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 Erftstadt
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagfoto: Eislaufhalle im Olympiapark München

Inhaltsverzeichnis

1 Berechnungen zu typischen Kundenaufträgen 5

1.1 Schlüsselanhänger 5

1.2 Standuhr 6

1.3 Dosenquetscher 8

1.4 Leuchte 9

1.5 CD-Ständer 11

1.6 Blechtopf 13

1.7 Meißel 14

1.8 Parkbank 15

1.9 Trockenstempel-Prägegerät 17

1.10 Fenster 19

1.11 First-Oberlicht 22

1.12 Außentreppe 24

1.13 Rahmenbinder 27

1.14 Torsteuerung 28

1.15 Geschmiedetes Gartentor 33

2 Technisches Rechnen 35

2.1 Längenberechnungen 35
2.1.1 Teilung von Längen 35
2.1.2 Kreisumfänge und Kreisteilungen 36
2.1.3 Gestreckte und zusammengesetzte Längen 36
2.1.4 Maßstäbe 38
2.1.5 Lehrsatz des Phythagoras 38
2.1.6 Winkelfunktionen 40
2.1.7 Koordinatenmaße 42

2.2 Flächenberechnungen 44
2.2.1 Geradlinig begrenzte Flächen mit Anwendungsbeispielen 44
2.2.2 Kreisförmig begrenzte Flächen mit Anwendungsbeispielen 46
2.2.3 Zusammengesetzte Flächen 47
2.2.4 Verschnitt 48

2.3 Körperberechnungen 49
2.3.1 Volumen und Oberfläche 49
2.3.2 Masse, Gewichtskraft 50
2.3.3 Berechnung der Masse mithilfe von Tabellen 50

2.4 Bewegungslehre 51
2.4.1 Geradlinige Bewegung 51
2.4.2 Kreisförmige Bewegung 52
2.4.3 Ungleichförmige Bewegung 54
2.4.4 Mittlere Geschwindigkeit bei Kurbeltrieben 56

2.5 Kräfte an Bauelementen 56
2.5.4 Reibungskräfte 61
2.5.5 Seilkräfte bei Lastaufnahme-einrichtungen 62

2.6 Einfache Maschinen 63
2.6.1 Hebel und Drehmoment 63
2.6.2 Hebelgesetz 63
2.6.3 Auflagerkräfte 64
2.6.4 Mechanische Arbeit und Energie 65
2.6.5 Die schiefe Ebene 66
2.6.6 Der Keil als schiefe Ebene 67
2.6.7 Die Schraube als schiefe Ebene 68
2.6.8 Rollen und Flaschenzüge 68
2.6.9 Mechanische Leistung und Wirkungs-grad 69

2.7 Elektrotechnik 70
2.7.1 Ohmsches Gesetz 70
2.7.2 Leiterwiderstand 71
2.7.3 Reihenschaltung von Widerständen 72
2.7.4 Parallelschaltung von Widerständen 72
2.7.5 Elektrische Leistung 73
2.7.6 Elektrische Arbeit 74
2.7.7 Transformator 75

2.8 Hydraulik und Pneumatik 76
2.8.1 Druck, Druckeinheiten 76
2.8.2 Druck und Druckausbreitung von Gasen 76
2.8.3 Kolbenkräfte 77
2.8.4 Kraftübersetzung 79
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 Metallbau-konstruktionen 88
2.9.6 Zuschnittlängen von System-konstruktionen 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
2.11.1 Zahnradmaße 98
2.11.2 Achsabstand bei Zahnrädern 98
2.11.3 Einfache Übersetzungen Flachriementrieb – Zahnradtrieb – Schneckentrieb – 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 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 Wärmedurchganges 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 Werkstückkonturpunkten über Hilfsdreiecke 134
2.16.2 Berechnen von Werkstückkonturpunkten 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 Stahltreppe 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 schwerpunktbezogene 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 mm ± 0,1**
Toleranzklasse m l_2 **= 6 mm ± 0,1**
Toleranzklasse c l_3 **= 30 mm ± 0,5**

b) Go_{B1} = 25 mm + 0,1 mm = **25,1 mm**
Go_{B2} = 6 mm + 0,1 mm = **6,1 mm**
Go_{B3} = 30 mm + 0,5 mm = **30,5 mm**

c) Gu_{B1} = 25 mm – 0,1 mm = **24,9 mm**
Gu_{B2} = 6 mm – 0,1 mm = **5,9 mm**
Gu_{B3} = 30 mm – 0,5 mm = **29,5 mm**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

43,2 g ≙ 100 %

0,432 g ≙ 1 %

$\frac{82{,}72\ g}{0{,}432\ g} \triangleq \mathbf{191{,}48\ \%}$

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

$\alpha = 45° + 90° + 45° = 180°$;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

9/7. **a)** $A_{1\,\text{Ges}} = 75 \cdot 2 \cdot A_1 = 150 \cdot \left(l \cdot b + \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)$

$A_{1\,\text{Ges}} = 150 \cdot \left(84\text{ mm} \cdot 45\text{ mm} + \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{(84\text{ mm})^2}{4} \right)$

$A_{1\,\text{Ges}} = 982\,632{,}71\text{ mm}^2$; $\boldsymbol{A_{1\,\text{Ges}} = 0{,}98\text{ m}^2}$

b) $A_{2\,\text{Ges}} = 75 \cdot 2 \cdot A_2 = 150 \cdot \left(l \cdot b + \frac{l \cdot h}{2} \right)$

$A_{2\,\text{Ges}} = 150 \cdot \left(84\text{ mm} \cdot 55\text{ mm} + \frac{84\text{ mm} \cdot 40\text{ mm}}{2} \right)$

$A_{2\,\text{Ges}} = 945\,000\text{ mm}^2$; $\boldsymbol{A_{2\,\text{Ges}} = 0{,}95\text{ m}^2}$

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

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

9/8. Nach Tabelle DIN EN 10131: $m'' = 11{,}8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

$m_1 = m'' \cdot A_1 = 0{,}0118 \frac{\text{g}}{\text{mm}^2} \cdot 6550{,}88\text{ mm}^2 = \mathbf{77{,}3\ g}$

$m_2 = m'' \cdot A_2 = 0{,}0118 \frac{\text{g}}{\text{mm}^2} \cdot 6300\text{ mm}^2 = \mathbf{74{,}34\ g}$

9/9. **a)** $l_{1\,\text{Ges}} = 75 \cdot (l_1 + l_s) = 75 \cdot (120\text{ mm} + 3\text{ mm}) = 9225\text{ mm}$

$n_1 = \frac{l_{1\,\text{Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{9225\text{ mm}}{6000\text{ mm}} = 1{,}54$; $\boldsymbol{n_1 = 2}$

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

$n_2 = \frac{l_{2\,\text{Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{19\,152{,}75\text{ mm}}{6000\text{ mm}} = 3{,}19$; $\boldsymbol{n_2 = 4}$

c) $l_{3\,\text{Ges}} = 75 \cdot 2 \cdot (l_3 + l_s) = 150 \cdot (24\text{ mm} + 3\text{ mm}) = 4050\text{ mm}$

$n_3 = \frac{l_{3\,\text{Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{4050\text{ mm}}{6000\text{ mm}} = 0{,}68$; $\boldsymbol{n_3 = 1}$

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

b) $c^2 = a^2 + b^2$;

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

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

9/12. **a)** $p = \frac{l-(2 \cdot a)}{n-1}$

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

$\boldsymbol{n = 13}$

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

$\boldsymbol{b = 1{,}33\text{ mm}}$

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

1.3 Herstellen eines Dosenquetschers aus Stahlprofilen

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

$\boldsymbol{L = 60\text{ mm}}$

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

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

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

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

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

10/3. $l_{1\,\text{Ges}} = 28 \cdot (l_1 + l_s) = 28 \cdot (200\text{ mm} + 3\text{ mm}) = 5684\text{ mm}$

$n_1 = \frac{l_{1\,\text{Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{5684\text{ mm}}{6000\text{ mm}} = 0{,}95;\ \boldsymbol{n_1 = 1}$

$l_{2\,\text{Ges}} = 28 \cdot (l_2 + l_s) = 28 \cdot (140\text{ mm} + 3\text{ mm}) = 4004\text{ mm}$

$n_2 = \frac{l_{2\,\text{Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{4004\text{ mm}}{6000\text{ mm}} = 0{,}67;\ \boldsymbol{n_2 = 1}$

$l_{3\,\text{Ges}} = 28 \cdot (l_3 + l_s) = 28 \cdot (140\text{ mm} + 3\text{ mm}) = 4004\text{ mm}$

$n_3 = \frac{l_{3\,\text{Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{4004\text{ mm}}{6000\text{ mm}} = 0{,}67;\ \boldsymbol{n_3 = 1}$

$l_{4\,\text{Ges}} = 2 \cdot 28 \cdot (l_4 + l_s) = 2 \cdot 28 \cdot (60\text{ mm} + 3\text{ mm}) = 3528\text{ mm}$

$n_4 = \frac{l_{4\,\text{Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{3528\text{ mm}}{6000\text{ mm}} = 0{,}59;\ \boldsymbol{n_4 = 1}$

$l_{5\,\text{Ges}} = 28 \cdot (l_5 + l_s) = 28 \cdot (175\text{ mm} + 3\text{ mm}) = 4984\text{ mm}$

$n_5 = \frac{l_{5\,\text{Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{4984\text{ mm}}{6000\text{ mm}} = 0{,}83;\ \boldsymbol{n_5 = 1}$

$l_{6\,\text{Ges}} = 28 \cdot (l_6 + l_s) = 28 \cdot (600\text{ mm} + 3\text{ mm}) = 16\,884\text{ mm}$

$n_6 = \frac{l_{6\,\text{Ges}}}{l_{\text{Stab}}} = \frac{16\,884\text{ mm}}{6000\text{ mm}} = 2{,}81;\ \boldsymbol{n_6 = 3}$

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

10/5. **a)** $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2;$

$F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{800\text{ N} \cdot (168\text{ mm} - 20\text{ mm})}{(650\text{ mm} - 20\text{ mm})}$

$\boldsymbol{F_2 = 187{,}94\text{ N}}$

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

$\boldsymbol{F_2 = 142{,}65\text{ N}}$

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 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 mm²**

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 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 mm**

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

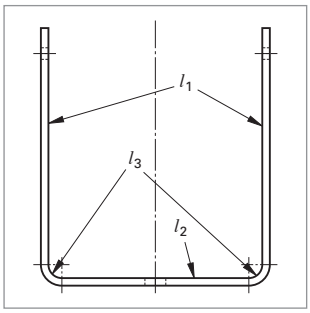
$L = 2 \cdot 97\ \text{mm} + 74\ \text{mm} + \frac{2 \cdot \pi \cdot 13\ \text{mm} \cdot 90°}{360°}$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

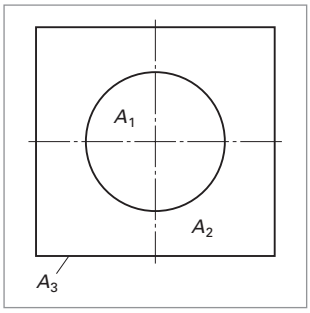
$A_1 = 6137{,}54\ \text{mm}^2$

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

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

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

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



12/8.

12/9. A_1 = Lampenkörper A_2 = Lampendeckel

$A_{Ges} = A_1 + A_2 = 38\,522{,}12\ \text{mm}^2 + 10\,000\ \text{mm}^2$

$A_{Ges} = 48\,522{,}12\ \text{mm}^2$

$A_{Tafel} = l \cdot b = 2000\ \text{mm} \cdot 1000\ \text{mm} = 2\,000\,000\ \text{mm}^2$

$n = \dfrac{A_{Tafel}}{A_{Ges}} = \dfrac{2\,000\,000\ \text{mm}^2}{48\,522{,}12\ \text{mm}^2} = 41{,}22$

$\boldsymbol{n = 41}$

12/10. $p = l + s = 288{,}42\ \text{mm} + 3\ \text{mm} = 291{,}42\ \text{mm}$

$n = \dfrac{40 \cdot 291{,}42\ \text{mm}}{6\,000\ \text{mm}} = 1{,}94;\quad \boldsymbol{n = 2}$

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

$\boldsymbol{l = 155{,}88\ \text{mm}}$

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

12/12. $\text{MEK} = m_{Ges} \cdot K_M = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \cdot K_M$

$\text{MEK} = (0{,}24192\ \text{kg} + 0{,}0628\ \text{kg} + 0{,}136\ \text{kg} + 0{,}28\ \text{kg}) \cdot 1{,}60\ \dfrac{€}{\text{kg}} = 1{,}15\ €$

$\text{MEK} = 1{,}15\ € + 3{,}80\ €$

MEK = 4,95 €

1.5 Fertigen eines CD-Ständers

13/1. **a)** Nach Tabelle: $v = 2{,}90$ mm;

$B = a + b - v = 20\ \text{mm} + 20\ \text{mm} - 2{,}90\ \text{mm} = \mathbf{37\ mm}$

b) $n = \dfrac{2000\ \text{mm}}{37\ \text{mm}} = \mathbf{54}$

13/2. **a)** Nach Tabelle: $v = 2{,}90$ mm;

$B = a + b + c + d + e - n \cdot v = 10\ \text{mm} + 15\ \text{mm} + 200\ \text{mm} + 25\ \text{mm} + 10\ \text{mm} - 4 \cdot 2{,}90\ \text{mm}$

$B = \mathbf{248{,}40\ mm \approx 250\ mm}$

b) $n_1 = \dfrac{1000\ \text{mm}}{300\ \text{mm}} = 3$

$n_2 = \dfrac{2000\ \text{mm}}{250\ \text{mm}} = 8$

$n_{Ges} = n_1 \cdot n_2 = 3 \cdot 8 = \mathbf{24}$

13/3. **a)** Nach Tabelle: $v_1 = 2{,}10$ mm; $v_2 = 0{,}93$ mm;

$B = (a + b + c) \cdot 2 + d - n_1 \cdot v_1 - n_2 \cdot v_2$

$B = (12\text{ mm} + 23{,}4\text{ mm} + 114{,}3\text{ mm}) \cdot 2 + 40\text{ mm} - 2 \cdot 2{,}10\text{ mm} - 4 \cdot 0{,}93\text{ mm} = \mathbf{331{,}48\text{ mm}}$

$\boldsymbol{B \approx 333\text{ mm}}$

b) $n_1 = \dfrac{1000\text{ mm}}{333\text{ mm}} = 3$

$n_2 = \dfrac{2000\text{ mm}}{600\text{ mm}} = 3$

$n_{Ges} = n_1 \cdot n_2 = 3 \cdot 3 = \mathbf{9}$

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

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

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: $R_m = 950\dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$; $\tau_{aBmax} = 0{,}8 \cdot R_m$

Parallelschnitt

$F_s = l_s \cdot s \cdot 1{,}2 \cdot \tau_B = 174\text{ mm}^2 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}8 \cdot 950\dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \mathbf{158{,}69\text{ kN}}$

c) Variante 2 nach Tabelle: $R_m = 420\dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$; $\tau_{aBmax} = 0{,}8 \cdot R_m$

Parallelschnitt

$F_s = l_s \cdot s \cdot 1{,}2 \cdot \tau_B = 174\text{ mm}^2 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}8 \cdot 420\dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \mathbf{70{,}16\text{ kN}}$

14/6. **a)** Ständer Pos. 1

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

Sockel Pos. 2

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

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

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

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

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

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

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

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

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 $s = 1{,}0$ mm

16 kg ≙ 2 000 000 mm²
1 kg ≙ 125 000 mm²
1,6 kg ≙ 199 800 mm²

Für $s = 1{,}5$ mm

24 kg ≙ 2 000 000 mm²
1 kg ≙ 83 333,33 mm²
0,99 kg ≙ 82 400 mm²

$m_{\text{CD-Ständer}} = 2{,}59$ kg

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

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

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

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

1.6 Fertigen eines Blechtopfes

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

15/5. **a)** Nach Tabelle: $R_m = 500 \frac{N}{mm^2}$

$$F_1 = A_s \cdot \tau_B = A_s \cdot 0{,}8 \cdot R_m = 1\ mm^2 \cdot 0{,}8 \cdot 500 \frac{N}{mm^2} = \mathbf{400\ N}$$

b) $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2;\ F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{400\ N \cdot 30\ mm}{200\ mm} = \mathbf{60\ N}$

c) $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2;\ F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{400\ N \cdot 45\ mm}{200\ mm} = \mathbf{90\ N}$

1.7 Herstellen eines Flachmeißels

16/1. $\tan \alpha = \frac{a}{b};\ b = \frac{a}{\tan \alpha}$

$$L = \frac{7{,}5\ mm}{\tan 10°} = 42{,}53\ mm$$

16/2. $V_1 =$ Ausgangsvolumen; $V_2 =$ Endvolumen

$$V_2 = \frac{A_1 \cdot l_1}{2} = \frac{(20\ mm \cdot 15\ mm) \cdot 42{,}53\ mm}{2} = 6379{,}5\ mm^3$$

$$V_1 = V_2 \cdot (1+q) = 6\,379{,}5\ mm^3 \cdot (1+0{,}05) = 6698{,}48\ mm^3$$

$$l = \frac{V_1}{A_1} = \frac{6698{,}48\ mm^3}{(20\ mm \cdot 15\ mm)} = \mathbf{22{,}33\ mm}$$

16/3. L_{zu} = 200 mm – 42,53 mm + 22,33 mm = **179,80 mm**

16/4. $\Delta l = \alpha_1 \cdot l_1 \cdot \Delta t;\ \Delta t = t_2 - t_1 = 1180\ °C - 25\ °C = 1155\ °C$

$$\Delta l = 0{,}000012 \frac{1}{°C} \cdot 179{,}80\ mm \cdot 1155\ °C = \mathbf{2{,}49\ mm}$$

16/5. $m_1 = \varrho \cdot V_1 = \varrho \cdot l \cdot b \cdot h = 7{,}85 \frac{kg}{dm^3} \cdot 0{,}2\ dm \cdot 0{,}15\ dm \cdot 1{,}80\ dm$

$= \mathbf{0{,}424\ kg};\ \boldsymbol{m = 424\ g}$

$m_2 = \varrho \cdot V_2 = L \cdot (l \cdot b \cdot h + V_{Spitze}) = 7{,}85 \frac{kg}{dm^3} \cdot (157{,}47\ mm \cdot 20\ mm \cdot 15\ mm + 6379{,}5\ mm^3)$

$= \mathbf{0{,}421\ kg};\ \boldsymbol{m_2 = 421\ g}$

16/6. $\Delta t = t_2 - t_1 = 1180\ °C - 25\ °C = 1155\ °C = 1155\ K$

$$Q_N = c \cdot m_1 \cdot \Delta t = 0{,}49 \frac{kJ}{kgK} \cdot 0{,}424\ kg \cdot 1155\ K = 239{,}96\ kJ$$

$$\eta = \frac{Q_N}{Q};\ Q = \frac{Q_N}{\eta} = \frac{239{,}96\ kJ}{0{,}06} = 3999{,}33\ kJ$$

$$Q = H \cdot m_2;\ m_2 = \frac{Q}{H} = \frac{3999{,}33\ kJ}{34 \frac{MJ}{kg}} = \mathbf{0{,}12\ kg}$$

16/7. $Q = H \cdot m = \frac{34\ MJ}{kg} \cdot 20\ kg = \mathbf{680\ MJ}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

d) $V_E = \dfrac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l_E = \dfrac{\pi \cdot (4\ \text{mm})^2}{4} \cdot (450\ \text{mm} - 30\ \text{mm})$

$\mathbf{V_E = 5277{,}88\ mm^3}$

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

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

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

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

$\cos\alpha = \dfrac{b}{c};\quad c = \dfrac{b}{\cos\alpha} = \dfrac{50\ \text{mm}}{\cos\ 30°} = 57{,}74\ \text{mm}$

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

18/6. Sechskantschraube ISO 4014-M10-8.8

Nach Tabelle Scheibe ISO 7090: $h = 2$ mm

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

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

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

Bestelllänge 55 mm

(Fortsetzung nächste Seite)

18/6. (Fortsetzung)

Flachrundschraube DIN 603-M8-4.6

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

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

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

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

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

Bestelllänge 65 mm

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

18/10. Drehpunkt $= B$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.9 Fertigen eines Trockenstempel-Prägegerätes

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

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

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

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

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

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

b) $L = l + l_s + l_a + l_u$; $l_s = 0{,}3 \cdot d$; für Bohrer $\sigma = 118°$

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

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

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

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

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

d) $V_s = A \cdot l$

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

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

$V_s = 9\text{ mm}^2 \cdot 3300\text{ mm} = \mathbf{29\,700\text{ mm}^2}$

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 $s = 15$ 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/mm²: $l_e = 1{,}2 \cdot d = 1{,}2 \cdot 8\text{ mm} = \mathbf{9{,}6\text{ mm}}$

(Fortsetzung nächste Seite)

20/5. (Fortsetzung)

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

$l_G = l_e + 3 \cdot P$

$l_G = 9{,}6$ mm + 3,75 mm = **13,35 mm**

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

$l_K = l_G + e_1$

$l_K = 13{,}35$ mm + 6,25 mm = **19,6 mm**

e) Nach Tabelle Durchgangslöcher für Schrauben DIN EN 20273

d_D = **9,0 mm**

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

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

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

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

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

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

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

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

21/8. $v_c = d \cdot \pi \cdot n; \quad n = \dfrac{v_c}{d \cdot \pi} = \dfrac{30\,000\text{ mm/min}}{350\text{ mm} \cdot \pi} =$ **27,28 1/min**

21/9. **a)** $L =$ Stempelhalterführung Pos. 20 + Seitenteile links und rechts Pos. 14/15 + Gewinde Hutmutter + Höhe Scheibe

$L =$ 21 mm + 12 mm + 5 mm + 1,6 mm = 39,6 mm ≈ **40 mm**

(Nennlängenstufung um 5 mm)

b) Nach Tabelle DIN EN ISO 898-1

Festigkeitsklasse 8.8 Streckgrenze $f_{y,b,k}$ = **640 N/mm²**

Zugfestigkeit $f_{u,b,k}$ = **800 N/mm²**

Festigkeitsklasse 8.8 Streckgrenze $R_e = 8 \cdot 100$ = **800 N/mm²**

Zugfestigkeit $R_m = 8 \cdot 8 \cdot 10$ = **640 N/mm²**

21/10. Nach Tabellen: $v_1 = 3{,}98$ mm für $R = 2{,}5$ mm und $s = 2$ 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 = **49,04 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. $U_w = \dfrac{A_f \cdot U_f \cdot A_g \cdot U_g \cdot l_g \cdot \Psi_g}{A_w}$

$A_w = BR_w \cdot BR_s = 1{,}140\text{ m} \cdot 1{,}18\text{ m} = 1{,}345\text{ m}^2$

$A_g = (BR_w - 2 \cdot x) \cdot (BR_s - 2 \cdot x) = (1{,}14\text{ m} - 2 \cdot (0{,}113\text{ m} + 0{,}014\text{ m})) \cdot$
$(1{,}18\text{ m} - 2 \cdot (0{,}113\text{ m} + 0{,}014\text{ m})) = 0{,}886\text{ m} \cdot 0{,}926\text{ m} = 0{,}82\text{ m}^2$

$A_f = A_w - A_g = 1{,}345\text{ m}^2 - 0{,}82\text{ m}^2 = 0{,}525$

$l_g = 2 \cdot (BR_w - x + BR_s - x) = 2 \cdot (1{,}013\text{ m} + 1{,}053\text{ m}) = 4{,}132\text{ m}$

nach Tabelle:

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

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

$U_{g2} = 2{,}9\text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (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. $\Phi = U_w \cdot A \cdot \Delta\Theta$

$\Delta\Theta = \Theta_i - \Theta_a = 21° - (-20\,°\text{C}) = 41\,°\text{C} = 41\text{ K}$

$\Phi = 3{,}08\text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 25{,}5\text{ m}^2 \cdot 41\text{ K} = 3220\text{ W}$

= **3,2 kW**

23/4. Blendrahmen:

Aus Aufgabe /1

$L_{Bw} = B$

= **1140 mm**

$L_{Bs} = H$

= **1180 mm**

(Fortsetzung nächste Seite)

23/4. (Fortsetzung)

Flügelrahmen:

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

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

$=$ **1062 mm**

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

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

$=$ **1102 mm**

Glasleisten:

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

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

$=$ **930 mm**

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

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

$=$ **926 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)** $x = \gamma + 90°$

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

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

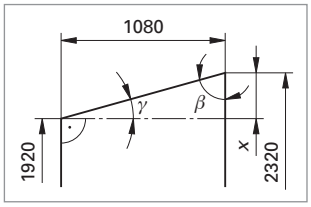
$\Rightarrow \gamma = 20{,}3°$

$x = 20{,}3° + 90° \approx$ **110°**

b) $90° + \beta + \gamma = 180°$

$\beta = 180° - 90° - \gamma = 180° - 90° - 20{,}3°$

$\approx$ **70°**



23/5.