



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

# **Lösungsheft Technische Mathematik für Metallbauberufe**

**Gültig ab 7. Auflage**

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

**Europa-Nr.: 11818**

*Autoren:*

Bulling, Gerhard	Studiendirektor	München
Heringer, Stefanie	Fachlehrerin	Schechen
Dillinger, Josef	Studiendirektor	München
Weingartner, Alfred	Studiendirektor i. R.	München

*Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:*

Alfred Weingartner, München

*Bildbearbeitung:*

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

*Hinweise:*

1. Die Bezeichnung der Lösungen erfolgt jeweils durch eine Zahlengruppe, gebildet aus der Seitennummer der betreffenden Aufgabe im Lehr- und Übungsbuch **Technische Mathematik für Metallbauberufe** und aus der Aufgabennummer.  
So bedeutet z. B. **12/3**: Technische Mathematik für Metallbauberufe, Seite 12, Aufgabe 3.
2. Bei der Beurteilung von Aufgaben, in denen der Wert  $\pi$  vorkommt, ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse mit dem Taschenrechner errechnet wurden. Dabei wurde für  $\pi$  der Wert 3,1415927 benutzt.  
Die Ergebnisse der Aufgaben wurden sinnvoll auf- bzw. abgerundet.  
Bei Arbeitszeitberechnungen wurden die errechneten Endwerte grundsätzlich auf volle Minuten aufgerundet.

ab 7. Auflage 2016

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-1249-4

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

© 2016 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Ertstadt  
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald  
Umschlagfoto: Eislaufhalle im Olympiapark München

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Berechnungen zu typischen Kundenaufträgen</b> .....	<b>5</b>	<b>2.5</b>	<b>Kräfte an Bauelementen</b> .....	<b>56</b>
1.1	Schlüsselanhänger .....	5	2.5.4	Reibungskräfte .....	61
1.2	Standuhr .....	6	2.5.5	Seilkräfte bei Lastaufnahme- einrichtungen .....	62
1.3	Dosenquetscher .....	8	<b>2.6</b>	<b>Einfache Maschinen</b> .....	<b>63</b>
1.4	Leuchte .....	9	2.6.1	Hebel und Drehmoment .....	63
1.5	CD-Ständer .....	11	2.6.2	Hebelgesetz .....	63
1.6	Blechtopf .....	13	2.6.3	Auflagerkräfte .....	64
1.7	Meißel .....	14	2.6.4	Mechanische Arbeit und Energie .....	65
1.8	Parkbank .....	15	2.6.5	Die schiefe Ebene .....	66
1.9	Trockenstempel-Prägegerät .....	17	2.6.6	Der Keil als schiefe Ebene .....	67
1.10	Fenster .....	19	2.6.7	Die Schraube als schiefe Ebene .....	68
1.11	First-Oberlicht .....	22	2.6.8	Rollen und Flaschenzüge .....	68
1.12	Außentreppe .....	24	2.6.9	Mechanische Leistung und Wirkungs- grad .....	69
1.13	Rahmenbinder .....	27	<b>2.7</b>	<b>Elektrotechnik</b> .....	<b>70</b>
1.14	Torsteuerung .....	28	2.7.1	Ohmsches Gesetz .....	70
1.15	Geschmiedetes Gartentor .....	33	2.7.2	Leiterwiderstand .....	71
<b>2</b>	<b>Technisches Rechnen</b> .....	<b>35</b>	2.7.3	Reihenschaltung von Widerständen .....	72
2.1	<b>Längenberechnungen</b> .....	<b>35</b>	2.7.4	Parallelschaltung von Widerständen .....	72
2.1.1	Teilung von Längen .....	35	2.7.5	Elektrische Leistung .....	73
2.1.2	Kreisumfänge und Kreisteilungen .....	36	2.7.6	Elektrische Arbeit .....	74
2.1.3	Gestreckte und zusammengesetzte Längen .....	36	2.7.7	Transformator .....	75
2.1.4	Maßstäbe .....	38	<b>2.8</b>	<b>Hydraulik und Pneumatik</b> .....	<b>76</b>
2.1.5	Lehrsatz des Phythagoras .....	38	2.8.1	Druck, Druckeinheiten .....	76
2.1.6	Winkelfunktionen .....	40	2.8.2	Druck und Druckausbreitung von Gasen .....	76
2.1.7	Koordinatenmaße .....	42	2.8.3	Kolbenkräfte .....	77
2.2	<b>Flächenberechnungen</b> .....	<b>44</b>	2.8.4	Kraftübersetzung .....	79
2.2.1	Geradlinig begrenzte Flächen mit Anwendungsbeispielen .....	44	2.8.5	Kolbengeschwindigkeit .....	81
2.2.2	Kreisförmig begrenzte Flächen mit Anwendungsbeispielen .....	46	2.8.6	Strömungsgeschwindigkeit .....	81
2.2.3	Zusammengesetzte Flächen .....	47	2.8.7	Luftverbrauch pneumatischer Zylinder .....	82
2.2.4	Verschnitt .....	48	<b>2.9</b>	<b>Metallbaukonstruktionen</b> .....	<b>83</b>
2.3	<b>Körperberechnungen</b> .....	<b>49</b>	2.9.1	Teilungslängen bei Gittern und Bauelementen .....	83
2.3.1	Volumen und Oberfläche .....	49	2.9.2	Teilungslängen gekrümmter Strecken .....	84
2.3.2	Masse, Gewichtskraft .....	50	2.9.3	Oberflächen von Profilkonstruktionen .....	86
2.3.3	Berechnung der Masse mithilfe von Tabellen .....	50	2.9.4	Masse von Profilkonstruktionen .....	86
2.4	<b>Bewegungslehre</b> .....	<b>51</b>	2.9.5	Längenberechnungen bei Metallbau- konstruktionen .....	88
2.4.1	Geradlinige Bewegung .....	51	2.9.6	Zuschnittlängen von System- konstruktionen .....	90
2.4.2	Kreisförmige Bewegung .....	52	2.9.7	Rohmaße von Schmiede- und Pressstücken .....	91
2.4.3	Ungleichförmige Bewegung .....	54	2.9.8	Treppenberechnung .....	92
2.4.4	Mittlere Geschwindigkeit bei Kurbeltrieben .....	56	<b>2.10</b>	<b>Blechkonstruktionen, Apparatebau</b> .....	<b>94</b>
			2.10.1	Gekantete Bauteile .....	94
			2.10.2	Zugaben .....	95
			2.10.3	Abwicklungen .....	96
			<b>2.11</b>	<b>Maschinentechnik</b> .....	<b>98</b>
			2.11.1	Zahnradmaße .....	98
			2.11.2	Achsabstand bei Zahnradern .....	98
			2.11.3	Einfache Übersetzungen Flachriementrieb – Zahnradtrieb – Schneckenrieb – Zahnstangentrieb .....	99 ff.

2.11.4	Vorschubgeschwindigkeit . . . . .	101
2.11.5	Hauptnutzungszeit beim Bohren, Senken, Reiben . . . . .	102
<b>2.12</b>	<b>Schmelzschweißen</b> . . . . .	103
2.12.1	Nahtquerschnitt und Elektrodenbedarf beim Lichtbogenhandschweißen . . . . .	103
2.12.2	Schweißzeitberechnung beim Lichtbogenhandschweißen . . . . .	103
2.12.3	Verbrauch technischer Gase . . . . .	107
2.12.4	Schweißzeitberechnungen und Gas- verbrauch beim Schmelzschweißen . . . . .	107
<b>2.13</b>	<b>Wärmetechnik</b> . . . . .	109
2.13.1	Temperatur . . . . .	109
2.13.2	Wärmemenge . . . . .	109
2.13.3	Längen- und Volumenänderung . . . . .	111
2.13.4	Kohle- und Gasverbrauch beim Schmieden . . . . .	112
2.13.5	Wärmedurchgang an Bauelementen . . . . .	113
2.13.6	Wärmedämmung . . . . .	113
2.13.7	Vermeidung von Tauwasserbildung auf Oberflächen . . . . .	114
2.13.8	Wasserdampfdiffusion . . . . .	115
2.13.9	Nachweisverfahren des Wärme- durchganges . . . . .	115
<b>2.14</b>	<b>Festigkeitsberechnungen im Stahlbau</b> . . . . .	115
2.14.1	Beanspruchungen . . . . .	115
	Einwirkung auf Tragwerke: Schneelasten	116
	Beanspruchbarkeiten . . . . .	116
2.14.3	Sicherheitsnachweis . . . . .	117
2.14.4	Knickfestigkeit . . . . .	118
2.14.5	Festigkeit von Schweißverbindungen . . . . .	122
	Rechnerische Schweißnahtlängen . . . . .	124
2.14.6	Festigkeit von Schraubenverbindungen . . . . .	124
<b>2.15</b>	<b>Festigkeitsberechnungen im Maschinen- und Anlagenbau</b> . . . . .	126
2.15.1	Beanspruchung auf Zug . . . . .	126
2.15.2	Beanspruchung auf Druck . . . . .	127
2.15.3	Beanspruchung auf Flächenpressung . . . . .	128
2.15.4	Beanspruchung auf Schub (Scherung) . . . . .	129
2.15.5	Schneiden von Werkstoffen . . . . .	130
2.15.6	Beanspruchung auf Biegung . . . . .	132
2.15.7	Beanspruchung auf Torsion . . . . .	133
<b>2.16</b>	<b>NC-Technik</b> . . . . .	134
2.16.1	Berechnen von Werkstückkontur- punkten über Hilfsdreiecke . . . . .	134
2.16.2	Berechnen von Werkstückkontur- punkten über Winkelbeziehungen . . . . .	137
<b>2.17</b>	<b>Steuerungs- und Informationstechnik</b> . . . . .	140
<b>2.18</b>	<b>Kostenrechnung</b> . . . . .	142

### 3 Aufgaben zur Vertiefung und Prüfungsvorbereitung . . . . . 144

<b>3.1</b>	<b>Lernfeldbezogene Projektaufgaben</b> . . . . .	144
3.1.1	Gartentor mit Stabfüllung . . . . .	144
3.1.2	Freitragendes Schiebetor . . . . .	145
3.1.3	Stahlterasse . . . . .	146
3.1.4	Aluminiumfenster . . . . .	148
3.1.5	Behälter . . . . .	150
3.1.6	Absauganlage . . . . .	152
3.1.7	Ablaufsteuerung . . . . .	154
<b>3.2</b>	<b>Fachrichtungs- und schwerpunkt- bezogene Aufgaben</b> . . . . .	158
3.2.1	Konstruktionstechnik . . . . .	158
3.2.2	Ausrüstungstechnik . . . . .	161
3.2.3	Metall- und Schiffbautechnik . . . . .	164
3.2.4	Feinblechbautechnik . . . . .	165
3.2.5	Rohrleitungstechnik . . . . .	168
3.2.6	Apparatebau . . . . .	171
3.2.7	Fahrzeugbau . . . . .	174
3.2.8	Metallgestaltung . . . . .	177

### 4 Rechnerische Grundlagen . . . . . 178

<b>4.2</b>	<b>Zahlensysteme</b> . . . . .	178
<b>4.3</b>	<b>Grundrechnungsarten</b> . . . . .	178
4.3.2	Gemischte Punkt- und Strichrechnungen . . . . .	178
4.3.3	Potenzieren . . . . .	179
4.3.4	Radizieren (Wurzelziehen) . . . . .	179
4.3.5	Bruchrechnen . . . . .	180
4.3.6	Schlussrechnungen (Dreisatzrechnung) . . . . .	180
4.3.7	Prozentrechnungen . . . . .	181
4.3.8	Zeitberechnungen . . . . .	181
4.3.9	Winkelberechnungen . . . . .	182
<b>4.4</b>	<b>Angewandte Grundrechnungsarten</b> . . . . .	182
4.4.5	Rechnen mit physikalischen Größen . . . . .	182
4.4.6	Umrechnung von Einheiten . . . . .	182
4.4.7	Umstellen von Formeln . . . . .	183
<b>4.5</b>	<b>Schaubilder</b> . . . . .	186
4.5.3	Grafische Darstellungen von Funktionen und Messreihen . . . . .	186
<b>4.6</b>	<b>Taschenrechner</b> . . . . .	188
4.6.3	Technische Berechnungen mit dem Taschenrechner . . . . .	188

# 1 Berechnungen zu typischen Kundenaufträgen

## 1.1 Fertigen eines Schlüsselanhängers

7/1. a) Nach Tabelle DIN ISO 2768-01:  
Toleranzklasse f  $l_1 = 25 \text{ mm} \pm 0,1$   
Toleranzklasse m  $l_2 = 6 \text{ mm} \pm 0,1$   
Toleranzklasse c  $l_3 = 30 \text{ mm} \pm 0,5$

b)  $G_{O_{B1}} = 25 \text{ mm} + 0,1 \text{ mm} = 25,1 \text{ mm}$   
 $G_{O_{B2}} = 6 \text{ mm} + 0,1 \text{ mm} = 6,1 \text{ mm}$   
 $G_{O_{B3}} = 30 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} = 30,5 \text{ mm}$

c)  $G_{U_{B1}} = 25 \text{ mm} - 0,1 \text{ mm} = 24,9 \text{ mm}$   
 $G_{U_{B2}} = 6 \text{ mm} - 0,1 \text{ mm} = 5,9 \text{ mm}$   
 $G_{U_{B3}} = 30 \text{ mm} - 0,5 \text{ mm} = 29,5 \text{ mm}$

d)  $T_{B1} = 0,2 \text{ mm}$   
 $T_{B2} = 0,2 \text{ mm}$   
 $T_{B3} = 1,0 \text{ mm}$

7/2. a) Nach Tabelle Al-Legierungen:  $v_c = 50 \frac{\text{m}}{\text{min}}$

b)  $v_c = \pi \cdot d_1 \cdot n_1$ ;

$$n_1 = \frac{v_c}{\pi \cdot d_1} = \frac{50 \cdot 1000 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{\pi \cdot 5,5 \text{ mm}} = 2893,73 \frac{1}{\text{min}}$$

c)  $v_c = \pi \cdot d_2 \cdot n_2$ ;

$$n_2 = \frac{v_c}{\pi \cdot d_2} = \frac{50 \cdot 1000 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{\pi \cdot 13 \text{ mm}} = 1224,27 \frac{1}{\text{min}}$$

7/3.  $L = l_1 + l_2 + l_3 = l_1 + \pi \cdot dm + l_3$

$$L = 42 \text{ mm} + \frac{\pi \cdot 25 \text{ mm}}{2} + 22 \text{ mm} = 103,27 \text{ mm}$$

7/4.  $n = \frac{L_{\text{st}}}{L} = \frac{6000 \text{ mm}}{103,27 \text{ mm}} = 58,1$ ;  $n = 58$

7/5.  $V = V - V_0 = 0,4 \text{ dm} \cdot 0,15 \text{ dm} \cdot 0,3 \text{ dm} - \frac{\pi \cdot (0,13 \text{ dm})^2}{4} \cdot 0,15 \text{ dm}$

$$V = 0,016 \text{ dm}^3$$

$$m_{\text{Al}} = \rho_{\text{Al}} \cdot V = 2,7 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 0,016 \text{ dm}^3 = 0,0432 \text{ kg};$$

$$m_{\text{Al}} = 43,2 \text{ g}$$

$$m_{\text{St}} = \rho_{\text{St}} \cdot V = 7,87 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 0,016 \text{ dm}^3 = 0,1259 \text{ kg};$$

$$m_{\text{St}} = 126,4 \text{ g}$$

$$\Delta m = m_{\text{St}} - m_{\text{Al}} = 125,9 \text{ g} - 43,2 \text{ g} = 82,72 \text{ g}$$

$$43,2 \text{ g} \hat{=} 100 \%$$

$$0,432 \text{ g} \hat{=} 1 \%$$

$$\frac{82,72 \text{ g}}{0,432 \text{ g}} \hat{=} 191,48 \%$$

## 1.2 Fertigen eines Stahlgehäuses für eine Standuhr

8/1.  $L = 2 \cdot l_1 + l_2 = 2 \cdot l_1 + \frac{\pi \cdot d_m}{2}$ ;  $d_m = d + s = 94 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 97 \text{ mm}$

$$L = 2 \cdot 50 \text{ mm} + \frac{\pi \cdot 97 \text{ mm}}{2} = \mathbf{252,37 \text{ mm}}$$

8/2.  $L = 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2 + l_3 = 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2 + \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}$ ;  $d_m = D - s = 20 \text{ mm} - 3 \text{ mm} = 17 \text{ mm}$

$$\alpha = 45^\circ + 90^\circ + 45^\circ = 180^\circ;$$

$$L = 2 \cdot 60 \text{ mm} + 2 \cdot 57 \text{ mm} + \frac{\pi \cdot 17 \text{ mm} \cdot 180^\circ}{360^\circ}$$

$$L = \mathbf{260,70 \text{ mm}}$$

$$252,37 \text{ mm} \hat{=} 100 \%$$

$$2,5237 \text{ mm} \hat{=} 1 \%$$

$$\frac{260,70 \text{ mm}}{2,5237 \text{ mm}} \hat{=} 103,3 \%$$

$$\Delta l = 103,3 \% - 100 \% = \mathbf{3,3 \%}$$

8/3.  $m_1 = m' \cdot l_1 = 0,705 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,25237 \text{ m} = 0,17792 \text{ kg}$

$$m_1 = \mathbf{177,92 \text{ g}}$$

$$m_2 = m' \cdot l_2 = 0,705 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,26072 \text{ m} = 0,18381 \text{ kg}$$

$$m_2 = \mathbf{183,81 \text{ g}}$$

8/4. a) Nach Tabelle DIN 13-1: M5;  $d = 4,2 \text{ mm}$

b)  $V_{\text{Ges}} = V_1 - 2 \cdot V_2 - V_3$

$$V_1 = l \cdot b \cdot h = 24 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm} = 5400 \text{ mm}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_2 = \frac{\pi \cdot (4,2 \text{ mm})^2}{4} \cdot 15 \text{ mm} = 207,82 \text{ mm}^3$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_3 = \frac{\pi \cdot (4,2 \text{ mm})^2}{4} \cdot 24 \text{ mm} = 332,51 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{Ges}} = 5400 \text{ mm}^3 - 2 \cdot 207,82 \text{ mm}^3 - 332,51 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{Ges}} = \mathbf{4651,85 \text{ mm}^3}$$

8/5.  $m = V_{\text{Ges}} \cdot \rho = 4651,85 \text{ mm}^3 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{mm}^3}$

$$m = \mathbf{36,52 \text{ g}}$$

8/6. a) Nach Tabelle: unlegierte Baustähle bis  $700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$\text{Zugfestigkeit } v_{c \max} = 35 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

b)  $v_{c \max} = \pi \cdot d \cdot n$ ;  $n = \frac{v_{c \max}}{\pi \cdot d} = \frac{35 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{\pi \cdot 0,006 \text{ m}}$

$$n = \mathbf{1856,81 \frac{1}{\text{min}}}$$

9/7. a)  $A_{1\text{Ges}} = 75 \cdot 2 \cdot A_1 = 150 \cdot \left( l \cdot b + \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)$   
 $A_{1\text{Ges}} = 150 \cdot \left( 84 \text{ mm} \cdot 45 \text{ mm} + \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{(84 \text{ mm})^2}{4} \right)$   
 $A_{1\text{Ges}} = 982\,632,71 \text{ mm}^2$ ;  $A_{1\text{Ges}} = 0,98 \text{ m}^2$

b)  $A_{2\text{Ges}} = 75 \cdot 2 \cdot A_2 = 150 \cdot \left( l \cdot b + \frac{l \cdot h}{2} \right)$   
 $A_{2\text{Ges}} = 150 \cdot \left( 84 \text{ mm} \cdot 55 \text{ mm} + \frac{84 \text{ mm} \cdot 40 \text{ mm}}{2} \right)$   
 $A_{2\text{Ges}} = 945\,000 \text{ mm}^2$ ;  $A_{2\text{Ges}} = 0,95 \text{ m}^2$

c)  $Kosten_1 = 0,98 \text{ m}^2 \cdot 1,99 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \cdot 1,15 = 2,24 \text{ €}$   
 $Kosten_2 = 0,95 \text{ m}^2 \cdot 1,99 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \cdot 1,15 = 2,17 \text{ €}$

9/8. Nach Tabelle DIN EN 10131:  $m'' = 11,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$   
 $m_1 = m'' \cdot A_1 = 0,0118 \frac{\text{g}}{\text{mm}^2} \cdot 6550,88 \text{ mm}^2 = 77,3 \text{ g}$   
 $m_2 = m'' \cdot A_2 = 0,0118 \frac{\text{g}}{\text{mm}^2} \cdot 6300 \text{ mm}^2 = 74,34 \text{ g}$

9/9. a)  $l_{1\text{Ges}} = 75 \cdot (l_1 + l_s) = 75 \cdot (120 \text{ mm} + 3 \text{ mm}) = 9225 \text{ mm}$   
 $n_1 = \frac{l_{1\text{Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{9225 \text{ mm}}{6000 \text{ mm}} = 1,54$ ;  $n_1 = 2$

b)  $l_{2\text{Ges}} = 75 \cdot (l_2 + l_s) = 75 \cdot (252,37 \text{ mm} + 3 \text{ mm}) = 19\,152,75 \text{ mm}$   
 $n_2 = \frac{l_{2\text{Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{19\,152,75 \text{ mm}}{6000 \text{ mm}} = 3,19$ ;  $n_2 = 4$

c)  $l_{3\text{Ges}} = 75 \cdot 2 \cdot (l_3 + l_s) = 150 \cdot (24 \text{ mm} + 3 \text{ mm}) = 4050 \text{ mm}$   
 $n_3 = \frac{l_{3\text{Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{4050 \text{ mm}}{6000 \text{ mm}} = 0,68$ ;  $n_3 = 1$

9/10. Nach Diagramm Bild 3, Seite 9:  
 $d_1 = 5,5 \text{ mm}$ ;  $n_1 = 1500 - 1600 \frac{1}{\text{min}}$   
 $d_2 = 10 \text{ mm}$ ;  $n_2 \approx 700 - 800 \frac{1}{\text{min}}$

9/11. a)  $A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b = \frac{70 \text{ mm} + 40 \text{ mm}}{2} \cdot 15 \text{ mm} = 825 \text{ mm}$

b)  $c^2 = a^2 + b^2$ ;  
 $x = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{(15 \text{ mm})^2 + (15 \text{ mm})^2}$   
 $x = 21,21 \text{ mm}$

9/12. a)  $p = \frac{l - (2 \cdot a)}{n - 1}$   
 $n = \frac{l - (2 \cdot a)}{p} + 1 = \frac{71 \text{ mm} - (2 \cdot 3,5 \text{ mm})}{5} + 1 = 13,8$   
 **$n = 13$**

b)  $b = \frac{l - (d \cdot n + 2 \cdot a - d)}{n - 1} = \frac{71 \text{ mm} - (4 \text{ mm} \cdot 13 + 2 \cdot 3,5 \text{ mm} - 4 \text{ mm})}{12}$   
 **$b = 1,33 \text{ mm}$**

c)  $p = \frac{l - (2 \cdot a)}{n - 1} = \frac{71 \text{ mm} - (2 \cdot 3,5 \text{ mm})}{13 - 1} = 5,33 \text{ mm}$

### 1.3 Herstellen eines Dosenquetschers aus Stahlprofilen

10/1.  $L = \frac{h - (b + 2 \cdot t + 1)}{2} = \frac{160 \text{ mm} - (20 \text{ mm} + 2 \cdot 9,5 \text{ mm} + 1 \text{ mm})}{2}$   
 **$L = 60 \text{ mm}$**

10/2. a)  $m_{\text{Ges}} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6}{100 \%} \cdot 103 \%$

Nach Tabelle:  $m'_1 = 17,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

$m_1 = m'_1 \cdot l_1 = 17,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,2 \text{ m} = 3,4 \text{ kg}$

Nach Tabelle:  $m'_2 = 8,48 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

$m_2 = m'_2 \cdot l_2 = 8,48 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,14 \text{ m} = 1,19 \text{ kg}$

Nach Tabelle:  $m'_3 = 2,97 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

$m_3 = m'_3 \cdot l_3 = 2,97 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,14 \text{ m} = 0,42 \text{ kg}$

Nach Tabelle:  $m'_4 = 1,56 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

$m_4 = m'_4 \cdot l_4 \cdot 2 = 1,56 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 2 = 0,19 \text{ kg}$

$m'_5 = 2,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

$m_5 = m'_5 \cdot l_5 = 2,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,175 \text{ m} = 0,43 \text{ kg}$

Nach Tabelle:  $m'_6 = 1,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

$m_6 = m'_6 \cdot l_6 \cdot 2 = 1,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,6 \text{ m} = 1,01 \text{ kg}$

$m_{\text{Ges}} = \frac{(3,4 \text{ kg} + 1,19 \text{ kg} + 0,42 \text{ kg} + 0,19 \text{ kg} + 0,43 \text{ kg} + 1,01 \text{ kg}) \cdot 103 \%}{100 \%}$

**$m_{\text{Ges}} = 6,84 \text{ kg}$**

b)  $M_{\text{Ek}} = m_{\text{Ges}} \cdot K_{\text{M}} = 6,84 \text{ kg} \cdot 1,60 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 10,944 \text{ €}$   
 **$M_{\text{Ek}} = 10,94 \text{ €}$**



**10/3.**  $l_{1 \text{ Ges}} = 28 \cdot (l_1 + l_s) = 28 \cdot (200 \text{ mm} + 3 \text{ mm}) = 5684 \text{ mm}$   
 $n_1 = \frac{l_{1 \text{ Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{5684 \text{ mm}}{6000 \text{ mm}} = 0,95; n_1 = 1$   
 $l_{2 \text{ Ges}} = 28 \cdot (l_2 + l_s) = 28 \cdot (140 \text{ mm} + 3 \text{ mm}) = 4004 \text{ mm}$   
 $n_2 = \frac{l_{2 \text{ Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{4004 \text{ mm}}{6000 \text{ mm}} = 0,67; n_2 = 1$   
 $l_{3 \text{ Ges}} = 28 \cdot (l_3 + l_s) = 28 \cdot (140 \text{ mm} + 3 \text{ mm}) = 4004 \text{ mm}$   
 $n_3 = \frac{l_{3 \text{ Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{4004 \text{ mm}}{6000 \text{ mm}} = 0,67; n_3 = 1$   
 $l_{4 \text{ Ges}} = 2 \cdot 28 \cdot (l_4 + l_s) = 2 \cdot 28 \cdot (60 \text{ mm} + 3 \text{ mm}) = 3528 \text{ mm}$   
 $n_4 = \frac{l_{4 \text{ Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{3528 \text{ mm}}{6000 \text{ mm}} = 0,59; n_4 = 1$   
 $l_{5 \text{ Ges}} = 28 \cdot (l_5 + l_s) = 28 \cdot (175 \text{ mm} + 3 \text{ mm}) = 4984 \text{ mm}$   
 $n_5 = \frac{l_{5 \text{ Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{4984 \text{ mm}}{6000 \text{ mm}} = 0,83; n_5 = 1$   
 $l_{6 \text{ Ges}} = 28 \cdot (l_6 + l_s) = 28 \cdot (600 \text{ mm} + 3 \text{ mm}) = 16 884 \text{ mm}$   
 $n_6 = \frac{l_{6 \text{ Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{16 884 \text{ mm}}{6000 \text{ mm}} = 2,81; n_6 = 3$

**10/4.**  $M = F \cdot l = 200 \text{ N} \cdot (0,65 \text{ m} - 0,02 \text{ m}) = 126 \text{ Nm}$

**10/5. a)**  $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2;$   
 $F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{800 \text{ N} \cdot (168 \text{ mm} - 20 \text{ mm})}{(650 \text{ mm} - 20 \text{ mm})}$   
 $F_2 = 187,94 \text{ N}$

**b)**  $F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{800 \text{ N} \cdot (168 \text{ mm} - 20 \text{ mm})}{(850 \text{ mm} - 20 \text{ mm})}$   
 $F_2 = 142,65 \text{ N}$

## 1.4 Fertigen eines Stahlgehäuses mit Fuß für eine Leuchte

**11/1. a)**  $L = \pi \cdot d_m + 8 \text{ mm} = \pi \cdot 79,2 \text{ mm} + 8 = 256,81 \text{ mm}; d_m = D - s = 80 \text{ mm} - 0,8 \text{ mm} = 79,2 \text{ mm}$

**b)**  $A = L \cdot B = 256,81 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm} = 38 522,12 \text{ mm}^2$

**c)** Nach Tabelle DIN EN 10131:  $m'' = 6,28 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$   
 $m = A \cdot m'' = 38 522,12 \text{ mm}^2 \cdot 6,28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{mm}^2} = 241,92 \text{ g}$

**11/2.**  $D = d_i + 2 \cdot 5 \text{ mm} = (d_a - 2 \cdot t) + 2 \cdot 5 \text{ mm}$

$D = 80 \text{ mm} - 2 \cdot 0,8 \text{ mm} + 2 \cdot 5 \text{ mm} = 88,4 \text{ mm}$

11/3. a)  $L = 2 \cdot l_1 + l_2 + 2 \cdot l_3 = 2 \cdot l_1 + l_2 + \frac{2 \cdot \pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}$ ;  $d_m = d_i + s = 10 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 13 \text{ mm}$

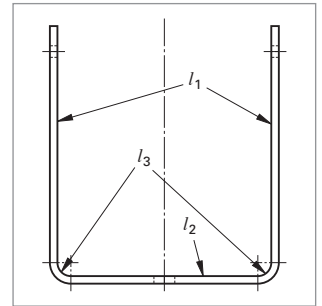
$$L = 2 \cdot 97 \text{ mm} + 74 \text{ mm} + \frac{2 \cdot \pi \cdot 13 \text{ mm} \cdot 90^\circ}{360^\circ}$$

$$L = 288,42 \text{ mm};$$

$$d_m = d_i + s = 10 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 13 \text{ mm}$$

b)  $m = m' \cdot L = 0,471 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,28842 \text{ m}$

$$m = 0,136 \text{ kg}$$



11/3.

11/4.  $v_c = \pi \cdot d \cdot n$ ;  $n_1 = \frac{v_c}{\pi \cdot d_1} = \frac{30\,000 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{\pi \cdot 8,3 \text{ mm}} = 1150,52 \frac{1}{\text{min}}$

$$n_2 = \frac{v_c}{\pi \cdot d_2} = \frac{30\,000 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{\pi \cdot 5,3 \text{ mm}} = 1801,75 \frac{1}{\text{min}}$$

Einstellungen:  $n_1 = 1100 \frac{1}{\text{min}}$        $n_2 = 1800 \frac{1}{\text{min}}$

12/5.  $\alpha = \frac{360^\circ}{n} = \frac{360^\circ}{7} = 51,43^\circ = 51^\circ 25' 43''$

12/6. a)  $\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{x}{r}$ ;  $x = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 25 \text{ mm} \cdot \sin \frac{51,43^\circ}{2}$

$$x = 21,69 \text{ mm}$$

b)  $y = x - d = 21,69 \text{ mm} - 10,3 \text{ mm} = 11,39 \text{ mm}$

12/7.  $Z = \frac{U - (n \cdot l)}{n} = \frac{\pi \cdot d_m - (5 \cdot 25 \text{ mm})}{5} = 24,76 \text{ mm}$ ;  $d_m = D - s = 80 \text{ mm} - 0,8 \text{ mm} = 79,2 \text{ mm}$

12/8.  $A_2 = A_3 - A_1 = a \cdot a - \frac{\pi \cdot d^2}{4}$

$$A_2 = 100 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm} - \frac{\pi \cdot (88,4 \text{ mm})^2}{4}$$

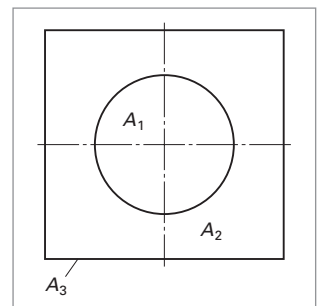
$$A_1 = 6137,54 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 3862,46 \text{ mm}^2$$

$$6137,54 \text{ mm}^2 \hat{=} 100 \%$$

$$61,3754 \text{ mm}^2 \hat{=} 1 \%$$

$$\frac{3862,46 \text{ mm}^2}{61,3754 \text{ mm}^2} \hat{=} 62,93 \%$$



12/8.

12/9.  $A_1 = \text{Lampenkörper}$      $A_2 = \text{Lampendeckel}$   
 $A_{\text{Ges}} = A_1 + A_2 = 38\,522,12 \text{ mm}^2 + 10\,000 \text{ mm}^2$   
 $A_{\text{Ges}} = 48\,522,12 \text{ mm}^2$   
 $A_{\text{Tafel}} = l \cdot b = 2000 \text{ mm} \cdot 1000 \text{ mm} = 2\,000\,000 \text{ mm}^2$   
 $n = \frac{A_{\text{Tafel}}}{A_{\text{Ges}}} = \frac{2\,000\,000 \text{ mm}^2}{48\,522,12 \text{ mm}^2} = 41,22$   
 $n = 41$

12/10.  $p = l + s = 288,42 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 291,42 \text{ mm}$   
 $n = \frac{40 \cdot 291,42 \text{ mm}}{6\,000 \text{ mm}} = 1,94; \quad n = 2$

12/11. a)  $c^2 = a^2 + b^2; \quad b = \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{(180 \text{ mm})^2 - (90 \text{ mm})^2}$   
 $l = 155,88 \text{ mm}$

b)  $M_A = l \cdot F; \quad F = \frac{M_A}{l} = \frac{25 \text{ Nm}}{0,15588 \text{ m}} = 160,38 \text{ N}$

12/12.  $\text{MEK} = m_{\text{Ges}} \cdot K_M = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \cdot K_M$   
 $\text{MEK} = (0,24192 \text{ kg} + 0,0628 \text{ kg} + 0,136 \text{ kg} + 0,28 \text{ kg}) \cdot 1,60 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 1,15 \text{ €}$   
 $\text{MEK} = 1,15 \text{ €} + 3,80 \text{ €}$   
 $\text{MEK} = 4,95 \text{ €}$

## 1.5 Fertigen eines CD-Ständers

13/1. a) Nach Tabelle:  $v = 2,90 \text{ mm};$   
 $B = a + b - v = 20 \text{ mm} + 20 \text{ mm} - 2,90 \text{ mm} = 37 \text{ mm}$   
b)  $n = \frac{2000 \text{ mm}}{37 \text{ mm}} = 54$

13/2. a) Nach Tabelle:  $v = 2,90 \text{ mm};$   
 $B = a + b + c + d + e - n \cdot v = 10 \text{ mm} + 15 \text{ mm} + 200 \text{ mm} + 25 \text{ mm} + 10 \text{ mm} - 4 \cdot 2,90 \text{ mm}$   
 $B = 248,40 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$   
b)  $n_1 = \frac{1000 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} = 3$   
 $n_2 = \frac{2000 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} = 8$   
 $n_{\text{Ges}} = n_1 \cdot n_2 = 3 \cdot 8 = 24$

13/3. a) Nach Tabelle:  $v_1 = 2,10 \text{ mm}$ ;  $v_2 = 0,93 \text{ mm}$ ;  
 $B = (a + b + c) \cdot 2 + d - n_1 \cdot v_1 - n_2 \cdot v_2$   
 $B = (12 \text{ mm} + 23,4 \text{ mm} + 114,3 \text{ mm}) \cdot 2 + 40 \text{ mm} - 2 \cdot 2,10 \text{ mm} - 4 \cdot 0,93 \text{ mm} = \mathbf{331,48 \text{ mm}}$   
 $B \approx \mathbf{333 \text{ mm}}$

b)  $n_1 = \frac{1000 \text{ mm}}{333 \text{ mm}} = 3$   
 $n_2 = \frac{2000 \text{ mm}}{600 \text{ mm}} = 3$   
 $n_{\text{Ges}} = n_1 \cdot n_2 = 3 \cdot 3 = \mathbf{9}$

c)  $A_{\text{Rest}} = 1000 \text{ mm} \cdot 2000 \text{ mm} - 9 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 333 \text{ mm} = \mathbf{201\ 800 \text{ mm}^2}$

14/4.  $\rho = \frac{l - (a + b)}{n - 1} = \frac{600 \text{ mm} - (56 \text{ mm} + 124 \text{ mm})}{22 - 1} = \mathbf{20 \text{ mm}}$

14/5. a)  $A_s = 2 \cdot (12 \text{ mm} + 75 \text{ mm}) \cdot 1 \text{ mm} = \mathbf{174 \text{ mm}^2}$

b) Variante 1 nach Tabelle:  $R_m = 950 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ ;  $\tau_{\text{aBmax}} = 0,8 \cdot R_m$   
 Parallelschnitt  
 $F_s = l_s \cdot s \cdot 1,2 \cdot \tau_B = 174 \text{ mm}^2 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 950 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \mathbf{158,69 \text{ kN}}$

c) Variante 2 nach Tabelle:  $R_m = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ ;  $\tau_{\text{aBmax}} = 0,8 \cdot R_m$   
 Parallelschnitt  
 $F_s = l_s \cdot s \cdot 1,2 \cdot \tau_B = 174 \text{ mm}^2 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \mathbf{70,16 \text{ kN}}$

14/6. a) Ständer Pos. 1

$$A_{\text{Pos.1}} = 333 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm} - (100 \text{ mm} \cdot 146,5 \text{ mm}) - 44 \cdot (12 \text{ mm} \cdot 75 \text{ mm}) = \mathbf{145\ 550 \text{ mm}^2}$$

Sockel Pos. 2

$$A_{\text{Pos.2}} = 250 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm} - \left( \frac{300 \text{ mm} - 98 \text{ mm}}{2} \right) \cdot (250 \text{ mm} - 42 \text{ mm}) = \mathbf{53\ 992 \text{ mm}^2}$$

b) Nach Tabelle DIN 10029:  $m''_1 = 7,85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ ;  $m''_2 = 11,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ ;

$$m_{\text{Ges}} = m''_1 \cdot A_{\text{Pos.1}} + m''_2 \cdot A_{\text{Pos.2}} = 7,85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 0,145550 \text{ m}^2 + 11,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 0,061392 \text{ m}^2$$

$$m_{\text{Ges}} = \mathbf{1,86 \text{ kg}}$$

14/7. a) Nach Tabelle:  $v_c = 7,0 \frac{\text{m}}{\text{min}}$

b)  $L_s = 2 \cdot (12 \text{ mm} + 75 \text{ mm}) \cdot 44 = \mathbf{7656 \text{ mm} = 7,66 \text{ m}}$

c)  $v_c = \frac{L_s}{t_s}$

$$t_s = \frac{L_s}{v_c} = \frac{7,66 \text{ m}}{7,5 \frac{\text{m}}{\text{min}}} = \mathbf{1,02 \text{ min} = 1' \ 1''}$$

#### 14/8. 9 CD-Ständer

$$A_1 = l \cdot b = 600 \text{ mm} \cdot 333 \text{ mm} = 199\,800 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = l \cdot b = 300 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm} = 75\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = 2 \cdot l \cdot b = 2 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 37 \text{ mm} = 7\,400 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{Ges1}} = A_1 = 199\,800 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{Ges2}} = A_2 + A_3 = 75\,000 \text{ mm}^2 + 7\,400 \text{ mm}^2 = 82\,400 \text{ mm}^2$$

Für  $s = 1,0 \text{ mm}$

$$16 \text{ kg} \cong 2\,000\,000 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ kg} \cong 125\,000 \text{ mm}^2$$

$$1,6 \text{ kg} \cong 199\,800 \text{ mm}^2$$

Für  $s = 1,5 \text{ mm}$

$$24 \text{ kg} \cong 2\,000\,000 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ kg} \cong 83\,333,33 \text{ mm}^2$$

$$0,99 \text{ kg} \cong 82\,400 \text{ mm}^2$$

$$m_{\text{CD-Ständer}} = 2,59 \text{ kg}$$

$$\text{Materialkosten} = m_{\text{M}} \cdot K_{\text{M}} = 2,59 \text{ kg} \cdot 5,65 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 14,63 \text{ €}$$

$$\text{Frachtkostenanteil} = \frac{K}{9} = \frac{10,00 \text{ €}}{9} = 1,11 \text{ €}$$

$$\text{Mehrwertsteuer} = \frac{(14,63 \text{ €} + 1,11 \text{ €}) \cdot 19\%}{100\%} = 2,99 \text{ €}$$

$$\text{MEK} = 14,63 \text{ €} + 1,11 \text{ €} + 2,99 \text{ €} = \mathbf{18,73 \text{ €}}$$

## 1.6 Fertigen eines Blechtopfes

15/1. a)  $L_{s1} = h + Bu + Z = 100 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = \mathbf{115 \text{ mm}}$

b)  $L = \pi \cdot d = \pi \cdot 90 \text{ mm} = 282,74 \text{ mm}$

$$B \approx 10 \cdot s = 10 \cdot 0,8 \text{ mm} = 8 \text{ mm}$$

$$L_s = L + 3 \cdot B = 282,74 \text{ mm} + 3 \cdot 8 \text{ mm} = 306,74 \text{ mm}$$

$$L_s \approx \mathbf{307 \text{ mm}}$$

15/2.  $d_s = d \cdot 2 \cdot Z = 102 \text{ mm} + 2 \cdot 6 \text{ mm} = \mathbf{114 \text{ mm}}$

15/3.  $L_s = L + 5 \cdot B = 282,74 \text{ mm} + 5 \cdot 8 \text{ mm} = 322,74 \text{ mm}$

$$L_s \approx \mathbf{323 \text{ mm}}$$

15/4. a)  $d \geq \frac{s}{0,2}$ ;  $d_{\text{min}} \frac{0,8 \text{ mm}}{0,2 \text{ mm}} = \mathbf{4 \text{ mm}}$

b)  $l_D = \pi \cdot d_m = \pi \cdot (90 \text{ mm} + 4 \text{ mm}) = 295,31 \text{ mm}$

$$l_D \approx \mathbf{295 \text{ mm}}$$

c)  $L = h + (2 \cdot d) - s + B_{\text{Steg}} = 100 \text{ mm} + (2 \cdot 4 \text{ mm}) - 0,8 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 112,2 \text{ mm}$

$$L = \mathbf{112 \text{ mm}}$$

- 15/5. a) Nach Tabelle:  $R_m = 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$   
 $F_1 = A_s \cdot \tau_B = A_s \cdot 0,8 \cdot R_m = 1 \text{ mm}^2 \cdot 0,8 \cdot 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 400 \text{ N}$
- b)  $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$ ;  $F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{400 \text{ N} \cdot 30 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 60 \text{ N}$
- c)  $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$ ;  $F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{400 \text{ N} \cdot 45 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 90 \text{ N}$

## 1.7 Herstellen eines Flachmeißels

- 16/1.  $\tan \alpha = \frac{a}{b}$ ;  $b = \frac{a}{\tan \alpha}$   
 $L = \frac{7,5 \text{ mm}}{\tan 10^\circ} = 42,53 \text{ mm}$
- 16/2.  $V_1 = \text{Ausgangsvolumen}$ ;  $V_2 = \text{Endvolumen}$   
 $V_2 = \frac{A_1 \cdot l_1}{2} = \frac{(20 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm}) \cdot 42,53 \text{ mm}}{2} = 6379,5 \text{ mm}^3$   
 $V_1 = V_2 \cdot (1+q) = 6379,5 \text{ mm}^3 \cdot (1+0,05) = 6698,48 \text{ mm}^3$   
 $l = \frac{V_1}{A_1} = \frac{6698,48 \text{ mm}^3}{(20 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm})} = 22,33 \text{ mm}$
- 16/3.  $L_{\text{zu}} = 200 \text{ mm} - 42,53 \text{ mm} + 22,33 \text{ mm} = 179,80 \text{ mm}$
- 16/4.  $\Delta l = \alpha_1 \cdot l_1 \cdot \Delta t$ ;  $\Delta t = t_2 - t_1 = 1180 \text{ }^\circ\text{C} - 25 \text{ }^\circ\text{C} = 1155 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $\Delta l = 0,000012 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 179,80 \text{ mm} \cdot 1155 \text{ }^\circ\text{C} = 2,49 \text{ mm}$
- 16/5.  $m_1 = \rho \cdot V_1 = \rho \cdot l \cdot b \cdot h = 7,85 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 0,2 \text{ dm} \cdot 0,15 \text{ dm} \cdot 1,80 \text{ dm}$   
 $= 0,424 \text{ kg}$ ;  $m = 424 \text{ g}$   
 $m_2 = \rho \cdot V_2 = L \cdot (l \cdot b \cdot h + V_{\text{Spitze}}) = 7,85 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot (157,47 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm} + 6379,5 \text{ mm}^3)$   
 $= 0,421 \text{ kg}$ ;  $m_2 = 421 \text{ g}$
- 16/6.  $\Delta t = t_2 - t_1 = 1180 \text{ }^\circ\text{C} - 25 \text{ }^\circ\text{C} = 1155 \text{ }^\circ\text{C} = 1155 \text{ K}$   
 $Q_N = c \cdot m_1 \cdot \Delta t = 0,49 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 0,424 \text{ kg} \cdot 1155 \text{ K} = 239,96 \text{ kJ}$   
 $\eta = \frac{Q_N}{Q}$ ;  $Q = \frac{Q_N}{\eta} = \frac{239,96 \text{ kJ}}{0,06} = 3999,33 \text{ kJ}$   
 $Q = H \cdot m_2$ ;  $m_2 = \frac{Q}{H} = \frac{3999,33 \text{ kJ}}{34 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} = 0,12 \text{ kg}$
- 16/7.  $Q = H \cdot m = \frac{34 \text{ MJ}}{\text{kg}} \cdot 20 \text{ kg} = 680 \text{ MJ}$

## 1.8 Fertigen von sechs Parkbänken, Modell „Petersberg“, mit Gestell aus Stahlprofilen

17/1.  $l = 1800 \text{ mm} - 2 \cdot 70 \text{ mm} - 2 \cdot 10 \text{ mm} - 2 \cdot 30 \text{ mm} = \mathbf{1580 \text{ mm}}$

17/2. a)  $V_c = \pi \cdot d \cdot n; n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{30\,000 \text{ mm}}{\pi \cdot 11 \text{ mm}} = \mathbf{868,12 \frac{1}{\text{min}}}$

b)  $V_f = n \cdot f = 868,12 \frac{1}{\text{min}} \cdot 0,2 \text{ mm} = \mathbf{173,62 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}$

c)  $L = l + l_s + l_a + l_u = 20 \text{ mm} + 0,3 \cdot 11 \text{ mm} + 2 \text{ mm} + 4 \text{ mm}$

$$L = 29,3 \text{ mm}$$

$$t_h = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{29,3 \text{ mm} \cdot 2}{868,12 \frac{1}{\text{min}} \cdot 0,2 \text{ mm}} = \mathbf{0,34 \text{ min}}$$

17/3. a)  $l = 2 \cdot (50 \text{ mm} + 30 \text{ mm}) \cdot 12 = \mathbf{1920 \text{ mm}}$

b)  $A = a^2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2} = (4 \text{ mm})^2 \cdot 1 = \mathbf{16 \text{ mm}^2}$

c)  $V_s = l \cdot A = 1920 \text{ mm} \cdot 16 \text{ mm}^2 = \mathbf{30\,720 \text{ mm}^3}$

d)  $V_E = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l_E = \frac{\pi \cdot (4 \text{ mm})^2}{4} \cdot (450 \text{ mm} - 30 \text{ mm})$   
 $V_E = \mathbf{5277,88 \text{ mm}^3}$

e)  $Z = \frac{V_s}{V_E} = \frac{30\,720 \text{ mm}^3}{5277,88 \text{ mm}^3} = 5,82; \mathbf{Z = 6}$

18/4.  $\tan \alpha = \frac{a}{b}; a = b \cdot \tan \alpha = 50 \text{ mm} \cdot \tan 15^\circ = 13,40 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}; b = c \cdot \cos \alpha = (960 \text{ mm} - 13,40 \text{ mm}) \cdot \cos 75^\circ = \mathbf{245 \text{ mm}}$$

18/5.  $l_1 = 30 \text{ mm} - 3 \text{ mm} = \mathbf{27 \text{ mm}}$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}; c = \frac{b}{\cos \alpha} = \frac{50 \text{ mm}}{\cos 30^\circ} = 57,74 \text{ mm}$$

$$l_2 = 57,74 \text{ mm} - 3 \text{ mm} = \mathbf{54,74 \text{ mm}}$$

18/6. Sechskantschraube ISO 4014-M10-8.8

Nach Tabelle Scheibe ISO 7090:  $h = 2 \text{ mm}$

Nach Tabelle Sechskantmutter ISO 4032:  $m = 8,4 \text{ mm}$

$$l_{\text{Ges}} = l_1 + l_2 + h + m + 2p = 30 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 2 \text{ mm} + 8,4 \text{ mm} + 2 \cdot 1,5 \text{ mm}$$

$$l_{\text{Ges}} = 53,4 \text{ mm}$$

**Bestelllänge 55 mm**

(Fortsetzung nächste Seite)

18/6. (Fortsetzung)

Flachrundschraube DIN 603-M8-4.6

Nach Tabelle Scheibe ISO 7090:  $h = 1,6 \text{ mm}$

Nach Tabelle Sechskantmutter ISO 4032:  $m = 6,8 \text{ mm}$

$$l_{\text{Ges}} = l_1 + l_2 + h + m + 2p$$

$$l_{\text{Ges}} = 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 1,6 \text{ mm} + 6,8 \text{ mm} + 2 \cdot 1,25 \text{ mm}$$

$$l_{\text{Ges}} = 60,9 \text{ mm}$$

**Bestelllänge 65 mm**

18/7.  $l = 2 \cdot (l_1 + l_2 + l_3) + l_4$

$$l = 2 \cdot (960 \text{ mm} + 700 \text{ mm} + 490 \text{ mm}) + 1580 \text{ mm}$$

$$l = \mathbf{5880 \text{ mm}}$$

$$l_{\text{Ges}} = 6 \cdot l = 6 \cdot 5880 \text{ mm} = \mathbf{35\ 280 \text{ mm}}$$

18/8. Nach Tabelle DIN EN 10210-2:  $m'_1 = 3,41 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

$$\text{a) } m_{\text{Ges}} = m_1 + m_2 = m'_1 \cdot l_1 + m'_2 \cdot l_2$$

$$m_{\text{Ges}} = 3,41 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 5,88 \text{ m} + 3,14 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,96 \text{ m}$$

$$m_{\text{Ges}} = \mathbf{23,07 \text{ kg}}$$

$$\text{b) } m_{\text{Serie}} = m_{\text{Ges}} \cdot 6 = 23,07 \text{ kg} \cdot 6$$

$$m_{\text{Serie}} = \mathbf{138,42 \text{ kg}}$$

18/9. a)  $MEK_{\text{Ges}} = MEK_1 + MEK_2 + MEK_3$

$$MEK_{\text{Ges}} = m_M \cdot K_M + 18 \cdot 1,38 \text{ €} + 4 \cdot 1,01 \text{ €}$$

$$MEK_{\text{Ges}} = 23,07 \text{ kg} \cdot 1,95 \frac{\text{€}}{\text{kg}} + 18 \cdot 1,38 \text{ €} + 41,01 \text{ €}$$

$$MEK_{\text{Ges}} = \mathbf{73,87 \text{ €}}$$

$$\text{b) } MEK_{\text{Serie}} = 6 \cdot MEK_{\text{Ges}} = 6 \cdot 73,86 \text{ €} = \mathbf{443,22 \text{ €}}$$

18/10. Drehpunkt = B

$$\sum \widehat{M}_B = \sum \widehat{M}_B$$

$$F_A \cdot l_A = F_{P1} \cdot l_1 + F_G \cdot l_G + F_{P2} \cdot l_2$$

$$F_A = \frac{F_{P1} \cdot l_1 + F_G \cdot l_G + F_{P2} \cdot l_2}{l_A}$$

$$F_G = (m_{\text{Stahl}} + m_{\text{Holz}}) \cdot g = (23,07 \text{ kg} + 25,92 \text{ kg}) \cdot 9,31 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_G = 480,59 \text{ N}$$

$$F_A = \frac{1030,05 \text{ N} \cdot 1315 \text{ mm} + 480,59 \text{ N} \cdot 815 \text{ mm} + 745,56 \text{ N} \cdot 415 \text{ mm}}{1630 \text{ mm}}$$

$$F_A = \mathbf{1261,11 \text{ N}}$$

$$\sum F \downarrow = \sum F \uparrow$$

$$F_{P1} + F_{P2} + F_G = F_A + F_B$$

$$F_B = F_{P1} + F_{P2} + F_G - F_A = 1030,05 \text{ N} + 745,56 \text{ N} + 480,59 \text{ N} - 1261,11 \text{ N}$$

$$F_B = \mathbf{995,09 \text{ N}}$$



## 1.9 Fertigen eines Trockenstempel-Präegerätes

19/1.  $L = l_1 + l_2 + l_3$ ;  $l_1 = \text{Gewindelänge} + 20 \text{ mm} = 20 \text{ mm} + 20 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$

$$l_2 = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}; \quad d_m = d_i + s = 80 \text{ mm} + 12 \text{ mm} = 92 \text{ mm}$$

$$l_2 = \frac{\pi \cdot 92 \text{ mm} \cdot 65^\circ}{360^\circ} = 52,19 \text{ mm};$$

$$l_3 = 250 \text{ mm}$$

$$L = 40 \text{ mm} + 52,19 \text{ mm} + 250 \text{ mm} = \mathbf{342,19 \text{ mm}}$$

19/2. a)  $v_c = \pi \cdot d \cdot n$ ;  $n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{25 \text{ m/min}}{\pi \cdot 0,0066 \text{ m}} = \mathbf{1205,72 \text{ 1/min}}$

b)  $L = l + l_s + l_a + l_{U_i}$ ;  $l_s = 0,3 \cdot d$ ; für Bohrer  $\sigma = 118^\circ$

$$l_s = 0,3 \cdot 6,6 \text{ mm} = 1,98 \text{ mm};$$

$$L = 12 \text{ mm} + 1,98 \text{ mm} + 2 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = \mathbf{18,98 \text{ mm}}$$

c)  $t_h = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = n = \frac{18,98 \text{ mm} \cdot 6}{1205,71 \text{ 1/min} \cdot 0,12} = \mathbf{0,079 \text{ min}}$

20/3. a)  $l_s = 1 \cdot \text{Pos. 23} + 2 \cdot \text{Pos. 22}$

$$l_s = 4 \cdot 15 \text{ mm} + 8 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm} + 160 \text{ mm} = \mathbf{220 \text{ mm}}$$

b)  $l_{\text{ges}} = 220 \text{ mm} \cdot 15 = \mathbf{3300 \text{ mm}}$  für  $n = 1$

c)  $t_h = l_{\text{ges}} \cdot 1,4 \text{ min/m} = 3,3 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ min/m} = \mathbf{4,62 \text{ min}}$

d)  $V_s = A \cdot l$

$$A = a^2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2} = (3 \text{ mm})^2 \cdot \tan 45^\circ = 9 \text{ mm}^2$$

$$V_s = 9 \text{ mm}^2 \cdot 220 \text{ mm} = \mathbf{1980 \text{ mm}^2}$$

$$V_s = 9 \text{ mm}^2 \cdot 3300 \text{ mm} = \mathbf{29700 \text{ mm}^2}$$

20/4. a)  $l = 2 \cdot (l_1 - R) + (l_2 - 2 \cdot R)$

$$l = 2 \cdot (87 \text{ mm} - 3 \text{ mm}) + (54 \text{ mm} - 2 \cdot 3 \text{ mm})$$

$$l = \mathbf{216 \text{ mm}}$$

b) Nach Tabelle für  $s = 15 \text{ mm}$ :  $v_s = \mathbf{0,52 \text{ m/min}}$

c)  $v_s = \frac{s}{t}$   $t = \frac{s}{v_s} = \frac{216 \text{ mm}}{8,67 \text{ s}} = \mathbf{24,91 \text{ s}}$

20/5. a) Nach Tabellen:  $d_1 = \mathbf{6,65 \text{ mm}}$

b) Nach Tabellen für Stahl 4.8 und  $R_m$  bis  $600 \text{ N/mm}^2$ :  $l_e = 1,2 \cdot d = 1,2 \cdot 8 \text{ mm} = \mathbf{9,6 \text{ mm}}$

(Fortsetzung nächste Seite)

20/5. (Fortsetzung)

c) Nach Tabellen:  $P = 1,25 \text{ mm}$

$$l_G = l_e + 3 \cdot P$$

$$l_G = 9,6 \text{ mm} + 3,75 \text{ mm} = \mathbf{13,35 \text{ mm}}$$

d) Nach Tabellen:  $e_1 = 5 \cdot P$

$$l_K = l_G + e_1$$

$$l_K = 13,35 \text{ mm} + 6,25 \text{ mm} = \mathbf{19,6 \text{ mm}}$$

e) Nach Tabelle Durchgangslöcher für Schrauben DIN EN 20273

$$d_D = \mathbf{9,0 \text{ mm}}$$

21/6.  $F_H \cdot l_H - F_n \cdot l_n = F_D \cdot l_D; \quad F_D = \frac{F_H \cdot l_H - F_n \cdot l_n}{l_D}$

$$F_D = \frac{20 \text{ N} \cdot 330 \text{ mm} - 22 \text{ N} \cdot 15 \text{ mm}}{15 \text{ mm}} = \mathbf{418 \text{ N}}$$

21/7. a)  $m = V \cdot \rho; \quad V = V_1 - V_2$

$$V = l \cdot b \cdot h - 2 \cdot \frac{(d^2 \cdot \pi \cdot h)}{4}$$

$$V = 35 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} \cdot 21 \text{ mm} - 2 \cdot \frac{(6,6^2 \text{ mm}^2 \cdot \pi \cdot 21 \text{ mm})}{4}$$

$$V = 7350 \text{ mm}^3 - 1436,90 \text{ mm}^3 = 5913,1 \text{ mm}^3 = 0,00591 \text{ dm}^3$$

$$m = 0,00591 \text{ dm}^3 \cdot 7850 \text{ g/dm}^3 = \mathbf{46,39 \text{ g}}$$

b)  $l = n \cdot (h + s) = 15 \cdot 2 \cdot (21 \text{ mm} + 3 \text{ mm}) = \mathbf{720 \text{ mm}}$

21/8.  $v_c = d \cdot \pi \cdot n; \quad n = \frac{v_c}{d \cdot \pi} = \frac{30000 \text{ mm/min}}{350 \text{ mm} \cdot \pi} = \mathbf{27,28 \text{ 1/min}}$

21/9. a)  $L =$  Stempelhalterführung Pos. 20 + Seitenteile links und rechts

Pos. 14/15 + Gewinde Hutmutter + Höhe Scheibe

$$L = 21 \text{ mm} + 12 \text{ mm} + 5 \text{ mm} + 1,6 \text{ mm} = 39,6 \text{ mm} \approx \mathbf{40 \text{ mm}}$$

(Nennlängenstufung um 5 mm)

b) Nach Tabelle DIN EN ISO 898-1

Festigkeitsklasse 8.8 Streckgrenze  $f_{y,b,k} = \mathbf{640 \text{ N/mm}^2}$

Zugfestigkeit  $f_{u,b,k} = \mathbf{800 \text{ N/mm}^2}$

Festigkeitsklasse 8.8 Streckgrenze  $R_e = 8 \cdot 100 = \mathbf{800 \text{ N/mm}^2}$

Zugfestigkeit  $R_m = 8 \cdot 8 \cdot 10 = \mathbf{640 \text{ N/mm}^2}$

21/10. Nach Tabellen:  $v_1 = 3,98 \text{ mm}$  für  $R = 2,5 \text{ mm}$  und  $s = 2 \text{ mm}$

$$L = a + b + c - 2 \cdot v_1 = 6 \text{ mm} + 45 \text{ mm} + 6 \text{ mm} - 2 \cdot 3,98 \text{ mm}$$

$$L = \mathbf{49,04 \text{ mm}}$$

## 1.10 Fertigen der Fenster für ein Doppelhaus

22/1.  $L_{Bw} = BR_w - 2 \cdot 10 \text{ mm} = 1160 \text{ mm} - 2 \cdot 10 \text{ mm} = \mathbf{1140 \text{ mm}}$   
 $L_{Bs} = BR_s - 10 \text{ mm} - 60 \text{ mm} = 1250 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 60 \text{ mm} = \mathbf{1180 \text{ mm}}$

22/2. 
$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f \cdot A_g \cdot U_g \cdot l_g \cdot \Psi_g}{A_w}$$
$$A_w = BR_w \cdot BR_s = 1,140 \text{ m} \cdot 1,18 \text{ m} = 1,345 \text{ m}^2$$
$$A_g = (BR_w - 2 \cdot x) \cdot (BR_s - 2 \cdot x) = (1,14 \text{ m} - 2 \cdot (0,113 \text{ m} + 0,014 \text{ m})) \cdot (1,18 \text{ m} - 2 \cdot (0,113 \text{ m} + 0,014 \text{ m})) = 0,886 \text{ m} \cdot 0,926 \text{ m} = 0,82 \text{ m}^2$$
$$A_f = A_w - A_g = 1,345 \text{ m}^2 - 0,82 \text{ m}^2 = 0,525$$
$$l_g = 2 \cdot (BR_w - x + BR_s - x) = 2 \cdot (1,013 \text{ m} + 1,053 \text{ m}) = 4,132 \text{ m}$$

nach Tabelle:

$$U_f = 2,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{g1} = 2,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (kostengünstigste Lösung; Luftfüllung)}$$

$$U_{g2} = 2,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (kostenaufwendigste Lösung; Kryptonfüllung)}$$

$$\Psi_g = 0,08 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

Kostengünstigste Lösung:  $\varepsilon = 0,89$ , 4-12-4, Luft

$$U_{w1} = \frac{0,525 \text{ m}^2 \cdot 2,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} + 0,82 \text{ m}^2 \cdot 2,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} + 4,132 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ W/m} \cdot \text{K}}{1,345 \text{ m}^2}$$
$$= \frac{1,523 \text{ W/K} + 2,378 \text{ W/K} + 0,331 \text{ W/K}}{1,345 \text{ m}^2} = \mathbf{4,232 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

Kostenaufwendigste Lösung:  $\varepsilon = 0,89$ , 4-12-4, Krypton

$$U_{w2} = \frac{0,525 \text{ m}^2 \cdot 2,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} + 0,82 \text{ m}^2 \cdot 2,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} + 4,132 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ W/m} \cdot \text{K}}{1,345 \text{ m}^2}$$
$$= \frac{1,523 \text{ W/K} + 2,132 \text{ W/K} + 0,331 \text{ W/K}}{1,345 \text{ m}^2} = \mathbf{3,986 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

22/3.  $\Phi = U_w \cdot A \cdot \Delta\theta$   
 $\Delta\theta = \theta_i - \theta_a = 21^\circ - (-20^\circ\text{C}) = 41^\circ\text{C} = 41 \text{ K}$   
 $\Phi = 3,08 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 25,5 \text{ m}^2 \cdot 41 \text{ K} = 3220 \text{ W}$   
 $= \mathbf{3,2 \text{ kW}}$

23/4. Blendrahmen:

Aus Aufgabe /1

$$L_{Bw} = B$$
$$= \mathbf{1140 \text{ mm}}$$

$$L_{Bs} = H$$
$$= \mathbf{1180 \text{ mm}}$$

(Fortsetzung nächste Seite)

**23/4.** (Fortsetzung)

Flügelrahmen:

$$L_{FW} = B - 2 \cdot (d_B - c)$$

$$= 1140 \text{ mm} - 2 \cdot 39 \text{ mm} \quad (c = 0)$$

$$= \mathbf{1062 \text{ mm}}$$

$$L_{Fs} = H - 2 \cdot (d_B - c)$$

$$= 1180 \text{ mm} - 2 \cdot 39 \text{ mm}$$

$$= \mathbf{1102 \text{ mm}}$$

Glasleisten:

$$L_{Gw} = L_{FW} - 2 \cdot d_F$$

$$= 1062 \text{ mm} - 2 \cdot 66 \text{ mm}$$





$$= \mathbf{930 \text{ mm}}$$

$$L_{Gs} = L_{Fs} - 2 \cdot (d_F + d_G)$$

$$= 1102 \text{ mm} - 2 \cdot (66 \text{ mm} + 22 \text{ mm})$$

$$= \mathbf{926 \text{ mm}}$$

**Aluminiumfenster-System – Zuschnittliste**

Profil	Stück						Bearbeitung	Bemerkung
Blendrahmen waagerecht	2		1140					
Blendrahmen senkrecht	2		1180					
Flügelrahmen waagerecht	2		1062					
Flügelrahmen senkrecht	2		1102					
Glasleisten waagerecht	2	930						
Glasleisten senkrecht	2	926						

**23/5. a)**  $x = \gamma + 90^\circ$

$$x = 2320 \text{ mm} - 1920 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{tg } \gamma = \frac{x}{1080 \text{ mm}} = \frac{400 \text{ mm}}{1080 \text{ mm}} = \text{tg } 0,37$$

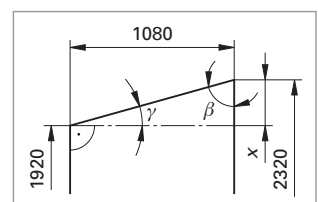
$$\Rightarrow \gamma = 20,3^\circ$$

$$x = 20,3^\circ + 90^\circ \approx \mathbf{110^\circ}$$

**b)**  $90^\circ + \beta + \gamma = 180^\circ$

$$\beta = 180^\circ - 90^\circ - \gamma = 180^\circ - 90^\circ - 20,3^\circ$$

$$\approx \mathbf{70^\circ}$$



**23/5.**