegeben. Wie groß ist die Sicherheitszahl?

5. Eine Kette aus S275JR darf bei 3-facher Sicherheit mit 19 000 N belastet werden. Wie groß ist der Kettendurchmesser?

6. Eine Lasche aus Flachstahl von 55 × 8 mm wird durch eine Bohrung d = 18 mm geschwächt. Die Belastung beträgt 40,4 kN. Wie groß ist die Zugspannung im geschwächten Querschnitt?

7. Eine runde Deckenstütze wird mit 425 kN belastet. Die zul. Druckspannung beträgt 8,5 N/mm². Wie groß ist der erforderliche Säulendurchmesser?

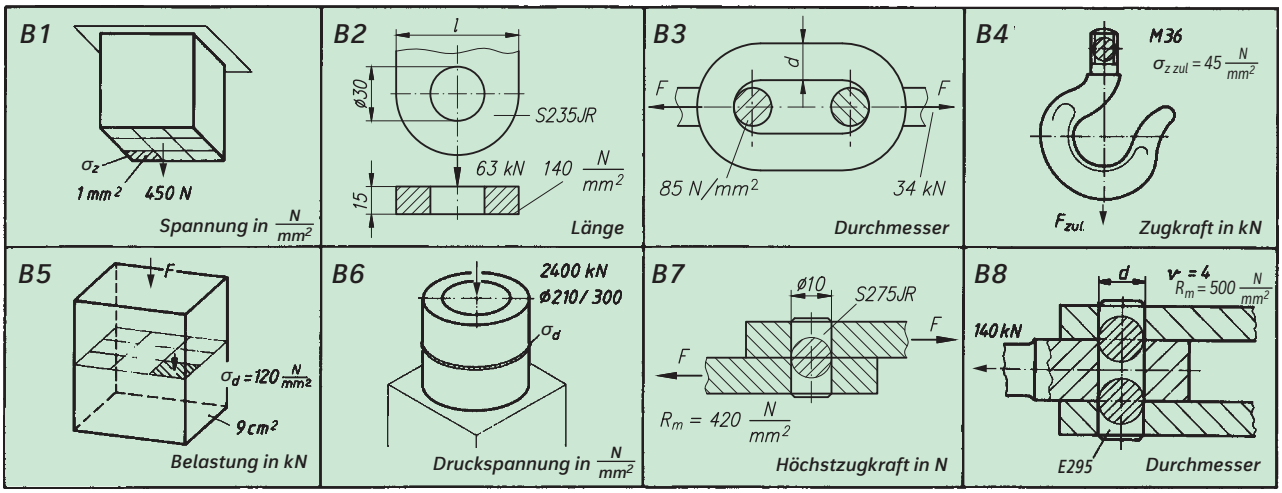
8. Eine Hohlsäule mit den Durchmessern 240 mm und 300 mm wird mit 2 600 kN belastet. Wie groß ist die Druckspannung in N/mm²?

9. Eine Umfangskraft von 35 000 N soll durch eine Passfeder von 10 mm Breite übertragen werden. Die zul. Scherspannung beträgt 110 N/mm². Welche Länge hat die Passfeder?

10. Der Abscherstift einer Gestängeverbindung soll bei 4520 N Längskraft ansprechen. Wie groß muss der Stiftdurchmesser sein bei einer Scherfestigkeit von 45 N/mm²?

▶ Wissen – Erkennen – Werten

a) Was versteht man unter der Festigkeit eines Werkstoffs?
b) Unterscheiden Sie Zugfestigkeit, Streckgrenze und zulässige Spannung.
c) Weshalb ist die Streckgrenze wichtiger als die Zugfestigkeit?
d) Nach welchen Kriterien wird die zulässige Spannung festgelegt?
e) Nennen Sie die Bedeutung der Sicherheitszahl für die Praxis.
f) Nennen und beschreiben Sie die verschiedenen Belastungsfälle.
g) Welche Größen müssen für die Berechnungen eines Teils bekannt sein?
h) Was versteht man unter dem gefährdeten Querschnitt eines Bauteils?

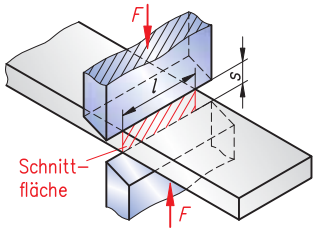


F Scherkraft in N
S Scherfläche in mm²
s Werkstückdicke in mm
l Schnittlänge in mm

R_e Streckgrenze in N/mm²
R_m Zugfestigkeit in N/mm²
$R_{m\,max}$ max.Zugfestigkeit in N/mm²

τ_a Scherspannung in N/mm²
τ_{aB} Scherfestigkeit in N/mm²
$\tau_{aB\,max}$ max. Scherfestigkeit in N/mm²

1. Abschneiden

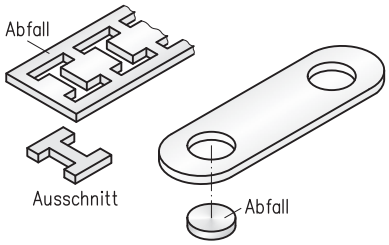


Beim Abschneiden werden Werkstücke durch Scherschneiden zerteilt. Dabei bewegen sich zwei Schneiden aneinander vorbei, bis die Werkstücke vollständig durchtrennt sind.

Scherfläche = Schnittlänge × Werkstückdicke

$$S = l \cdot s$$

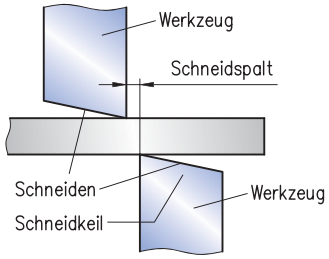
2. Ausschneiden – Lochen



Ausschneiden
Herstellen einer Außenform am Werkstück.
Die Schnittplatte erhält das Sollmaß.

Lochen
Herstellen einer Innenform am Werkstück. Die herausgeschnittenen Innenteile sind Abfall. Der Lochstempel erhält das Sollmaß.

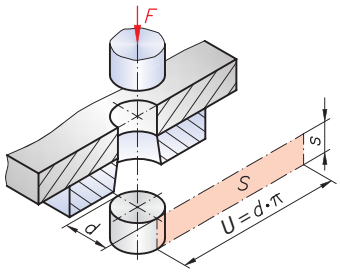
3. Scherfestigkeit



Die Scherfestigkeit gibt an, welche Kraft erforderlich ist, um ein Werkstück mit einer bestimmten Querschnittsfläche abzuscheren. Die maximale Scherfestigkeit $\tau_{aB\,max}$ wird bei verformbaren Stählen mithilfe von Ersatzwerten und der maximalen Zugfestigkeit $R_{m\,max}$ bestimmt.

hochfeste Stähle	$\tau_{aB} \approx 0{,}6 \cdot R_m$
Baustähle	$\tau_{aB} \approx 0{,}8 \cdot R_m$
niedrigfeste Stähle	$\tau_{aB} \approx 0{,}9 \cdot R_m$

4. Scherkraft



Scherkraft = Scherfläche × Scherfestigkeit

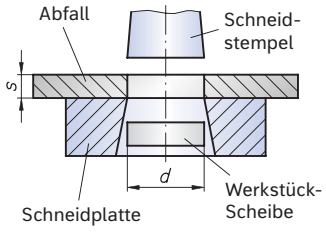
$$F = S \cdot \tau_{aB}$$

Hinweis
Der Werkstoff soll getrennt werden ⇒ schneiden mit τ_{aB}
Der Werkstoff soll nicht getrennt werden ⇒ Maschinenelemente $\tau_{a\,zul}$

5. Zusammenfassung

Scherfläche = Schnittlänge × Blechdicke $S = l \cdot s$
Scherkraft = Scherfläche × Scherfestigkeit $F = S \cdot \tau_{aB}$

6. Beispiel



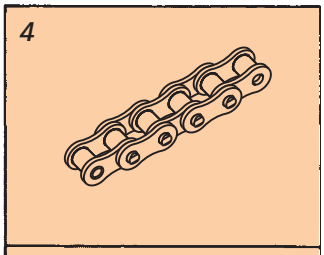
Aus 3 mm dickem Stahlblech S185 (R_m = 330 N/mm²) soll eine Scheibe mit dem Durchmesser d = 25 mm ausgeschnitten werden. Berechnen Sie die erforderliche Scherkraft.

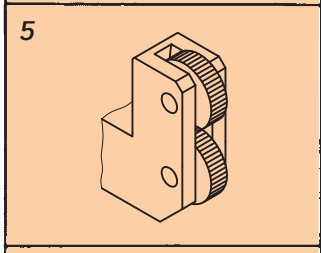
Gesucht F in N

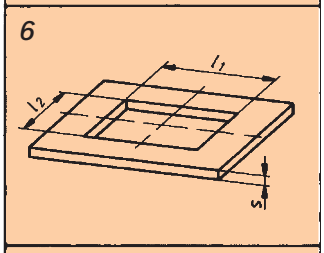
Vorüberlegung
Scherkraft = Scherfläche × Scherfestigkeit

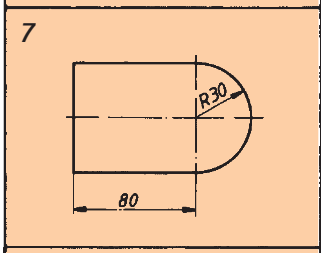
Gegeben $s = 3$ mm
$\tau_{aB} = 0{,}8 \cdot 330 \frac{N}{mm^2}$

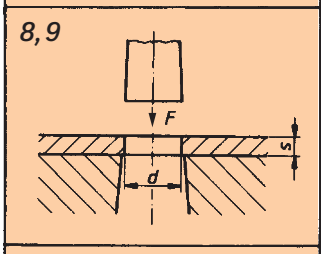
Lösung
$F = S \cdot \tau_{aB}$
$S = d \cdot \pi \cdot s = 25\ mm \cdot 3{,}14 \cdot 3\ mm = 235{,}6\ mm^2$
$F = 235{,}6\ mm^2 \cdot 0{,}8 \cdot 330 \frac{N}{mm^2} \approx \underline{62\,200\ N}$

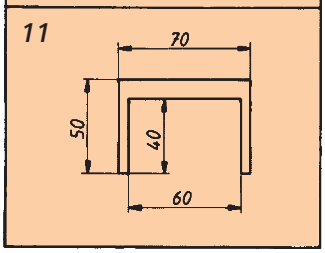












Die fehlenden Werte sind zu berechnen:

1. Aufgabe	a	b	c
Scherfläche in mm^2	72	25	?
Scherfestigkeit in N/mm^2	264	?	296
Scherkraft in N	?	6800	4144

2. Aufgabe	a	b
S in cm^2	1,6	6,4
τ_a in N/mm^2	336	?
F in kN	?	256

3. Berechnen Sie die Scherfestigkeit folgender Baustähle: a) S185, b) S235, c) S275JR, d) E295 (kleinste Zugfestigkeit nach Tabellenbuch wählen)

4. Die Bolzen (τ_{aB} = 330 N/mm^2) einer Fahrradkette werden auf Scherung beansprucht. Der Durchmesser des Kettenbolzens beträgt 3,5 mm. Mit welcher Zugkraft kann die Kette maximal belastet werden?

5. Ein Rändelwerkzeug, bestehend aus zwei Rändelrädern, wird mit einer Kraft von 50 kN in das Werkstück hineingepresst. Die Lagerung der Rändelräder erfolgt durch Bolzen aus C45. Welchen Durchmesser müssen die Bolzen mindestens haben?

6. Eine 5 mm dicke Platte aus S275JR soll einen Durchbruch mit dem Querschnitt 15 × 35 mm erhalten. Welche Scherkraft ist erforderlich (größte Zugfestigkeit wählen)?

7. Bis zu welcher Blechdicke (S235JR) kann eine Maschine mit 380 kN Scherkraft ein Formblech nach Skizze abscheren (größte Zugfestigkeit wählen)?

8. Ein Lochstempel hat 16 mm Durchmesser. Welche Scherkraft ist für ein 4 mm dickes Blech aus S235JR erforderlich (größte Zugfestigkeit wählen)?

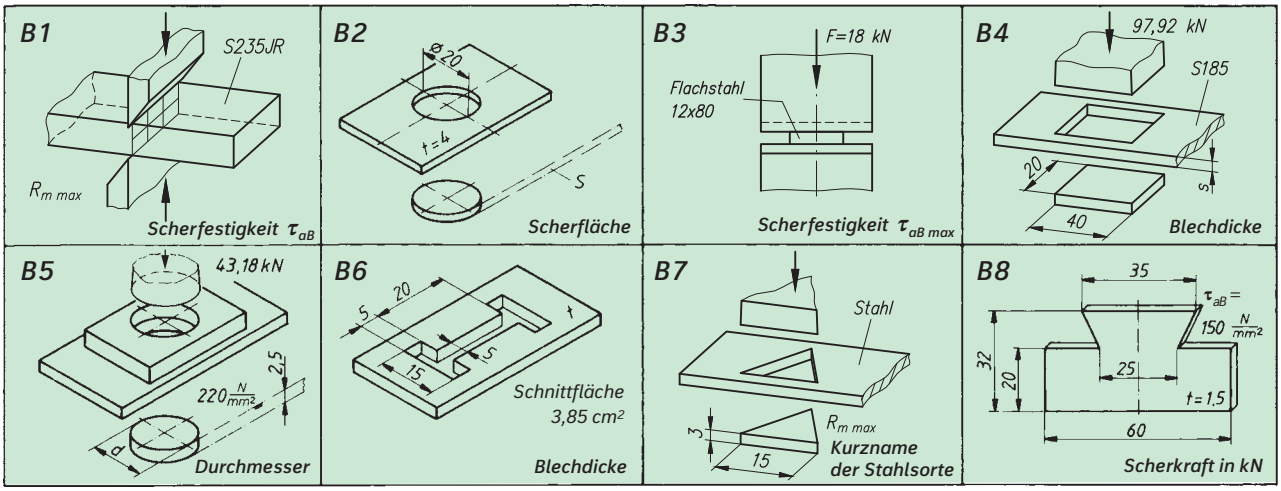
9. Berechnen Sie den größten Stempeldurchmesser einer 60-kN-Stanze, die 3-mm-Blech mit dem Kurzzeichen S185 lochen soll (größte Zugfestigkeit wählen).

10. Ein rechteckiger Lochstempel von 12 × 18 mm Querschnitt arbeitet mit 68 kN Scherkraft. Errechnen Sie die Materialdicke, wenn die Stahlsorte mit S185 angegeben wird (größte Zugfestigkeit wählen).

11. Bis zu welcher Blechdicke kann eine 300-kN-Stanze ein Blech aus S275JR nach Skizze ausstanzen (größte Zugfestigkeit wählen)?

▶ Wissen – Erkennen – Werten

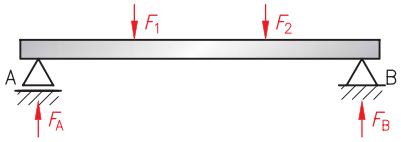
a) Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Scherumfang und Scherfläche.
b) Was versteht man unter der Scherfestigkeit eines Werkstoffes?
c) Welcher Zusammenhang besteht zwischen Scher- und Zugfestigkeit?
d) Begründen Sie, wann mit τ_{aB} und wann mit $\tau_{a\,zul}$ gerechnet wird.
e) Erklären Sie den Unterschied zwischen Schneiden und Lochen.
f) Nennen Sie Maschinenteile, die auf Abscherung beansprucht werden.
g) Unterscheiden Sie zwischen trennendem und ziehendem Schnitt.
h) Nennen Sie Unfallverhütungsvorschriften für das Scheren.



F_1, F_2	...	Kräfte in N	F_A, F_B		Auflagerkräfte in N, kN
l_1, l_2	...	wirksame Hebellänge in mm, m	M		Drehmoment, Kraftmoment in Nm

Hinweis
Die wirksame Hebellänge ist der senkrechte Abstand von der Wirkungslinie der Kraft bis zum Drehpunkt.

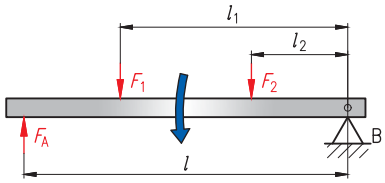
1. Gleichgewicht



Die Kräfte F_1, F_2 ... rufen Gegenkräfte hervor. Die Gegenkräfte F_A und F_B werden im Auflager durch angenommene Richtungspfeile dargestellt.

Hinweis
Als Kräfte im Auflager werden hier nur Normalkräfte, die senkrecht zur Gleitfläche gerichtet sind, berücksichtigt.

2. Lagerreaktion *A*



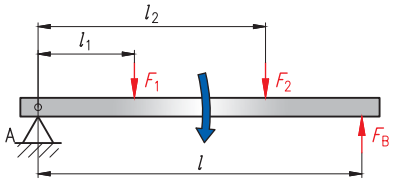
Das Auflager *B* wird als Drehpunkt gewählt. Nach dem Hebelgesetz ist die Auflagerkraft F_A zu ermitteln:

$$\Sigma \overset{\curvearrowright}{M} = \Sigma \overset{\curvearrowleft}{M}$$

$$F_A \cdot l = F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2$$

$$F_A = \frac{F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2}{l}$$

3. Lagerreaktion *B*



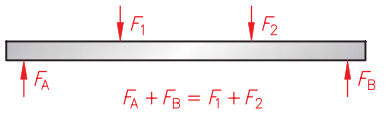
Das Auflager *A* wird nun als Drehpunkt gewählt und F_B ermittelt:

$$\Sigma \overset{\curvearrowleft}{M} = \Sigma \overset{\curvearrowright}{M}$$

$$F_B \cdot l = F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 \Rightarrow F_B = \frac{F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2}{l}$$

Hinweis
Achten Sie auf die wirksame Hebellänge.

4. Kontrolle



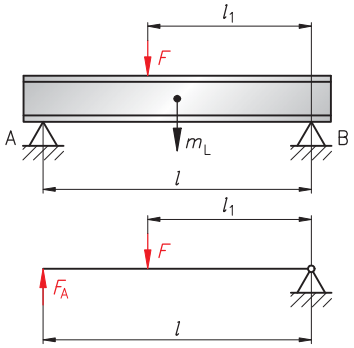
Gleichgewichtsbedingung:
Die Summe aller Kräfte ist gleich Null.

Hinweis
Ein Minusvorzeichen bei der Auflagerkraft bedeutet:
Die angenommene Richtung der Kraft ist zu ändern.

5. Zusammenfassung

Die Lagerkräfte sind nach dem Hebelgesetz zu berechnen, indem *A* oder *B* als Drehpunkt gewählt wird.

6. Beispiel



Ein 3 m langer I-Träger wird in 2 m Entfernung vom Auflager B mit 6000 N belastet. Welche Auflagerkräfte werden wirksam?

Gesucht F_A und F_B

Gegeben
$F = 6000\ \text{N}$
$l = 3\ \text{m}$
$l_1 = 2\ \text{m}$

Vorüberlegung
Bei Wahl des Drehpunktes in A oder B kommt das Hebelgesetz zur Wirkung.

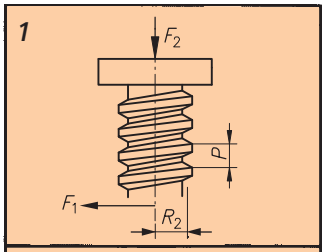
Lösung

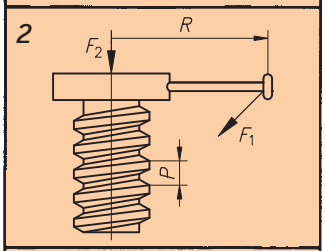
$$F_A \cdot l = F \cdot l_1$$

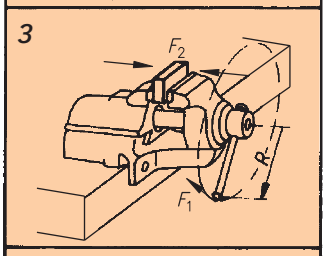
$$F_A = \frac{F \cdot l_1}{l} = \frac{6000\ \text{N} \cdot 2\ \text{m}}{3\ \text{m}} = \underline{4000\ \text{N}}$$

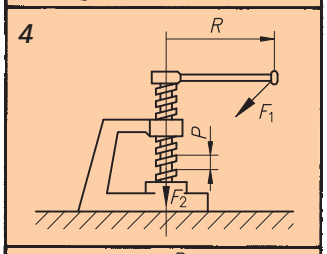
$$F_B = F - F_A = 6000\ \text{N} - 4000\ \text{N} = \underline{2000\ \text{N}}$$

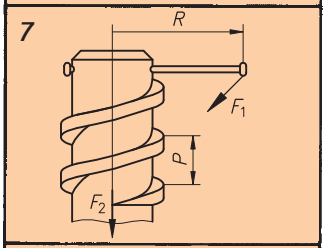
Beachte
Die Masse m_L des Trägers wird je zur Hälfte auf F_A und F_B aufgeteilt.

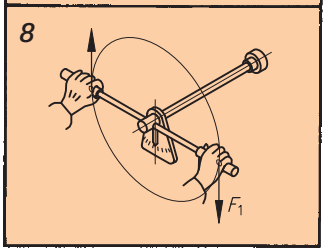












Aufgaben

Schraubenkräfte

1. Eine Trapezspindel Tr 48 × 8 wird mit 15000 N belastet. Berechnen Sie die Kraft am Flankendurchmesser.

2. Mit der gleichen Spindel Tr 52 × 8 (vgl. Nr. 1) sollen 1,51 Last mit einem Hebel von 30 cm Länge gehoben werden. Berechnen Sie die erforderliche Handkraft.

3. Die Spindel eines Parallelschraubstocks hat 8 mm Steigung. Sie wird durch einen 30 cm langen Hebelarm mit 180 N Handkraft angezogen. Ermitteln Sie die Presskraft der Backen.

4. Die Backen einer Schraubenwinde halten ein Werkstück mit 22 kN Presskraft. Die Handkraft für den 25 cm langen Hebel beträgt dabei 84 N. Wie groß ist die Spindelsteigung?

5. Durch den Hebelarm einer Bockwinde können mit 160 N Handkraft 4 400 kg Masse gehoben werden. Wie lang ist der Hebelarm bei einer Spindelsteigung von 8 mm zu fertigen?

6. Mit dem 480 mm langen Hebelarm einer Schraubenwinde kann bei 200 N Handkraft eine Last von 2 500 kg gehoben werden. Der Wirkungsgrad beträgt 0,5. Ermitteln Sie die Gewindesteigung.

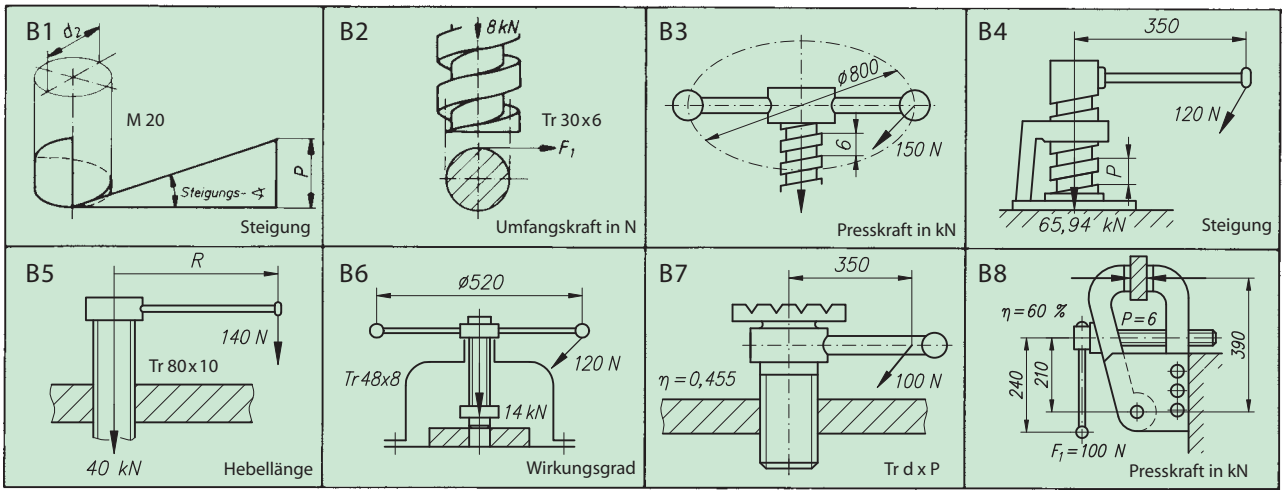
7. Der Hebelarm einer Prägepresse von 200 mm Länge wird mit 160 N Handkraft betätigt. Hierbei erzeugt die Spindelsteigung von 8 mm eine Presskraft von 12 kN. Mit welchem Wirkungsgrad arbeitet die Anlage?

8. Eine Schraube M 10 wird mit einem Drehmomentschlüssel angezogen. Wie groß ist die Zugkraft an der Schraube, wenn ein Kraftmoment von 3 Nm wirksam wird?

9. Welchen Durchmesser muss das Handrad einer Presse mit der Spindel Tr 48 × 8 aufweisen, damit es im Kräfteverhältnis 1 : 314 wirksam werden kann?

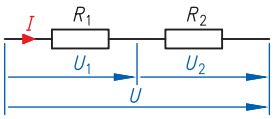
▶ Wissen – Erkennen – Werten

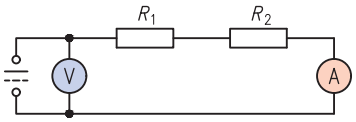
a) Wird mithilfe der Schraube die Hubarbeit leichter?
b) Zeigen Sie die Vorteile für Gewinde mit kleiner Steigung auf.
c) Erläutern Sie, wie Steigung und Anzugskraft zusammenhängen.
d) Unterscheiden Sie Gewindeformen von Bewegungsgewinden.
e) Warum eignen sich Trapezgewinde besonders als Bewegungsgewinde?
f) Welche Größen beeinflussen die Spannkraft eines Schraubstocks?
g) Nennen Sie die Folgen, wenn der Hebelarm der Kraft verlängert wird.
h) Erläutern Sie die Vorteile eines Drehmomentschlüssels.
i) Nennen Sie Unfallverhütungsvorschriften für Schraubenschlüssel.



$U_{1,2,3}$ ... Spannung in V
$R_{1,2,3}$ ... Widerstand in Ω
$I_{1,2,3}$ ... Stromstärke in A

1. Reihenschaltung





Der gleiche Strom I fließt durch alle „Reihenverbraucher".

Folgerung $I = I_1 = I_2 = \text{konstant}$

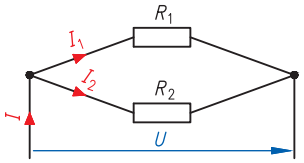
Jeder „Reihenverbraucher" benötigt eine Teilspannung.

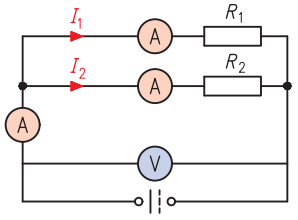
Folgerung $U = U_1 + U_2 + \ldots$

Der Gesamtwiderstand einer Reihenschaltung ist gleich der Summe aller Teilwiderstände.

Folgerung $R = R_1 + R_2 + \ldots$

2. Parallelschaltung





Die gleiche Spannung U liegt an allen „Parallelverbrauchern" an.

Folgerung $U = U_1 = U_2 = \text{konstant}$

Jeder „Parallelverbraucher" benötigt einen Teilstrom.

Folgerung $I = I_1 + I_2 + \ldots$

Der Gesamtwiderstand einer Parallelschaltung wird stets kleiner als der kleinste Einzelwiderstand.

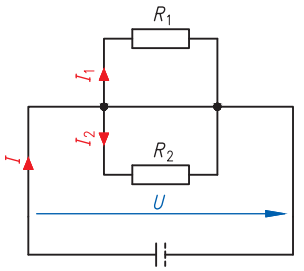
$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \cdots$$

Folgerung $$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots$$

3. Zusammenfassung

	Reihenschaltung	*Parallelschaltung*
	$I = \text{konstant}$	$U = \text{konstant}$
	$U = U_1 + U_2 + \ldots$	$I = I_1 + I_2 + \ldots$
	$R = R_1 + R_2 + \ldots$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots$

4. Beispiel



Berechnen Sie den Gesamtwiderstand einer Parallelschaltung mit zwei Widerständen von 4 und 6 Ω.

Gesucht R

Gegeben $R_1 = 4\ \Omega$
$R_2 = 6\ \Omega$

Vorüberlegung
R wird kleiner als R_{min}

Lösung

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots$$

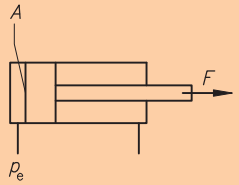
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{6}{24} + \frac{4}{24}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{10}{24}$$ (dies ist noch der Kehrwert.)

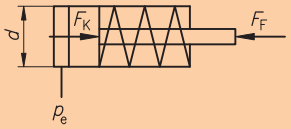
$$R = \underline{2{,}4\ \Omega}$$

Beachte
Für zwei parallelgeschaltete Widerstände gilt $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

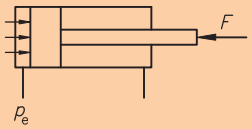
1 a-c



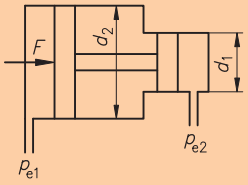
3



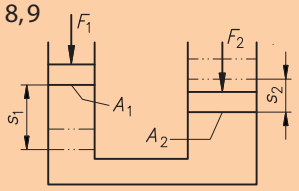
5



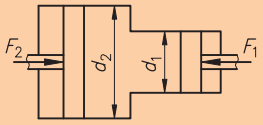
6,7



8,9



10



1. Berechnen Sie die fehlenden Werte:

Aufgabe	a	b	c
Kolben-Ø in mm	25	35	?
Druck in bar	30	?	50
Wirkungsgrad	0,8	0,9	0,85
Kraft in kN	?	3,46	5,34

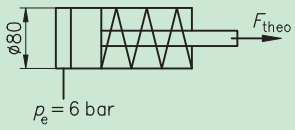
Aufgabe	d	e	f
Druckkolben A_1 in cm²	3,14	4,9	20
Arbeitskolben d_2 in mm	50	70	?
Kolbenweg s_1 in mm	15	?	60
Kolbenweg s_2 in mm	?	10	4

2. Auf den Kolben einer Presse wirken 8 bar, die bei einem Wirkungsgrad von 0,9 eine Kraft von 1,4 kN erzeugen. Welchen Durchmesser hat der Kolben?
3. Mithilfe eines einfach wirkenden Zylinders d = 80 mm und einem Wirkungsgrad von 80 % soll eine Kraft von 11,8 kN erzeugt werden. Die Federkraft beträgt 200 N. Welcher Druck in bar ist erforderlich?
4. Eine Abziehpresse arbeitet bei 40 bar mit einer theoretischen Presskraft von 20 kN. Die Reibungsverluste betragen 10 %. Bestimmen Sie den Kolbendurchmesser.
5. Ein doppelt wirkender Zylinder hat folgende Abmessungen: Kolbendurchmesser 100 mm, Kolbenstangendurchmesser 60 mm, Druck p_e = 30 bar, Wirkungsgrad 0,84. Ermitteln Sie die Ein- und Ausfahrkräfte in kN.
6. Auf den 80 mm Kolbendurchmesser eines Drucküber setzers wirkt ein Druck p_e = 6 bar. Berechnen Sie den Druck an dem Kolbendurchmesser d = 25 mm.
7. Mithilfe eines Drucküber setzers soll der pneumatische Druck von p_{e1} = 6 bar und einer Kolbenfläche von 314 cm² in einen hydraulischen Druck p_{e2} umgewandelt werden, wenn dessen Kolbendurchmesser 10 mm beträgt. Wie groß wird der Öldruck p_{e2}?
8. Der Druckkolben d_1 = 25 mm einer hydraulischen Presse wird mit einer Kraft von 1,5 kN beaufschlagt. Welche Kraft wird am Arbeitskolben d_2 = 200 mm wirksam?
9. Das hydraulische Übersetzungsverhältnis i beträgt 1 : 5. Wie groß ist der Weg des Druckkolbens, wenn der Lastkolben um 18 mm angehoben wird?
10. Die hydraulische Übersetzung einer Presse beträgt 1 : 25. Der Lastkolben hat einen Durchmesser von 160 mm. Die Kraft am Druckkolben beträgt 2 kN. Bestimmen Sie den Überdruck in bar und den Durchmesser des Lastkolbens.

▶ Wissen – Erkennen – Werten

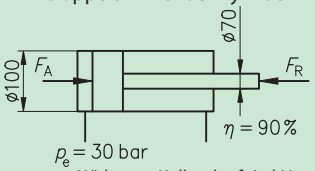
a) Welche Bauelemente gehören zu einer einfachen Hydraulikanlage?
b) Nennen Sie Bauelemente zur Steuerung der hydraulischen Energie.
c) Welche Unterschiede bestehen zwischen einfach und doppelt wirkenden Zylindern?
d) Wie verhalten sich Kraft und Weg bei einer hydraulischen Presse?
e) Welcher Unterschied besteht zwischen Druckmittelwandler und Drucküber setzer?
f) Welche Anforderungen müssen Hydraulikflüssigkeiten erfüllen?
g) Welche Vor- und Nachteile haben hydraulische Anlagen?

B1 Einfach wirkender Zylinder



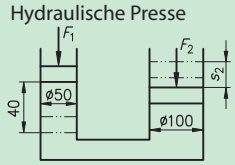
Theoretische Kolbenkraft in N

B2 Doppelt wirkender Zylinder



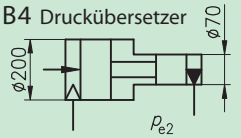
Wirksame Kolbenkraft in kN

B3 Hydraulische Presse



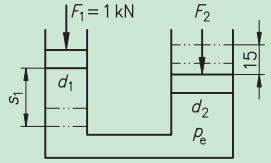
F_2, s_2, hydraulisches Übersetzungsverhältnis i

B4 Drucküber setzer



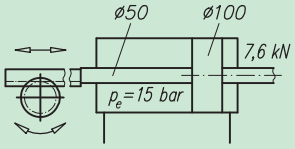
Flüssigkeitsdruck in bar

B5 Hydraulischer Heber



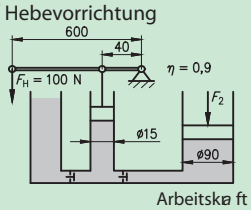
$d_1 : d_2 = 1 : 5$ Kraft, Weg Übersetzung

B6 Vorschubantrieb



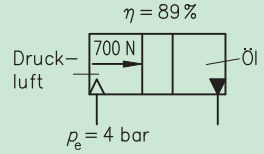
Wirkungsgrad

B7 Hebevorrichtung



Arbeitskolbenkraft F_2

B8 Druckmittelwandler



Kolbendurchmesser