



tgtm HP 2018/19-1: Lkw mit Schuttmulde

(Pflichtaufgabe)

Die Hochlader GmbH plant einen neuen Lkw mit Schuttmulde. Zur ersten Auslegung sind nachfolgende Berechnungen durchzuführen.

Daten

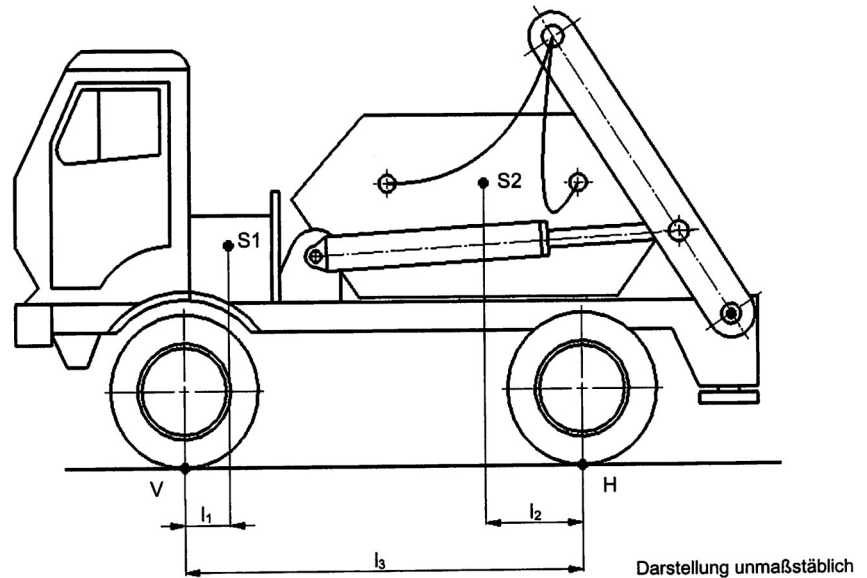
Gewichtskräfte:

Lkw: $F_{G1} = 80 \text{ kN}$ in S_1

Schuttmulde: $F_{G2} = 80 \text{ kN}$ in S_2

Abmessungen:

- $l_1 = 0,75 \text{ m}$
- $l_2 = 1,00 \text{ m}$
- $l_3 = 5,00 \text{ m}$
- $l_4 = 4,00 \text{ m}$
- $l_5 = 1,50 \text{ m}$
- $l_6 = 0,80 \text{ m}$



1 Lkw mit Schuttmulde

1.1 Machen Sie den Lkw mit Schuttmulde frei. 2,0

1.2 Berechnen Sie die Achskräfte F_V an der Vorderachse und F_H an der Hinterachse.¹ 3,0

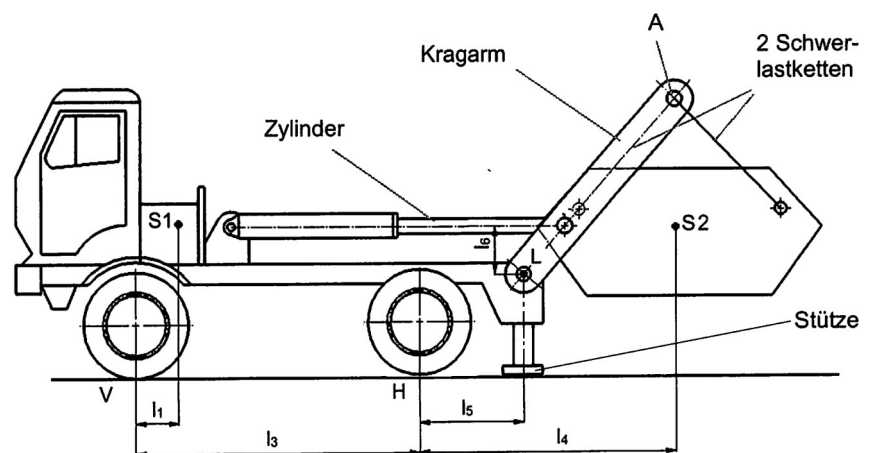
2 Anheben der Schuttmulde

Die Schuttmulde soll nun angehoben werden. Hierzu wird die Mulde mit Schwerlastketten an den beiden Kragarmen montiert. Beim Anheben pendelt die Mulde so aus, dass der Schwerpunkt S_2 direkt unter den oberen Aufhängepunkten A der Kragarme zu stehen kommt.

Im Verlauf des Anhebens

erreicht die Mulde eine kritische Position, in der die Kräfte in den beiden Hydraulikzylindern horizontal wirken (siehe Darstellung).

Für eine erste Abschätzung bleiben die Gewichtskräfte der Ketten und der Kragarme unberücksichtigt.



2.1 Die Stützen sind so weit ausgefahren, dass die Hinterachse vollständig entlastet ist. Überprüfen Sie, ob der Lkw in dieser Stellung kippt.² 3,0

2.2 Machen Sie einen der beiden Kragarme frei. 2,0

2.3 Berechnen Sie die Kraft F_L eines Kragarms im Lagerpunkt L nach Betrag und Richtung, sowie die Zylinderkraft F_Z . 4,0

¹ Die Originalaufgabe verlangt die erste Auslegung mit einer leeren Schuttmulde ($F_G = 3 \text{ kN}$).

² Die Originalaufgabe verlangt die Prüfung auf Kippen ohne ausgefahrene Stützen.



3 Schwerlastkette – Kragarm

Die Schuttmulde ist an jedem der beiden Kragarme mit zwei Schwerlastketten so befestigt, dass der Schwerpunkt S_2 sich mittig unter den oberen Aufhängepunkten A der Kragarme einpendelt.

Daten

Gewichtskräfte:

Schuttmulde: $F_{G2} = 80 \text{ kN}$ in S_2

Abmessungen:³

$\alpha =$	45°
$\beta =$	45°
$l_7 =$	$2,404 \text{ m}$
$l_8 =$	$3,536 \text{ m}$

Werkstoffkennwerte der Schwerlastkette

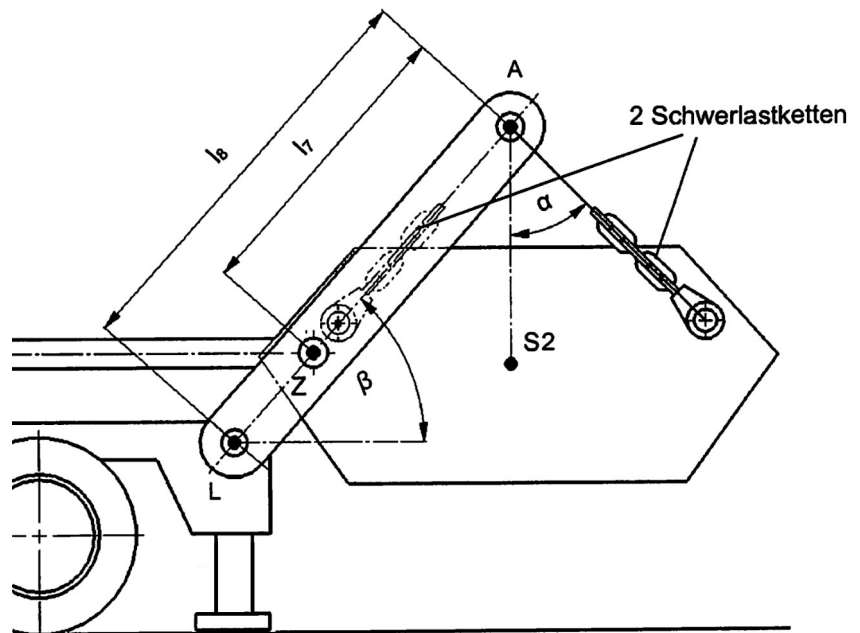
$R_e = 215 \text{ N/mm}^2$

$R_m = 345 \text{ N/mm}^2$

Kragarm:

U-Stahl DIN 1026

Werkstoff S275JR



- 3.1 Ermitteln Sie die Zugkraft F_K in einer Schwerlastkette. 3,0
- 3.2 Jede Schwerlastkette soll für die maximale Zugkraft $F_{Kmax} = 30 \text{ kN}$ ausgelegt werden. 3,0
Dimensionieren Sie den Durchmesser eines Schwerlastkettengliedes bei einer Sicherheit gegen plastische Verformung von $v = 2$.
- 3.3 Ermitteln Sie für einen Kragarm die Stelle des maximalen Biegemoments und berechnen Sie den Betrag dieses Biegemomentes bei einer maximalen Zugkraft in einer Schwerlastkette von $F_{Kmax} = 30 \text{ kN}$. 3,0
- 3.4 Für die Kragarme soll ein möglichst kleines U-Profil verwendet werden. 3,0
Dimensionieren Sie normgerecht das U-Profil bei einer 2-fachen Sicherheit gegen Biegung.

3 In der Originalaufgabe betragen die Werte $l_7 = 1,8 \text{ m}$ und $l_8 = 2,3 \text{ m}$ und die Stütze ist eingefahren dargestellt.



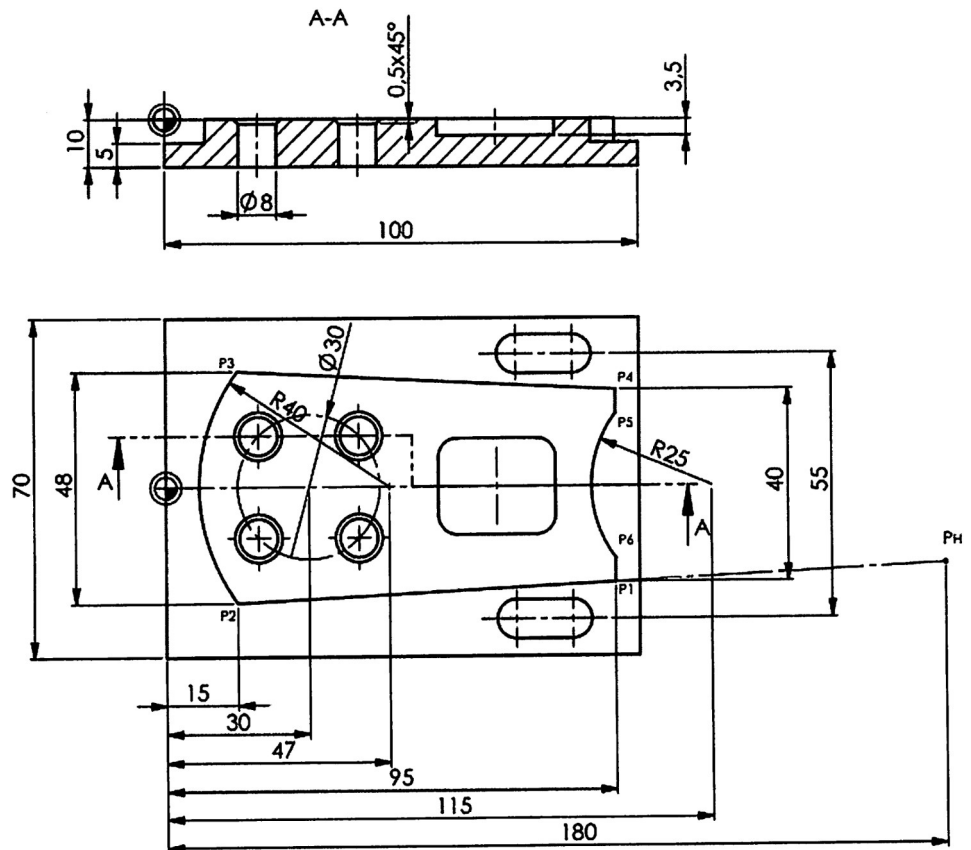
4 CNC-Fertigung

Zur Fixierung der Schutt-
mulde soll die dargestellte
Auflageplatte gefertigt
werden.

Zur Bearbeitung steht eine
CNC-Senkrecht-Fräs-
maschine zur Verfügung.

Der Werkzeugwechsellpunkt
befindet sich bei
X200; Y-100; Z200.

Die Auflageplatte wird aus
S235JR gefertigt.



Das Magazin ist mit den folgenden Werkzeugen bestückt:

Werkzeug	Nr.	d [mm]	z	v_c [m/min]	a_p [mm]	f_z [mm]
HSS-Schaftfräser	T01	32	4	30..35	0,2...5	0,05...0,15
HSS-Bohrnutenfräser	T02	6	2	30	5	0,02
NC-Anbohrer	T03	12	--	32	--	0,12
HSS-Spiralbohrer	T04	8	--	85	--	0,22

Zunächst wurde die Außenkontur vorbearbeitet. Nun soll die Außenkontur im Uhrzeigersinn fertig geschlichtet werden, beginnend beim Hilfspunkt P_H .

- 4.1 Begründen Sie die Lage des Werkstücknullpunktes. 1,0
- 4.2 Berechnen Sie für das Werkzeug T01 die Drehzahl n und die Vorschubgeschwindigkeit v_f . 2,0
- 4.3 Berechnen Sie die Y-Koordinaten der Punkte P_H und P_5 . 4,0
Dokumentieren Sie Ihren Rechenweg unter Verwendung einer Skizze.
- 4.4 Im Hilfspunkt P_H soll die Werkzeugbahnkorrektur eingeschaltet werden, um dann die Außenkontur entlang der Punkte P_1 bis P_6 zu schlichten. 1,0
Nennen Sie den zugehörigen Befehl und erläutern Sie die Bedeutung der Werkzeugbahnkorrektur.

Die Bohrungen $\text{Ø}8$ mm sind inklusive Fase zu fertigen.

- 4.5 Berechnen Sie die Bohrtiefe der 4 Bohrungen. 2,0
- 4.6 Berechnen Sie die Senktiefe der 4 Fasen. 2,0
- 4.7 Erstellen Sie für die vier Bohrungen ohne Senkung den Zyklus mit Zyklusaufruf. 2,0

40,0



Lösungen

Statik (17 P): Viel freimachen; Lagerkräfte berechnen; auf Kippen prüfen; Statik I; sieht einfach aus, macht Schülern aber große Probleme bei Aufg. 2 und 3, vermutlich in Zusammenhang mit der Zeichnung und dem Wechsel der Bezugsgrößen.
 Festigkeit (9 P): Rundgliederkette auf Zug, Mbmax; U-Profil gegen Biegen
 CNC (14 P): WNP begründen; Einstelldaten und Koordinaten berechnen; G41 erklären; Bohr- und Fasentiefe berechnen; Bohrzyklus

1 Lkw mit Schuttmulde

1.1 Lageskizze Lkw mit eingefahrener Schuttmulde

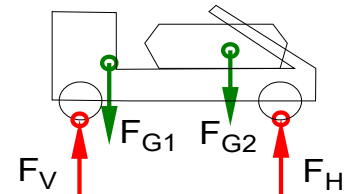
$$1.2 \quad \Sigma M_H = 0 = -F_V \cdot l_3 + F_{G1} \cdot (l_3 - l_1) + F_{G2} \cdot l_2$$

$$F_V = \frac{F_{G1} \cdot (l_3 - l_1) + F_{G2} \cdot l_2}{l_3} = \frac{80 \text{ kN} \cdot (5 - 0,75) \text{ m} + 80 \text{ kN} \cdot 1 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 84 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = +F_V - F_{G1} - F_{G2} + F_H$$

$$F_H = -F_V + F_{G1} + F_{G2} = -84 \text{ kN} + 80 \text{ kN} + 80 \text{ kN} = 76 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = +F_R \quad \text{kann entfallen}$$



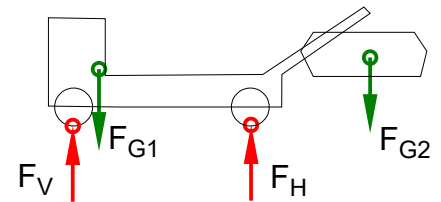
2 Lkw mit ausgefahrener Schuttmulde⁴

Hinweis 2: Tatsächlich sind zwei Positionen kritisch:

- für das Kippen bei waagrechttem Kragarm, also $l_{4\max}$

- für F_L , wenn Zylinder und Kragarm fluchten, also $l_{6\min}$

bzw. einer Stellung, die den o.g. möglichst nahe kommt, ohne dass sich der Container auf dem Boden abstützt.



2.1 Der Lkw kippt nicht, weil ..⁵

$$\Sigma M_H = 0 = -F_V \cdot (l_3 + l_5) + F_{G1} \cdot (l_3 + l_5 - l_1) - F_{G2} \cdot (l_4 - l_3)$$

$$F_V = \frac{F_{G1} \cdot (l_3 + l_5 - l_1) - F_{G2} \cdot (l_4 - l_3)}{l_3 + l_5} = \frac{80 \text{ kN} \cdot (5 + 1,5 - 0,75) \text{ m} - 80 \text{ kN} \cdot (4 - 1,5) \text{ m}}{5 \text{ m} + 1,5 \text{ m}} = 40 \text{ kN}$$

.. die Vorderachse immer noch 40 kN > 0 tragen muss⁶

oder

$$\Sigma M_H = 0 = +F_{G1} \cdot (l_3 + l_5 - l_1) - F_{G2\max} \cdot (l_4 - l_5) \Rightarrow F_{G2\max} = \dots = \frac{80 \text{ kN} \cdot (5 + 1,5 - 0,75) \text{ m}}{4 \text{ m} - 1,5 \text{ m}} = 85 \text{ kN}$$

.. die Vorderräder erst bei $F_{G2\max} = 184 \text{ kN} > F_{G2} = 80 \text{ kN}$ abheben würden ($F_V = 0!$)

oder

$$\Sigma M_{\text{haltend}} = \Sigma M_{\text{Hlinks}} > \Sigma M_{\text{Hrechts}} = \Sigma M_{\text{kippend}}$$

$$F_{G1} \cdot (l_3 + l_5 - l_1) > F_{G2} \cdot (l_4 - l_5)$$

$$80 \text{ kN} \cdot (5 + 1,5 - 0,75) \text{ m} = 460 \text{ kNm} > 80 \text{ kN} \cdot (4 - 1,5) \text{ m} = 200 \text{ kNm}$$

.. die haltenden Momente mit 460 kNm größer sind als die kippenden mit 200 kNm

oder

$$\kappa = \frac{\Sigma M_{\text{Haltend}}}{\Sigma M_{\text{Kippend}}} = \frac{F_{G1} \cdot (l_3 + l_5 - l_1)}{F_{G2} \cdot (l_4 - l_5)} = \frac{80 \text{ kN} \cdot (5 + 1,5 - 0,75) \text{ m}}{80 \text{ kN} \cdot (4 - 1,5) \text{ m}} = 2,3$$

.. die Kippsicherheit $\kappa > 1$ ist ... oder

$$l_3 + l_5 - l_1 > l_4 - l_5$$

$$5 \text{ m} + 1,5 \text{ m} - 0,75 \text{ m} = 5,75 \text{ m} > 2,5 \text{ m} = 4 \text{ m} - 1,5 \text{ m}$$

.. die haltende und die kippende Kraft gleich groß sind, aber die haltende Kraft den größeren Hebelarm und damit das größere Drehmoment hat

4 Hinweis 1: Dass sich der Schwerpunkt einer beweglichen Last immer unter ihrem Aufhängepunkt einpendelt, müssen Schüler m.E. auch ohne Hinweise wissen.

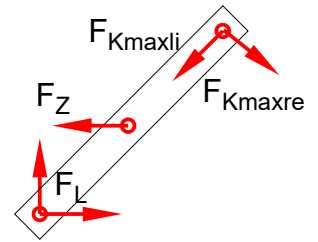
5 Hinweis 3: Ohne Stützen wäre die Kippsicherheit mit $\kappa = 1,06$ sehr knapp und zudem trügerisch, denn $l_{4\max}$ und dynamische Kräfte durch Pendeln der Last sind nicht berücksichtigt. Fahrzeugführer*innen, die die Stützen nicht ausfahren, handeln also grob fahrlässig und riskieren Ärger mit Chef, Justiz, Versicherung ...

6 Hinweis 4: Bei solchen Aufgaben genügt nicht einfach ein Ergebnis, es muss auch richtig interpretiert werden.



2.2 LS Kragarm

Hinweis 5: Freimachen heißt, angrenzende (= die freigemachte Baugruppe berührende) Bauteile durch Kräfte zu ersetzen. Hier soll ausdrücklich der Kragarm freigemacht werden, und dieser, bzw. seine Bolzen, berühren die Ketten, aber nicht die Schuttmulde. Also müssen hier die Kettenkräfte F_K eingetragen werden, auch wenn sie unbekannt sind.



Da man aber annehmen kann, dass das Freimachen der Vorbereitung der folgenden Aufgabe dient und die Kettenkräfte zusammen F_{G2} ergeben, würde ich meinen Schüler*innen ausnahmsweise (!) keine Punkte abziehen, wenn sie Aufgabe 2.2 ungenau lesen und freimachen wie in der Lösung zu 2.3 gezeigt.

2.3 LS Kragarm mit (Ketten und halber) Schuttmulde⁷

Alle Rechnungen sind auf eine Seite bezogen:

$$\Sigma M_L = 0 = F_Z \cdot l_6 - \frac{F_{G2}}{2} \cdot (l_4 - l_5) \Rightarrow$$

$$F_Z = \frac{F_{G2}}{2} \cdot \frac{(l_4 - l_5)}{l_6} = \frac{80 \text{ kN}}{2} \cdot \frac{4 \text{ m} - 1,5}{0,8 \text{ m}} = 125 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = -F_Z + F_{Lx} \Rightarrow F_{Lx} = F_Z = 125 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = -\frac{F_{G2}}{2} + F_{Ly} \Rightarrow F_{Ly} = \frac{F_{G2}}{2} = \frac{80 \text{ kN}}{2} = 40 \text{ kN}$$

$$F_L = \sqrt{F_{Lx}^2 + F_{Ly}^2} = \sqrt{(125 \text{ kN})^2 + (40 \text{ kN})^2} = 131,2 \text{ kN}$$

$$\alpha_L = \arctan \frac{F_{Ly}}{F_{Lx}} = \arctan \frac{40 \text{ kN}}{125 \text{ kN}} = 17,74^\circ \quad \text{nach rechts oben gegen die Waagerechte}$$

Die Wirklinie von F_L muss auf der Linie vom Punkt L zum Schnittpunkt aus F_Z und F_{G2} verlaufen. Deshalb kann man den Winkel α_L auch aus den Maßen berechnen:

$$\alpha_L = \arctan \frac{l_6}{l_4 - l_5} = \arctan \frac{0,8 \text{ m}}{4 \text{ m} - 1,5 \text{ m}} = 17,74^\circ$$

Alternative Rechnung mit $F_{Kmax} = 30 \text{ kN}$ aus Aufg. 3, LS Kragarm:

$$\Sigma M_L = 0 = F_Z \cdot (l_8 - l_7) \cdot \sin \beta - F_{Kmaxre} \cdot l_8 \Rightarrow$$

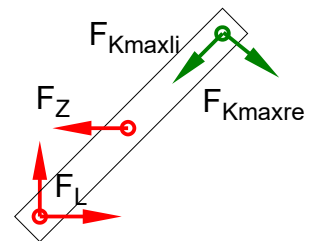
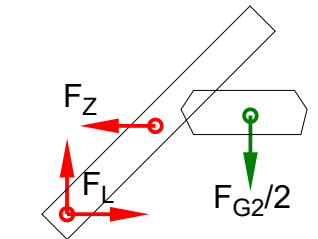
$$F_Z = \frac{F_{Kmaxre} \cdot l_8}{(l_8 - l_7) \cdot \sin \beta} = \frac{30 \text{ kN} \cdot 3,536 \text{ m}}{(3,536 \text{ m} - 2,404 \text{ m}) \cdot \sin 45^\circ} = 132,5 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = -F_Z + F_{Lx} - F_{Kxli} + F_{Kxre} \Rightarrow F_{Lx} = F_Z = 132,56 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = +F_{Ly} - 2 \cdot F_{Ky} \Rightarrow F_{Ly} = 2 \cdot F_K \cdot \cos \alpha = 2 \cdot 30 \text{ kN} \cdot \cos 45^\circ = 42,42 \text{ kN}$$

$$F_L = \sqrt{F_{Lx}^2 + F_{Ly}^2} = \sqrt{(132,5 \text{ kN})^2 + (42,42 \text{ kN})^2} = 139,1 \text{ kN}$$

$$\alpha_L = \arctan \frac{F_{Ly}}{F_{Lx}} = \arctan \frac{42,42 \text{ kN}}{132,5 \text{ kN}} = 17,75^\circ \quad \text{nach rechts oben gegen die Waagerechte}$$



7 Hinweis 6: In den letzten Jahren war es im Abi üblich, dass die zum Freimachen geeignete Baugruppe vorgegeben ist. Dass es diesmal nicht der Fall ist, mag Schüler*innen daran erinnern, dass nicht nur das Freimachen zum Lösen von Statikaufgaben gehört und beherrscht werden muss, sondern auch das selbstständige Finden einer geeigneten Baugruppe. Deshalb gebe ich in meinen Klassenarbeiten nie vor, welche Baugruppe freigemacht werden muss.



3 Schwerlastkette – Kragarm

3.1 Lageskizze (halbe) Schuttmulde

$$\sum F_y = 0 = 2 \cdot F_{Ky} - \frac{F_{G2}}{2} = 2 \cdot F_K \cdot \cos \alpha - \frac{F_{G2}}{2} \Rightarrow$$

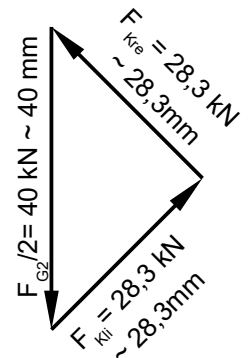
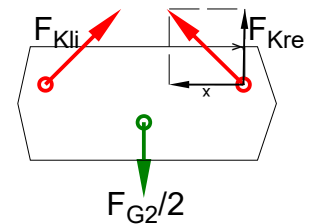
$$F_K = \frac{F_{G2}}{4 \cdot \cos \alpha} = \frac{80 \text{ kN}}{4 \cdot \cos 45^\circ} = 28,28 \text{ kN}$$

zeichnerische Lösung (Kräfteplan siehe rechts):

Kräftemaßstab $M_K = 40 \text{ kN} / 40 \text{ mm}$

rechnerische Lösung anhand der Kräfteplanskizze:

$$\left(\frac{F_{G2}}{2}\right)^2 = F_K^2 + F_K^2 \Rightarrow F_K = \frac{F_{G2}}{2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{40 \text{ kN}}{\sqrt{2}} = 28,28 \text{ kN}$$



3.2 Kettenglied

Hinweis 7: Nach Zeichnung handelt es sich um eine Rundgliederkette. Bei solchen Ketten verteilt sich die Last auf zwei Drahtquerschnitte.

$$\frac{R_e}{v} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_e}{v} = \frac{215 \text{ N/mm}^2}{2} = 107,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S = \frac{F_{Kmax}}{2 \cdot \sigma_{zzul}} = \frac{30 \text{ kN}}{2 \cdot 107,5 \text{ N/mm}^2} = 139,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d_{kerf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 139,5 \text{ mm}^2}{\pi}} = 13,3 \text{ mm}$$

gewählt: $d_K = 14 \text{ mm}$

3.3 LS Kragarm:

Das maximale Biegemoment M_{bmax} muss an einem inneren Kräfteinleitungspunkt liegen, also im Punkt Z.

$$M_{bz(re)} = F_{Kmaxre} \cdot l_7 = 30 \text{ kN} \cdot 2,404 \text{ m} = 72,12 \text{ kNm} = M_{bmax}$$

3.4 Auswahl eines U-Profil für die Kragarme

Hinweis 8: „Dimensionieren Sie normgerecht ...“ meint „Wählen Sie ein geeignetes ... und geben Sie es normgerecht an“

$R_e = 275 \text{ N/mm}^2$ (aus der Bezeichnung von S275 oder \rightarrow [EuroTabM] „Baustähle, unlegierte“)

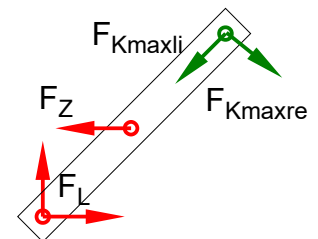
$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 330 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{bF}}{v} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \Rightarrow$$

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} = \frac{330 \text{ N/mm}^2}{2} = 165 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{72,12 \text{ kNm}}{165 \text{ N/mm}^2} = 437,1 \text{ cm}^3$$

gewählt: U-Profil DIN 1026 – U300 – S275JR mit $W_x = 535 \text{ cm}^3$





4 CNC

- 4.1 Der Werkstücknullpunkt liegt zweckmäßig, weil
 - in x- und z-Richtung alle Maße von ihm ausgehen
 - er in y-Richtung in der Mitte der symmetrischen Maße liegt
 Dadurch muss man bei der CNC-Programmierung wenig rechnen.

4.2 Einstelldaten

Hinweis 9: Zum Schlichten verwendet man innerhalb der vorgegebenen Tabellenwerte große Schnittgeschwindigkeiten v_c , weil dies eine bessere Oberfläche ergibt, und kleine Zustellung a_p und kleine Schnitttiefe f_z , weil dies die Schnittkräfte und damit die Verformungen verringert.

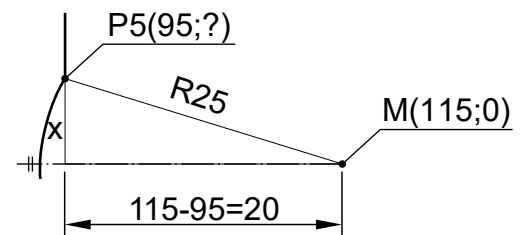
$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{35 \text{ m/min}}{\pi \cdot 32 \text{ mm}} = 348 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,05 \frac{\text{mm}}{\text{U} \cdot \text{Zahn}} \cdot 4 \text{ Zahn} \cdot 348 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 69,6 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

4.3 Y-Koordinate P5 (Skizze rechts):

$$x = \sqrt{(25 \text{ mm})^2 - (20 \text{ mm})^2} = 15 \text{ mm}$$

$$P5_y = 0 + 15 \text{ mm} = 15 \text{ mm}$$



Y-Koordinate P_H (Skizze rechts): ...

... Über den Winkel α :

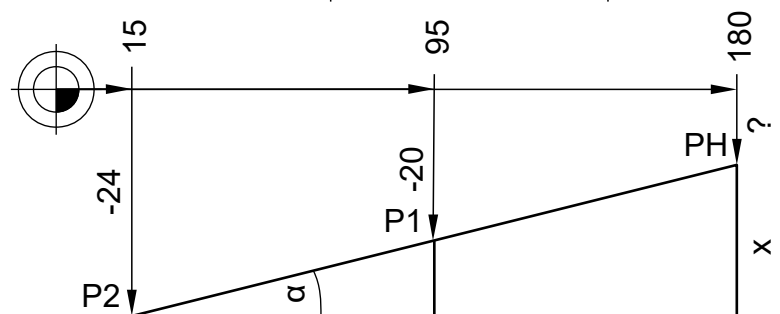
$$\alpha = \arctan \frac{-20 \text{ mm} - (-24 \text{ mm})}{95 \text{ mm} - 15 \text{ mm}}$$

$$= \arctan \frac{4}{80} = 2,8624^\circ$$

$$x = (180 - 15) \text{ mm} \cdot \tan 2,8624^\circ = 8,250 \text{ mm}$$

$$PH_y = P2_y + x = -24 \text{ mm} + 8,250 \text{ mm}$$

$$= -15,750 \text{ mm}$$



... Mit dem Strahlensatz:

$$\frac{PH_y - P2_y}{PH_x - P2_x} = \frac{P1_y - P2_y}{P1_x - P2_x} \Rightarrow \frac{PH_y - (-24 \text{ mm})}{180 \text{ mm} - 15 \text{ mm}} = \frac{(-20 \text{ mm}) - (-24 \text{ mm})}{95 \text{ mm} - 15 \text{ mm}} \Rightarrow \frac{PH_y + 24 \text{ mm}}{165 \text{ mm}} = \frac{4}{80}$$

$$PH_y = \frac{4}{80} \cdot 165 \text{ mm} - 24 \text{ mm} = -15,750 \text{ mm}$$

4.4 Der Befehl lautet G41

Werkzeugbahnkorrektur bedeutet, dass die Steuerung der CNC-Maschine den Radius des Werkzeuges berücksichtigt. Der CNC-Programmierer kann also die Koordinaten direkt nach Zeichnung eingeben und muss nicht (mühselig) die Koordinaten des Fräsermittelpunktes selbst berechnen.

G41 bedeutet Werkzeugbahnkorrektor links, der Fräser fährt also links um die Kontur herum. Dies bewirkt Gleichlaufräsen mit den entsprechenden Vorteilen.

Hinweis 10: Für G40, G41 und G42 findet man in [EuroTabM] die Begriffe Bahnkorrektur (→ „Bahnkorrekturen, CNC-Technik“), Werkzeugbahnkorrektur und Werkzeugkorrektur (→ [EuroTabM] „CNC-Technik nach DIN“) und Schneidradiuskorrektur SRK (→ „PAL-Befehlskodierung, Fräsen“).



4.5 Bohrtiefe (→ [EuroTabM] „Bohren, Hauptnutzungszeit“)

$$L = l + l_s + l_a + l_u = l + 0,3 \cdot d + l_u = 10 \text{ mm} + 0,3 \cdot 8 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 13,4 \text{ mm}$$

Hinweis 11: Für Stahl werden Bohrer des Typs N mit einem Spitzenwinkel von 118° verwendet (→ [EuroTabM] „Bohren, Schnittdaten“), daraus folgt $l_s = 0,3 \cdot d$

Hinweis 12: l_a gehört zur Bewegung des Bohrers, aber nicht zur Bohrtiefe

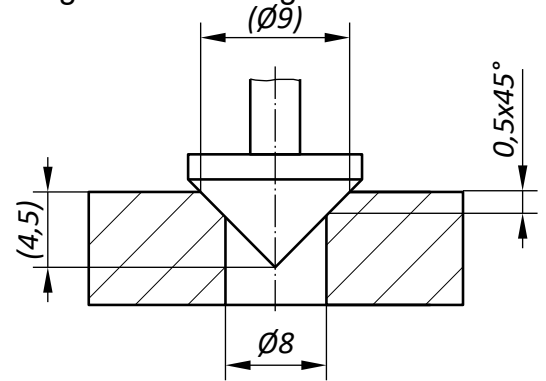
Hinweis 13: l_u heißt umgangssprachlich auch „Angstzuschlag“ und wird frei gewählt.

4.6 Fasentiefe

Hinweis 14: Mit Senktiefe ist hier gemeint, wie tief der Senker ins Werkstück eindringen muss, und nicht, welche Tiefe der Senkung bleibt, nachdem der $\varnothing 8$ gebohrt wurde.

Der NC-Anbohrer muss für die Senkung $0,5 \times 45^\circ$ einen Winkel von 90° haben, damit entspricht die Tiefe einer Senkung der Hälfte ihres (größten) Durchmessers.

$$t = \frac{8 \text{ mm} + 2 \cdot 0,5 \text{ mm}}{2} = \frac{9 \text{ mm}}{2} = 4,5 \text{ mm}$$



4.7 Bohrzyklus

Mit Mehrfachzyklusaufwurf am Lochkreis

N100 G81 ZA-13,4 V1

N110 G77 IA30 JA0 ZA0 R15 AN45 AP-45 AI90 O4

.. eine der Adresse AN, AP, AI, O muss entfallen

oder

Mit Zyklusaufwurf mit Polarkoordinaten

N100 G81 ZA-13,4 V1

N110 G78 IA30 JA0 Z0 RP15 AP45

N110 G78 IA30 JA0 Z0 RP15 AP135

N110 G78 IA30 JA0 Z0 RP15 AP225

N110 G78 IA30 JA0 Z0 RP15 AP315

oder

Mit Zyklusaufwurf auf einen Punkt (kartesische Koordinaten, vorher berechnen!):

N100 G81 ZA-13,4 V1

N110 G79 X40,607 Y10,607

N110 G79 X19,393 Y10,607

N110 G79 X19,393 Y-10,607

N110 G79 X40,607 Y-10,607