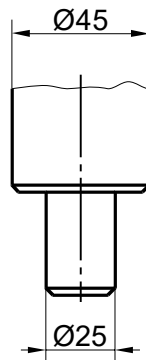




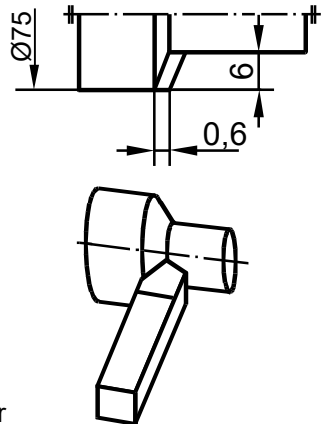
Aufgaben

- 1 Eine Welle soll aus dem Baustahl E295 mit Hartmetall-Wendeschneidplatten rund gedreht werden.
 - a) Ermitteln Sie die Schnittdaten für das Schruppen.
 - b) Ermitteln Sie die Schnittdaten für das Schlichten.
- 2 Für die Welle aus E295 werden die folgenden Schnittdaten gewählt: Schnitttiefe $a_p = 4$ mm, Vorschub $f = 0,35$ mm und Einstellwinkel $\kappa = 60^\circ$. Ermitteln Sie
 - a) den Spanungsquerschnitt A
 - b) die Spannungsdicke h
 - c) die spezifische Schnittkraft k_c
 - d) die Schnittkraft F_c
- 3 Zum Schlichten einer Welle aus 16MnCr5 wird sie mit einer Spannungsdicke von $h = 0,2$ mm und einer Spannungsbreite $b = 0,5$ mm überdreht.
 - a) Wie groß ist die Schnittkraft F_c ?
- 4 Für eine Welle aus C60 werden die folgenden Schnittdaten gewählt: Schnitttiefe $a_p = 4$ mm, Vorschub $f = 0,40$ mm und Einstellwinkel $\kappa = 60^\circ$. Ermitteln Sie
 - a) den Spanungsquerschnitt A
 - b) die spezifische Schnittkraft k_c durch lineare Interpolation der benachbarten k_c -Werte.
 - c) die spezifische Schnittkraft k_c durch Berechnung mit $k_{c1.1}$ und m_c .
 - d) die Schnittkraft F_c
- 5 Der Zapfen $\varnothing 25$ aus 42CrMo 4 wird in zwei gleichen Schnitten mit dem Vorschub $f = 0,5$ mm gedreht. Wie groß sind für den
 - a) der Spanungsquerschnitt A
 - b) die Schnittkraft F_c ?
- 6 Eine Welle aus C60 wird mit $f = 0,2$ mm und $a_p = 0,5$ mm überdreht. Wie groß sind der Korrekturfaktor C_1 für Scheidkeramik und die Schnittkraft F_c ?
- 7 Eine Welle aus 16MnCr5 wird in einem Schnitt von $\varnothing 84$ auf $\varnothing 80$ mm überdreht. Das Schneidplättchen besteht aus HM mit dem Einstellwinkel $\kappa = 60^\circ$. Wie groß ist die Schnittkraft?
- 8 Ein Werkstück wird mit $v_c = 120$ m/min gedreht. Wie groß ist die Schnittleistung
 - a) bei der Schnittkraft $F_c = 3500$ N
 - b) bei dem Zeitspanvolumen $Q = 126$ cm³/min und der spezifischen Schnittkraft $k_c = 3333$ N/mm² ?
 - c) Wie viele m³ Späne fallen an, wenn an 6 Tagen in zwei Schichten á 8 Stunden während 60% der Zeit die Maschine läuft und die Spandichte im Container 15% beträgt ?
- 9 Für eine Serienfertigung von Haspeln werden folgende Schnittwerte ermittelt: $v_c = 200$ m/min, $a = 4$ mm, $f = 0,4$ mm; $k_c = 4125$ N/mm². Berechnen Sie die benötigte Leistung der Drehmaschine bei einem Gesamtwirkungsgrad von 70%.



- 10 Welche Schnittleistung ist erforderlich, um eine Welle aus 16MnCr5 mit $a = 5$ mm, $f = 0,32$ mm, $\kappa = 75^\circ$ und $v_c = 160$ m/min zu drehen?

- 11 Die Welle im Bild wird auf einer Drehmaschine gefertigt. Die Drehzahl beträgt $n = 265$ /min und die spezifische Schnittkraft $k_c = 2620$ N/mm². Zu berechnen sind:



- a) Schnittgeschwindigkeit
- b) die Schnittkraft
- c) die Leistung an der Werkzeugschneide
- d) die Leistungsaufnahme des Antriebsmotors bei einem Wirkungsgrad der Maschine von 65%.

- 12 Einer Drehmaschine mit einem Wirkungsgrad von 70 % können maximal 55 KW zugeführt werden. Weisen Sie nach, dass die Maschine bei einer Aufteilung des Spanungsquerschnittes von z.B. $f = 2$ mm und $a = 5,6$ mm nicht voll ausgelastet ist. Weitere Angaben: Schnittgeschwindigkeit $v_c = 120$ m/min; Werkstoff 16MnCr5; Einstellwinkel $\kappa = 45^\circ$.

- 13 Der Antriebsmotor einer Drehmaschine gibt eine Leistung von 18,5 kW ab. Die Maschine hat einen Gesamtwirkungsgrad von 0,75. Die Schnitttiefe soll 3,5 mm und die Schnittgeschwindigkeit 220 m/min betragen. Die spezifische Schnittkraft beträgt $k_c = 1850$ N/mm².

- a) Wie hoch kann der Vorschub höchstens gewählt werden, damit die Leistung des Antriebsmotors ausreicht ?

14

- a) Welche Schnitttiefe a kann maximal eingestellt werden, wenn auf einer Drehmaschine mit einer Antriebsleistung $P = 55$ KW und 68% Wirkungsgrad mit einer Schnittgeschwindigkeit von 120 m/min und einem Vorschub von $f = 1,5$ mm/U eine Welle mit $d = 55$ mm aus 16MnCr5 bearbeitet werden soll ? Der Einstellwinkel soll 45° betragen.
- b) Zu berechnen ist die Vorschubleistung für das vorhergehende Beispiel, wenn die Vorschubkraft etwa 50% von der Schnittkraft F beträgt. Welche Feststellung machen Sie ?

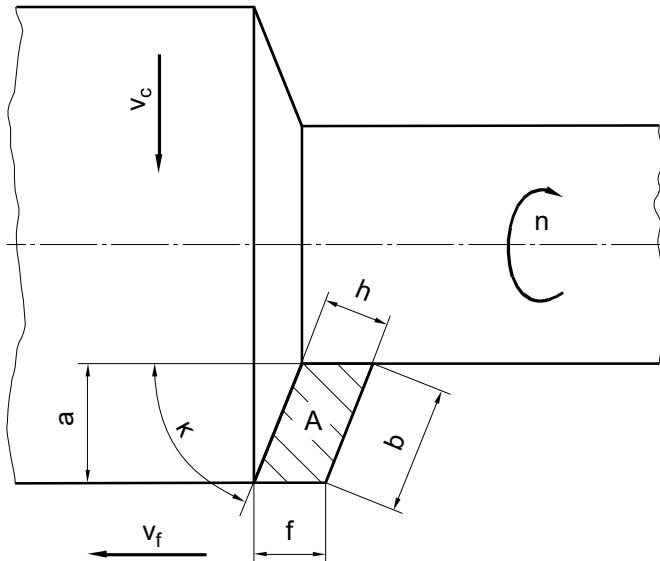
- 15 Welche Schnitttiefe a kann maximal eingestellt werden, wenn auf einer Drehmaschine mit $P = 5,5$ kW Antriebsleistung und 80% Wirkungsgrad mit einer Schnittgeschwindigkeit von 140 m/min und einem Vorschub $f = 0,16$ mm/U eine Welle aus Stahl E295 und $d = 180$ mm Durchmesser bearbeitet werden soll ? Der Einstellwinkel beträgt 60° .

An der Maschine einstellbare Drehzahlen in 1/min:
.... 200, 224, 250, 280, 315

Hinweis: Bestimmen Sie zunächst die zur gewählten Schnittgeschwindigkeit gehörende Drehzahl, wählen Sie damit eine mögliche Maschinendrehzahl aus, und ermitteln Sie dann die tatsächliche Schnittgeschwindigkeit.



Lösungsvorschläge



Tabellenwerte siehe 46. Auflage des Tabellenbuch Metall aus dem Europa-Verlag. Werte aus anderen Ausgaben oder Werken können erheblich (!) abweichen.

Grundformel und Korrekturfaktoren

- E295 ist ein Baustahl mit $R_m=470..610 \text{ MPa}$ ¹ (→ TB S.131)
Schnittwerte aus TB S.316 für Längsgrunddrehen mit HM-Platten und $R_m=550 \text{ MPa}$
 - Schruppen (=Vorbearbeitung mit dem Ziel, möglichst schnell Material abzutragen)
 $v_c = 170 \text{ m/min}$
 $f = 0,25..0,6 \text{ mm/Umdr}$
 $a_p = 2..6 \text{ mm}$
 - Schlichten (=Feinbearbeitung mit dem Ziel, eine glatte Oberfläche und Maßhaltigkeit zu erreichen)
 $v_c = 290 \text{ m/min}$
 $f = 0,1..0,25 \text{ mm/Umdr}$
 $a_p = 0,5..2 \text{ mm}$

Wenn die Schnittwerte in anderen Tabellenbüchern nicht gesondert aufgeführt sind, wählt man zum Schruppen größere Werte für Schnitttiefe und Vorschub bei kleinerer Schnittgeschwindigkeit.²
- TB S.319 („Schnittkraft, Drehen“)
→ TB S.301 („Schnittkraft, spezifisch“)
 - $A = a_p \cdot f = 4 \text{ mm} \cdot 0,35 \text{ mm} = 1,4 \text{ mm}^2$
 - $h = f \cdot \sin \kappa = 0,35 \text{ mm} \cdot \sin 60^\circ = 0,30$
 - $k_c = k = 2721 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ für $h=0,30 \text{ mm}$ und E295
 - $F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,4 \text{ mm}^2 \cdot 2712 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1 \cdot 1 = 3809 \text{ N}$ ³

- $A = a_p \cdot f = h \cdot b$ (siehe Grafik oben)
16MnCr5 ist ein Einsatzstahl⁴ mit $R_m=780..1080 \text{ MPa}$ (→ [EuroTabM46] S.133)
 - $k_c = k = 3191 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ für $h=0,20 \text{ mm}$ und 16MnCr5
 $F_c = A \cdot k_c = h \cdot b \cdot k_c = 0,2 \text{ mm} \cdot 0,5 \text{ mm} \cdot 3191 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 319 \text{ N}$

Werkstoffe nach Zerspankräften

- $h = f \cdot \sin \kappa = 0,4 \text{ mm} \cdot \sin 60^\circ = 0,35 \text{ mm}$
C60 ist ein Vergütungsstahl⁵ mit $R_m=670 \text{ MPa}$ im normalgeglühten Zustand (→ [EuroTabM46] S.134)
 - $A = a_p \cdot f = 4 \text{ mm} \cdot 0,4 \text{ mm} = 1,6 \text{ mm}^2$
 - $k_{c,0,3} = 2645 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ für $h = 0,3 \text{ mm}$
 $k_{c,0,4} = 2512 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ für $h = 0,4 \text{ mm}$
 $k_c = k_{c,0,3} + \frac{k_{c,0,4} - k_{c,0,3}}{0,4 \text{ mm} - 0,3 \text{ mm}} \cdot (0,3 - 0,35) \text{ mm}$
 $= 2645 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + \frac{2512 - 2645 \text{ N/mm}^2}{0,4 - 0,3 \text{ mm}} \cdot (0,3 - 0,35) \text{ mm}$
 $= 2579 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Zeichnung ergänzen

- $k_c = \frac{k_{c1,1}}{h^{m_c}} = \frac{2130 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,35^{0,18}} \cdot 1 \cdot 1 = 2753 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
 - $F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,6 \text{ mm}^2 \cdot 2753 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1 \cdot 1 = 4117 \text{ N}$
- Schnitttiefe a
 - $a_p = \frac{D - d}{2 \cdot 2} = \frac{(45 - 25) \text{ mm}}{4} = 5 \text{ mm}$
 $A = a_p \cdot f = 5 \text{ mm} \cdot 0,5 \text{ mm} = 2,5 \text{ mm}^2$
 - Wenn nichts angegeben ist, kann man Einstellwinkel $\chi = 90^\circ$ und Korrekturfaktoren = 1 annehmen.
 $F_c = A \cdot k_c = 2,5 \text{ mm}^2 \cdot 2994 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 7485 \text{ N}$
 - Korrekturfaktor $C_1 = 0,9$ (→ TB S.319)
 $A = a_p \cdot f = 0,5 \text{ mm} \cdot 0,2 \text{ mm} = 0,1 \text{ mm}^2$
 $F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = 0,1 \text{ mm}^2 \cdot 2846 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,9 \cdot 1 = 256 \text{ N}$

¹ MPa = N/mm². MPa lässt sich leichter tippen und kommt vielleicht mal in einer Prüfung vor.

² Merke: Ein Bagger ist beim Graben schneller als ein Arbeiter, sondern hat eine größere Schaufel.

³ Für das kleine griechische Kappa sind unterschiedliche Darstellungen üblich, z.B. χ oder κ

⁴ Einsatzstähle haben einen niedrigen Kohlenstoffgehalt, der in der Randschicht erhöht wird, z.B. durch 'Einsetzen' und Glühen in Graphit. Danach ist das Werkstück in der Randschicht durch Erhitzen und Abschrecken härtbar (= Einsatzhärtbar). Randschichtgehärtete Werkstücke haben den Vorteil, dass sie außen verschleißfest sind und im Kern zäh bleiben.

⁵ Vergütungsstähle sind zum Vergüten geeignet. Vergüten ist eine Wärmebehandlung (Erhitzen, Abschrecken und Anlassen) von Stahl, die Festigkeit und Zähigkeit steigert. Da Vergüten das Spannen erschwert, wird üblicherweise von dem Vergüten gedreht und hier R_m für normalgeglüht (=unvergütet) verwendet.



Schnittwerte aus dem TabB

7 Schnitttiefe: $a_p = \frac{D-d}{2} = \frac{84-80}{2} \text{ mm} = 2 \text{ mm}$

16MnCr5 (→ Aufg. 3); $f \approx 0,25 \text{ mm}$ (→ TabB)

$$h = f \cdot \sin \kappa = 0,25 \text{ mm} \cdot \sin 60^\circ = 0,22 \text{ mm}$$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \cdot C_1 \cdot C_2 = \frac{2100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,25^{0,26}} \cdot 1 \cdot 1 = 3011 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_c = A \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c = 2 \text{ mm} \cdot 0,25 \text{ mm} \cdot 3011 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1506 \text{ N}$$

Schnittleistung, Zeitspannvolumen

8 In [EuroTabM] bis 43. Auflage findet man die Formel noch, ab 44. Auflage muss man das Sparvolumen V aus Spanfläche und Spanlänge ermitteln:

a) $P = F_c \cdot v_c = 3500 \text{ N} \cdot 120 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 3500 \text{ N} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 7000 \text{ W}$

b) $P = F_c \cdot v_c = A \cdot k_c \cdot \frac{l}{t} = \frac{V}{t} \cdot k_c = Q \cdot k_c$

$$P = 126 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \cdot 3333 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 126 \frac{(0,01 \text{ m})^3}{60 \text{ s}} \cdot 3333 \frac{\text{N}}{(0,001 \text{ m})^2} = 7000 \text{ W}$$

c) $V_{\text{Span}} = Q \cdot t = 126 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \cdot 6 \text{ d} \cdot 2 \cdot \frac{8 \text{ h}}{\text{d}} \cdot 60\%$

$$= 126 \frac{(0,01 \text{ m})^3}{\text{min}} \cdot 6 \cdot 2 \cdot 8 \cdot (60 \text{ min}) \cdot 0,6 = 0,435 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Späne}} = \frac{V_{\text{Span}}}{15\%} = \frac{0,435 \text{ m}^3}{0,15} = 2,9 \text{ m}^3$$

d: Tag (von lat. *dies* = Tag)

h: Stunde (von lat. *hora* = Stunde)⁶

9 $F_c = A_c \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c = 4 \cdot 0,4 \text{ mm}^2 \cdot 4125 \text{ MPa} = 6600 \text{ N}$

$$P_{ab} = F_c \cdot v_c = 6600 \text{ N} \cdot 200 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 22 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \rightarrow P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{22 \text{ kW}}{0,70} = 31,4 \text{ kW}$$

10 $h = f \cdot \sin \kappa = 0,32 \text{ mm} \cdot \sin 75^\circ = 0,31 \text{ mm}$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \cdot C_1 \cdot C_2 = \frac{2100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,31^{0,26}} \cdot 1 \cdot 1 = 2848 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_c = A \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c = 5 \cdot 0,32 \text{ mm}^2 \cdot 2848 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 4556 \text{ N}$$

11 Drehmaschine

a) $v_c = \pi \cdot d \cdot n = \pi \cdot 75 \text{ mm} \cdot 265 \frac{1}{\text{min}} = 62,4 \frac{\text{m}}{\text{min}}$

b) $F_c = A \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c$

$$= 6 \text{ mm} \cdot 0,6 \text{ mm} \cdot 2620 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 9432 \text{ N}$$

c) $P = F_c \cdot v_c = 9432 \text{ N} \cdot 62,4 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 9,8 \text{ kW}$

d) $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \rightarrow P_{Motor} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{9,8 \text{ kW}}{0,65} = 15 \text{ kW}$

12 $h = f \cdot \sin \kappa = 2 \text{ mm} \cdot \sin 45^\circ = 1,4 \text{ mm}$
 $A = a_p \cdot f = 5,6 \text{ mm} \cdot 2 \text{ mm} = 11,2 \text{ mm}^2$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \cdot C_1 \cdot C_2 = \frac{2100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4^{0,26}} \cdot 1 \cdot 1 = 1924 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_c = A \cdot k_c = 11,2 \text{ mm}^2 \cdot 1904 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 2155 \text{ N}$$

$$P = F_c \cdot v_c = 2155 \text{ N} \cdot 120 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 43,1 \text{ kW}$$

→ Maschinenleistung 55 kW reicht

13 $P = F_c \cdot v_c \Rightarrow F_c = \frac{P_c}{v_c} = \frac{18,5 \text{ kW}}{220 \text{ m/min}} = 5045 \text{ N}$

$$F_c = A \cdot k_c \Rightarrow A = \frac{F_c}{k_c} = \frac{5045 \text{ N}}{1850 \text{ N/mm}^2} = 2,7 \text{ mm}^2$$

$$A = a_p \cdot f \Rightarrow f = \frac{A}{a_p} = \frac{2,7 \text{ mm}^2}{3,5 \text{ mm}} = 0,78 \text{ mm}$$

14 $h = f \cdot \sin \kappa = 1,5 \text{ mm} \cdot \sin 45^\circ = 1 \text{ mm}$
 $\Rightarrow kc = 2100 \text{ N/mm}^2$

a) $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_c = P_{an} \cdot \eta = 55 \text{ kW} \cdot 0,68 = 37,4 \text{ kW}$

$$P = F_c \cdot v_c \Rightarrow F_c = \frac{P_c}{v_c} = \frac{37,4 \text{ kW}}{120 \text{ m/min}} = 18,7 \text{ kN}$$

$$F_c = A \cdot k_c \Rightarrow A = \frac{F_c}{k_c} = \frac{18,7 \text{ kN}}{2100 \text{ N/mm}^2} = 8,9 \text{ mm}^2$$

$$A = a_p \cdot f \Rightarrow a_p = \frac{A}{f} = \frac{8,9 \text{ mm}^2}{1,5 \text{ mm}} = 5,9 \text{ mm}$$

b) $F_f \approx \frac{F_c}{2} = \frac{18,7 \text{ kN}}{2} = 9,35 \text{ kN}$

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v}{\pi \cdot d} = \frac{120 \text{ m/min}}{\pi \cdot 55 \text{ mm}} = 694 \frac{\text{U}}{\text{min}}$$

$$v_f = f \cdot n = 1,5 \frac{\text{mm}}{\text{U}} \cdot 694 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 1042 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

$$P_f = F_f \cdot v_f = 9,35 \text{ kN} \cdot 1042 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = 162 \text{ W} = 0,162 \text{ kW}$$

Vorschubleistung P_f kann vernachlässigt werden.

15 $v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v}{\pi \cdot d} = \frac{140 \text{ m/min}}{\pi \cdot 180 \text{ mm}} = 250(247) \frac{\text{U}}{\text{min}}$

$$v_c = \pi \cdot n \cdot d = \pi \cdot 250 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 180 \text{ mm} = 141 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Diese Genauigkeit ist in der Technik oft nicht nötig.

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_c = P_{an} \cdot \eta = 5,5 \text{ kW} \cdot 0,8 = 4,4 \text{ kW}$$

$$P = F_c \cdot v_c \Rightarrow F_c = \frac{P_c}{v_c} = \frac{4,4 \text{ kW}}{141 \text{ m/min}} = 1,87 \text{ kN}$$

$$h = f \cdot \sin \kappa = 0,15 \text{ mm} \cdot \sin 60^\circ = 0,13 \text{ mm}$$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \cdot C_1 \cdot C_2 = \frac{1990 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,13^{0,26}} \cdot 1 \cdot 1 = 3382 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_c = A \cdot k_c \Rightarrow A = \frac{F_c}{k_c} = \frac{1,87 \text{ kN}}{3382 \text{ N/mm}^2} = 0,55 \text{ mm}^2$$

$$A = a_p \cdot f \Rightarrow a_p = \frac{A}{f} = \frac{0,55 \text{ mm}^2}{0,16 \text{ mm}} = 3,4 \text{ mm}$$

⁶ Als Schüler kann man sich die Abkürzungen aus den englischen Begriffen ableiten, die auch von den lateinischen abstammen.