



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 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 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

1	Berechnungen zu typischen Kundenaufträgen	5	2.5	Kräfte an Bauelementen	56
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	2.6	Einfache Maschinen	63
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	2.7	Elektrotechnik	70
1.14	Torsteuerung	28	2.7.1	Ohmsches Gesetz	70
1.15	Geschmiedetes Gartentor	33	2.7.2	Leiterwiderstand	71
2	Technisches Rechnen	35	2.7.3	Reihenschaltung von Widerständen	72
2.1	Längenberechnungen	35	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	2.8	Hydraulik und Pneumatik	76
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	Flächenberechnungen	44	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	2.9	Metallbaukonstruktionen	83
2.3	Körperberechnungen	49	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	Bewegungslehre	51	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	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
			2.11.1	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
2.12	Schmelzschweißen	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
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	Festigkeitsberechnungen im Stahlbau	115
2.14.1	Beanspruchungen	115
	Einwirkung auf Tragwerke: Schneelasten	116
2.14.2	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
2.15	Festigkeitsberechnungen im Maschinen- und Anlagenbau	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
2.16	NC-Technik	134
2.16.1	Berechnen von Werkstückkontur- punkten über Hilfsdreiecke	134
2.16.2	Berechnen von Werkstückkontur- punkten über Winkelbeziehungen	137
2.17	Steuerungs- und Informationstechnik	140
2.18	Kostenrechnung	142

3 Aufgaben zur Vertiefung und Prüfungsvorbereitung 144

3.1	Lernfeldbezogene Projektaufgaben	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
3.2	Fachrichtungs- und schwerpunkt- bezogene Aufgaben	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

4.2	Zahlensysteme	178
4.3	Grundrechnungsarten	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
4.4	Angewandte Grundrechnungsarten	182
4.4.5	Rechnen mit physikalischen Größen	182
4.4.6	Umrechnung von Einheiten	182
4.4.7	Umstellen von Formeln	183
4.5	Schaubilder	186
4.5.3	Grafische Darstellungen von Funktionen und Messreihen	186
4.6	Taschenrechner	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) $G_{OB1} = 25 \text{ mm} + 0,1 \text{ mm} = 25,1 \text{ mm}$
 $G_{OB2} = 6 \text{ mm} + 0,1 \text{ mm} = 6,1 \text{ mm}$
 $G_{OB3} = 30 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} = 30,5 \text{ mm}$

c) $G_{UB1} = 25 \text{ mm} - 0,1 \text{ mm} = 24,9 \text{ mm}$
 $G_{UB2} = 6 \text{ mm} - 0,1 \text{ mm} = 5,9 \text{ mm}$
 $G_{UB3} = 30 \text{ mm} - 0,5 \text{ mm} = 29,5 \text{ mm}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.4 Fertigen eines Stahlgehäuses mit Fuß für eine Leuchte

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

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

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

11/2. $D = d_i + 2 \cdot 5 \text{ mm} = (d_a - 2 \cdot t) + 2 \cdot 5 \text{ mm}$
 $D = 80 \text{ mm} - 2 \cdot 0,8 \text{ mm} + 2 \cdot 5 \text{ mm} = \mathbf{88,4 \text{ mm}}$

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

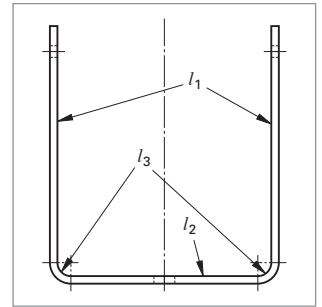
$$L = 2 \cdot 97 \text{ mm} + 74 \text{ mm} + \frac{2 \cdot \pi \cdot 13 \text{ mm} \cdot 90^\circ}{360^\circ}$$

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

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

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

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

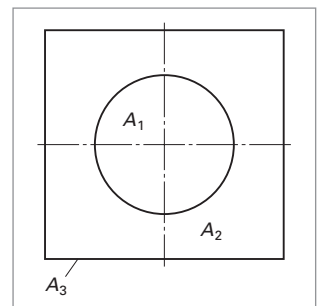
$$A_1 = 6137,54 \text{ mm}^2$$

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

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

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

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



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

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. $L_{zu} = 200 \text{ mm} - 42,53 \text{ mm} + 22,33 \text{ mm} = 179,80 \text{ mm}$

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: $m'_1 = 3,41 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

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

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

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

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) $MEK_{\text{Ges}} = MEK_1 + MEK_2 + MEK_3$

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

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

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

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 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) $x = \gamma + 90^\circ$

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

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

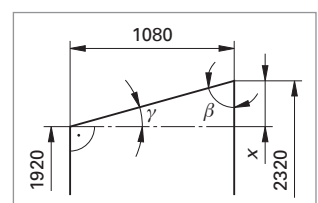
$$\Rightarrow \gamma = 20,3^\circ$$

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

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.