



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Lösungen Technische Mathematik Metallbau Konstruktionsmechanik

Gültig ab 8. Auflage

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

Europa-Nr.: 11818

Autoren:

Bulling, Gerhard	Studiendirektor	München
Heringer, Stefanie	Oberfachlehrerin	Schechen
Dillinger, Josef	Studiendirektor i. R.	München
Schindlbeck, Harald	Oberstudienrat	Altheim
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 π vorkommt, ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse mit dem Taschenrechner errechnet wurden. Dabei wurde für π 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 8. Auflage 2020

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-8085-1682-9

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

© 2020 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagfoto: Eislaufhalle im Olympiapark München
Druck: Medienhaus Plump GmbH, 53619 Rheinbreitbach

Inhaltsverzeichnis

1	Berechnungen zu typischen Kundenaufträgen	5	2.3.3	Berechnung der Masse mithilfe von Tabellen	50
1.1	Fertigen eines Schlüsselanhängers	5	2.4	Bewegungslehre	51
1.2	Fertigen eines Stahlgehäuses für eine Standuhr	6	2.4.1	Geradlinige Bewegung	51
1.3	Herstellen eines Dosenquetschers aus Stahlprofilen	8	2.4.2	Kreisförmige Bewegung	52
1.4	Fertigen eines Stahlgehäuses mit Fuß für eine Leuchte	9	2.4.3	Ungleichförmige Bewegung	54
1.5	Fertigen eines CD-Ständers	11	2.4.4	Mittlere Geschwindigkeit bei Kurbeltrieben	56
1.6	Fertigen eines Blechtopfes	13	2.5	Kräfte an Bauelementen	56
1.7	Herstellen eines Flachmeißels	14	2.5.4	Reibungskräfte	61
1.8	Fertigen von sechs Parkbänken, Modell „Petersberg“, mit Gestell aus Stahlprofilen	15	2.5.5	Seilkräfte bei Lastaufnahme-einrichtungen	62
1.9	Fertigen eines Trockenstempel-Präegerätes	17	2.6	Einfache Maschinen	63
1.10	Fertigen der Fenster für ein Doppelhaus	19	2.6.1	Hebel und Drehmoment	63
1.11	Fertigen eines First-Oberlichtes in Pfosten-Riegel-Konstruktion	22	2.6.2	Hebelgesetz	63
1.12	Fertigen einer Außentreppe	24	2.6.3	Auflagerkräfte	64
1.13	Fertigen von Rahmenbindern	27	2.6.4	Mechanische Arbeit und Energie	65
1.14	Torsteuerung und Inbetriebnahme	28	2.6.5	Die schiefe Ebene	66
1.15	Herstellen eines geschmiedeten Gartentores	33	2.6.6	Der Keil als schiefe Ebene	67
2	Technisches Rechnen	35	2.6.7	Die Schraube als schiefe Ebene	68
2.1	Längenberechnungen	35	2.6.8	Rollen und Flaschenzüge	68
2.1.1	Teilung von Längen	35	2.6.9	Mechanische Leistung und Wirkungsgrad	69
2.1.2	Kreisumfänge und Kreisteilungen	36	2.7	Elektrotechnik	70
2.1.3	Gestreckte und zusammengesetzte Längen	36	2.7.1	Ohmsches Gesetz	70
2.1.4	Maßstäbe	38	2.7.2	Leiterwiderstand	71
2.1.5	Lehrsatz des Pythagoras	38	2.7.3	Reihenschaltung von Widerständen	72
2.1.6	Winkelfunktionen	40	2.7.4	Parallelschaltung von Widerständen	72
2.1.7	Koordinatenmaße	42	2.7.5	Elektrische Leistung	73
2.2	Flächenberechnungen	44	2.7.6	Elektrische Arbeit	74
2.2.1	Geradlinig begrenzte Flächen mit Anwendungsbeispielen	44	2.7.7	Transformator	75
2.2.2	Kreisförmig begrenzte Flächen mit Anwendungsbeispielen	46	2.8	Hydraulik und Pneumatik	76
2.2.3	Zusammengesetzte Flächen	47	2.8.1	Druck, Druckeinheiten	76
2.2.4	Verschnitt	48	2.8.2	Druck und Druckausbreitung von Gasen	76
2.3	Körperberechnungen	49	2.8.3	Kolbenkräfte	77
2.3.1	Volumen und Oberfläche	49	2.8.4	Kraftübersetzung	79
2.3.2	Masse, Gewichtskraft	50	2.8.5	Kolbengeschwindigkeit	81
			2.8.6	Strömungsgeschwindigkeit	81
			2.8.7	Luftverbrauch pneumatischer Zylinder	82
			2.9	Metallbaukonstruktionen	83
			2.9.1	Teilungslängen bei Gittern und Bauelementen	83
			2.9.2	Teilungslängen gekrümmter Strecken	84
			2.9.3	Oberflächen von Profilkonstruktionen	86
			2.9.4	Masse von Profilkonstruktionen	86
			2.9.5	Längenberechnungen bei Metallbaukonstruktionen	88
			2.9.6	Zuschnittlängen von Systemkonstruktionen	90
			2.9.7	Rohmaße von Schmiede- und Pressstücken	91
			2.9.8	Treppenberechnung	92
			2.10	Blechkonstruktionen, Apparatebau	94
			2.10.1	Gekantete Bauteile	94
			2.10.2	Zugaben	95
			2.10.3	Abwicklungen	96

2.11 Maschinentechnik	98	2.16.2 Berechnen von Werkstückkontur-	
2.11.1 Zahnradmaße	98	punkten über Winkelbeziehungen	149
2.11.2 Achsabstand bei Zahnradern	98	2.17 Steuerungs- und Informationstechnik	152
2.11.3 Einfache Übersetzungen	99	2.18 Kostenrechnung	154
2.11.4 Vorschubgeschwindigkeit	101		
2.11.5 Hauptnutzungszeit beim Bohren, Senken, Reiben	102		
2.12 Schmelzschweißen	103		
2.12.1 Nahtquerschnitt und Elektrodenbe- darf beim Lichtbogenhandschweißen	103		
2.12.2 Schweißzeitberechnung beim Licht- bogenhandschweißen	103		
2.12.3 Verbrauch technischer Gase	107		
2.12.4 Schweißzeitberechnungen und Gasverbrauch beim Schmelzschweißen	107		
2.13 Wärmetechnik	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		
2.14 Statische Berechnungen im Stahl- und Metallbau	115		
2.14.1 Einwirkungen auf Tragwerke	115		
2.14.2 Bemessungswerte der Querschnitts- beanspruchungen	119		
2.14.3 Beanspruchbarkeit von Querschnitten	120		
2.14.4 Tragsicherheitsnachweis	122		
2.14.5 Knickfestigkeit	124		
2.14.6 Nachweis von Schweißverbindungen	133		
2.14.7 Nachweis von Schraubverbindungen	135		
2.15 Festigkeitsberechnungen im Maschinen- und Anlagenbau	138		
2.15.1 Beanspruchung auf Zug	138		
2.15.2 Beanspruchung auf Druck	139		
2.15.3 Beanspruchung auf Flächenpressung	140		
2.15.4 Beanspruchung auf Schub (Scherung)	141		
2.15.5 Schneiden von Werkstoffen	142		
2.15.6 Beanspruchung auf Biegung	144		
2.15.7 Beanspruchung auf Torsion	145		
2.16 NC-Technik	146		
2.16.1 Berechnen von Werkstückkontur- punkten über Hilfsdreiecke	146		
		3 Aufgaben zur Vertiefung und Prüfungsvorbereitung	156
		3.1 Lernfeldbezogene Projektaufgaben	156
		3.1.1 Gartentor mit Stabfüllung	156
		3.1.2 Freitragendes Schiebetor	157
		3.1.3 Stahltreppe	158
		3.1.4 Aluminiumfenster	160
		3.1.5 Behälter	162
		3.1.6 Absauganlage	164
		3.1.7 Ablaufsteuerung	166
		3.2 Fachrichtungs- und schwerpunkt- bezogene Aufgaben	170
		3.2.1 Konstruktionstechnik	170
		3.2.2 Ausrüstungstechnik	173
		3.2.3 Metall- und Schiffbautechnik	176
		3.2.4 Feinblechbautechnik	177
		3.2.5 Rohrleitungstechnik	180
		3.2.6 Apparatebau	183
		3.2.7 Fahrzeugbau	186
		3.2.8 Metallgestaltung	189
		4 Rechnerische Grundlagen	190
		4.2 Zahlensysteme	190
		4.3 Grundrechnungsarten	191
		4.3.3 Potenzieren	191
		4.3.4 Radizieren (Wurzelziehen)	191
		4.3.5 Bruchrechnen	192
		4.3.6 Schlussrechnungen (Dreisatzrechnung)	192
		4.3.7 Prozentrechnungen	193
		4.3.8 Winkelberechnungen	193
		4.4 Angewandte Grundrechnungsarten	194
		4.4.5 Rechnen mit physikalischen Größen	194
		4.4.6 Umrechnung von Einheiten	194
		4.4.7 Umstellen von Formeln	195
		4.5 Schaubilder	197
		4.5.3 Grafische Darstellungen von Funktionen und Messreihen	197
		4.6 Taschenrechner	199
		4.6.3 Technische Berechnungen mit dem Taschenrechner	199

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

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

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

7/5. $V = V_{\square} - V_0 = 0,4 \text{ dm} \cdot 0,15 \text{ dm} \cdot 0,3 \text{ dm} - \frac{\pi \cdot (0,13 \text{ dm})^2}{4} \cdot 0,15 \text{ dm}$
 $V = 0,016 \text{ dm}^3$

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

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

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

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

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

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

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

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

1.2 Fertigen eines Stahlgehäuses für eine Standuhr

$$\begin{aligned} 8/1. \quad L &= 2 \cdot l_1 + l_2 = 2 \cdot l_1 + \frac{\pi \cdot d_m}{2}; d_m = d + s = 94 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 97 \text{ mm} \\ L &= 2 \cdot 50 \text{ mm} + \frac{\pi \cdot 97 \text{ mm}}{2} = \mathbf{252,37 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8/2. \quad L &= 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2 + l_3 = 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2 + \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}; d_m = D - s = 20 \text{ mm} - 3 \text{ mm} = 17 \text{ mm} \\ \alpha &= 45^\circ + 90^\circ + 45^\circ = 180^\circ; \\ L &= 2 \cdot 60 \text{ mm} + 2 \cdot 57 \text{ mm} + \frac{\pi \cdot 17 \text{ mm} \cdot 180^\circ}{360^\circ} \\ L &= \mathbf{260,70 \text{ mm}} \\ 252,37 \text{ mm} &\hat{=} 100 \% \\ 2,5237 \text{ mm} &\hat{=} 1 \% \\ \frac{260,70 \text{ mm}}{2,5237 \text{ mm}} &\hat{=} 103,3 \% \\ \Delta l &= 103,3 \% - 100 \% = \mathbf{3,3 \%} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8/3. \quad m_1 &= m' \cdot l_1 = 0,705 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,25237 \text{ m} = 0,17792 \text{ kg} \\ m_1 &= \mathbf{177,92 \text{ g}} \\ m_2 &= m' \cdot l_2 = 0,705 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,26072 \text{ m} = 0,18381 \text{ kg} \\ m_2 &= \mathbf{183,81 \text{ g}} \end{aligned}$$

8/4. a) Nach Tabelle DIN 13-1: M5; **d = 4,2 mm**

$$\begin{aligned} \text{b) } V_{\text{Ges}} &= V_1 - 2 \cdot V_2 - V_3 \\ V_1 &= l \cdot b \cdot h = 24 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm} = 5400 \text{ mm}^3 \\ V_2 &= \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_2 = \frac{\pi \cdot (4,2 \text{ mm})^2}{4} \cdot 15 \text{ mm} = 207,82 \text{ mm}^3 \\ V_3 &= \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_3 = \frac{\pi \cdot (4,2 \text{ mm})^2}{4} \cdot 24 \text{ mm} = 332,51 \text{ mm}^3 \\ V_{\text{Ges}} &= 5400 \text{ mm}^3 - 2 \cdot 207,82 \text{ mm}^3 - 332,51 \text{ mm}^3 \\ V_{\text{Ges}} &= \mathbf{4651,85 \text{ mm}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8/5. \quad m &= V_{\text{Ges}} \cdot \rho = 4651,85 \text{ mm}^3 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{mm}^3} \\ m &= \mathbf{36,52 \text{ g}} \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{b) } v_{c \max} &= \pi \cdot d \cdot n; n = \frac{v_{c \max}}{\pi \cdot d} = \frac{35 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{\pi \cdot 0,006 \text{ m}} \\ n &= \mathbf{1856,81 \frac{1}{\text{min}}} \end{aligned}$$

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

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

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) $A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b = \frac{70 \text{ mm} + 40 \text{ mm}}{2} \cdot 15 \text{ mm} = \mathbf{825 \text{ mm}}$

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) $M_{\text{Ek}} = m_{\text{Ges}} \cdot K_{\text{M}} = 6,84 \text{ kg} \cdot 1,60 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 16,89 \text{ €}$

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

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) $L = \pi \cdot d_m + 8 \text{ mm} = \pi \cdot 79,2 \text{ mm} + 8 = 256,81 \text{ mm}; \quad d_m = D - s = 80 \text{ mm} - 0,8 \text{ mm} = 79,2 \text{ mm}$

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

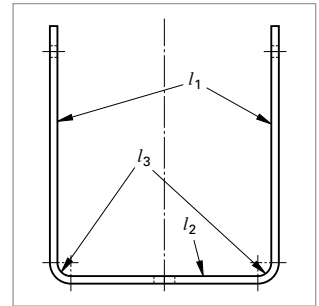
$$L = 2 \cdot 97 \text{ mm} + 74 \text{ mm} + \frac{2 \cdot \pi \cdot 13 \text{ mm} \cdot 90^\circ}{360^\circ}$$

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

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

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. $A_2 = A_3 - A_1 = a \cdot a - \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
 $A_2 = 100 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm} - \frac{\pi \cdot (88,4 \text{ mm})^2}{4}$

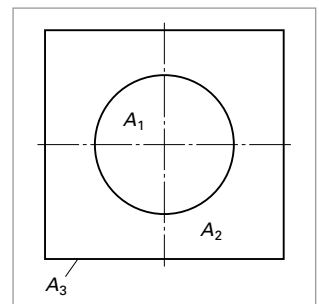
$$A_1 = 6137,54 \text{ mm}^2$$

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

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

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

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



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. $p = l + s = 288,42 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 291,42 \text{ mm}$

$$n = \frac{40 \cdot 291,42 \text{ mm}}{6000 \text{ mm}} = 1,94; \quad n = 2$$

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

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: $R_m = 950 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$; $\tau_{aB\text{max}} = 0,8 \cdot R_m$
 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: $R_m = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$; $\tau_{aB\text{max}} = 0,8 \cdot R_m$
 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: $m''_1 = 7,85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$; $m''_2 = 11,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$;

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

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

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

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

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

$$A_3 = 2 \cdot l \cdot b = 2 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 37 \text{ mm} = 7400 \text{ mm}^2$$

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

$$A_{\text{Ges2}} = A_2 + A_3 = 75\,000 \text{ mm}^2 + 7400 \text{ mm}^2 = 82\,400 \text{ mm}^2$$

Für $s = 1,0 \text{ mm}$

$$16 \text{ kg} \quad \hat{=} \quad 2\,000\,000 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ kg} \quad \hat{=} \quad 125\,000 \text{ mm}^2$$

$$1,6 \text{ kg} \quad \hat{=} \quad 199\,800 \text{ mm}^2$$

Für $s = 1,5 \text{ mm}$

$$24 \text{ kg} \quad \hat{=} \quad 2\,000\,000 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ kg} \quad \hat{=} \quad 83\,333,33 \text{ mm}^2$$

$$0,99 \text{ kg} \quad \hat{=} \quad 82\,400 \text{ mm}^2$$

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

$$\text{Materialkosten} = m_M \cdot K_M = 2,59 \text{ kg} \cdot 5,65 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 14,63 \text{ €}$$

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

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

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

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

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) $L = h + z + B_{\text{Steg}} - 0,8 \text{ mm}; \quad z = 2,5 \cdot d$

$$= 100 \text{ mm} + (2,5 \cdot 4 \text{ mm}) + 5 \text{ mm} - 0,8 \text{ mm} = \mathbf{114 \text{ mm}}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

18/6. Sechskantschraube ISO 4014-M10-8.8

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$MEK_{\text{Ges}} = m_{\text{M}} \cdot K_{\text{M}} + 18 \cdot 1,38 \text{ €} + 4 \cdot 1,01 \text{ €}$$

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

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

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

18/10. Drehpunkt = B

$$\sum \hat{M}_{\text{B}} = \sum \hat{M}_{\text{B}}$$

$$F_{\text{A}} \cdot l_{\text{A}} = F_{\text{P1}} \cdot l_1 + F_{\text{G}} \cdot l_{\text{G}} + F_{\text{P2}} \cdot l_2$$

$$F_{\text{A}} = \frac{F_{\text{P1}} \cdot l_1 + F_{\text{G}} \cdot l_{\text{G}} + F_{\text{P2}} \cdot l_2}{l_{\text{A}}}$$

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

$$F_{\text{G}} = 480,59 \text{ N}$$

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

$$F_{\text{A}} = 1261,11 \text{ N}$$

$$\sum F_{\downarrow} = \sum F_{\uparrow}$$

$$F_{\text{P1}} + F_{\text{P2}} + F_{\text{G}} = F_{\text{A}} + F_{\text{B}}$$

$$F_{\text{B}} = F_{\text{P1}} + F_{\text{P2}} + F_{\text{G}} - F_{\text{A}} = 1030,05 \text{ N} + 745,56 \text{ N} + 480,59 \text{ N} - 1261,11 \text{ N}$$

$$F_{\text{B}} = 995,09 \text{ N}$$

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) $L = l + l_s + l_a + l_u$; $l_s = 0,3 \cdot d$; 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 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 Muttermutter + 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. $U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_w}$
 $A_w = BR_W \cdot BR_s = 1,140 \text{ m} \cdot 1,18 \text{ m} = 1,345 \text{ m}^2$
 $x = 65 \text{ mm} + 6 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 101 \text{ mm}$
 $A_g = (BR_W - 2 \cdot x) \cdot (BR_s - 2 \cdot x) = (1,14 \text{ m} - 2 \cdot 0,101 \text{ m}) \cdot (1,18 \text{ m} - 2 \cdot 0,101 \text{ m})$
 $= 0,938 \text{ m} \cdot 0,978 \text{ m} = 0,917 \text{ m}^2$
 $A_f = A_w - A_g = 1,345 \text{ m}^2 - 0,917 \text{ m}^2 = 0,428 \text{ m}^2$
 $l_g = 2 \cdot (BR_W - x + BR_s - x) = 2 \cdot (1,16 \text{ m} - 0,101 \text{ m} + 1,25 \text{ m} - 0,101 \text{ m}) = 4,416 \text{ m}$

nach Tabelle:

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

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

$U_{g1} = 2,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $U_{f1} = 7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

$U_{w1} = \frac{0,428 \text{ m}^2 \cdot 7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} + 0,917 \text{ m}^2 \cdot 2,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} + 4,416 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ W/m} \cdot \text{K}}{1,345 \text{ m}^2}$
 $= \frac{2,996 \text{ W/K} + 2,659 \text{ W/K} + 0,353 \text{ W/K}}{1,345 \text{ m}^2} = \mathbf{4,467 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$

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

$U_{g2} = 2,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $U_{f2} = 1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

$U_{w2} = \frac{0,428 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} + 0,917 \text{ m}^2 \cdot 2,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} + 4,416 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ W/m} \cdot \text{K}}{1,345 \text{ m}^2}$
 $= \frac{0,428 \text{ W/K} + 2,384 \text{ W/K} + 0,353 \text{ W/K}}{1,345 \text{ m}^2} = \mathbf{2,353 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$

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:

$$\begin{aligned} L_{FW} &= B - 2 \cdot (d_B - c) \\ &= 1140 \text{ mm} - 2 \cdot (40 \text{ mm} - 5 \text{ mm}) \\ &= \mathbf{1070 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{Fs} &= H - 2 \cdot (d_B - c) \\ &= 1180 \text{ mm} - 2 \cdot (40 \text{ mm} - 5 \text{ mm}) \\ &= \mathbf{1110 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Glasleisten:

$$\begin{aligned} L_{Gw} &= L_{FW} - 2 \cdot d_F \\ &= 1070 \text{ mm} - 2 \cdot 48 \text{ mm} \\ &= \mathbf{974 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{Gs} &= L_{Fs} - 2 \cdot (d_F + d_G) \\ &= 1110 \text{ mm} - 2 \cdot (48 \text{ mm} + 18 \text{ mm}) \\ &= \mathbf{978 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Aluminiumfenster-System – Zuschnittliste								
Profil	Stück						Bearbeitung	Bemerkung
Blendrahmen waagerecht	2		1140					
Blendrahmen senkrecht	2		1180					
Flügelrahmen waagerecht	2		1070					
Flügelrahmen senkrecht	2		1110					
Glasleisten waagerecht	2	974						
Glasleisten senkrecht	2	978						

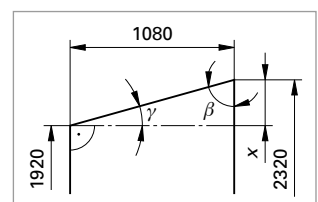
23/5. a) $x = \gamma + 90^\circ$

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

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

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

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



23/5.