



tgtm HP 2020/21-1: Schrägaufzug

(Pflichtaufgabe)

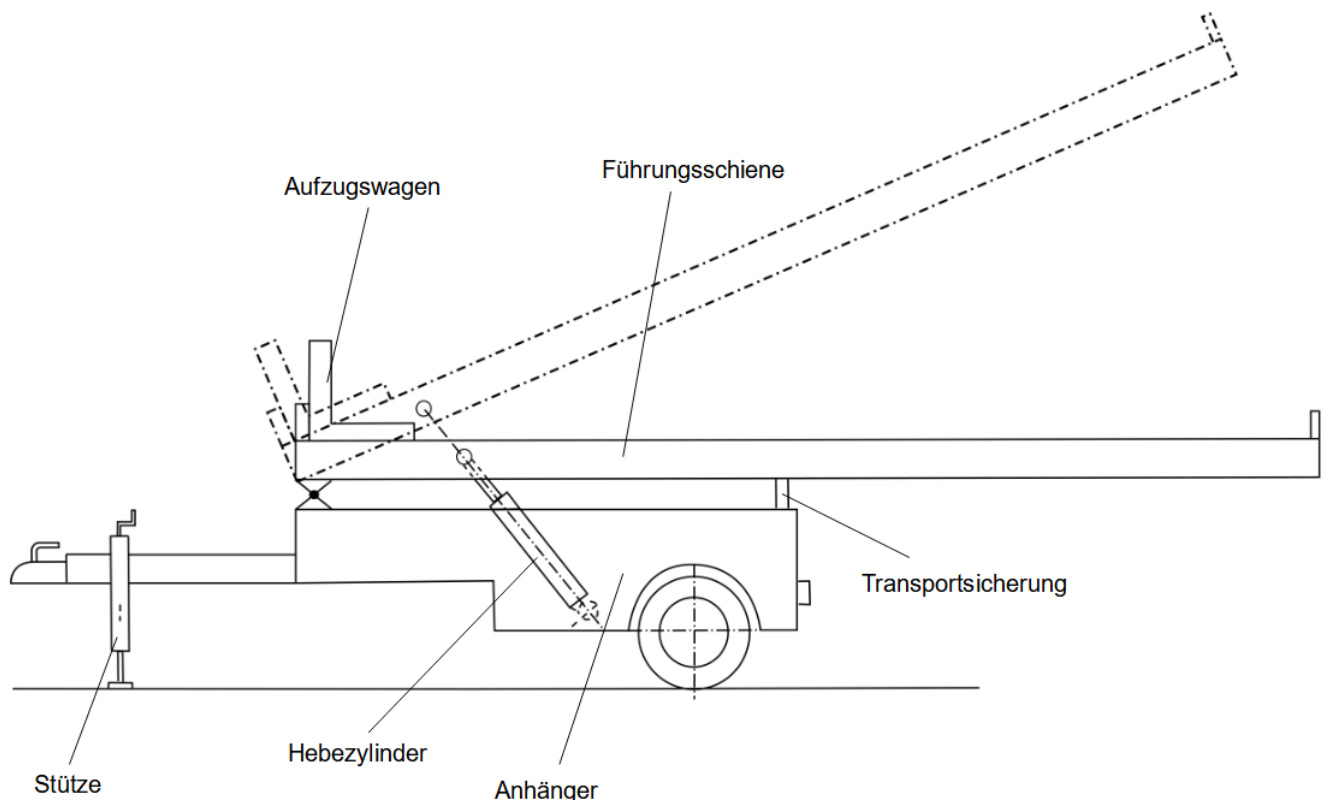
Szenario

Alle Aufgaben beziehen sich auf das nachfolgend skizzierte Unternehmen.

Das Unternehmen Holzbau Nagel GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen, das neben den klassischen Zimmerarbeiten auch Dachdeckerarbeiten ausführt. Im Unternehmen sind 24 Mitarbeiter angestellt.

Das Unternehmen verwendet u.a. einen Schrägaufzug, um Lasten auf Gebäudedächer zu transportieren.

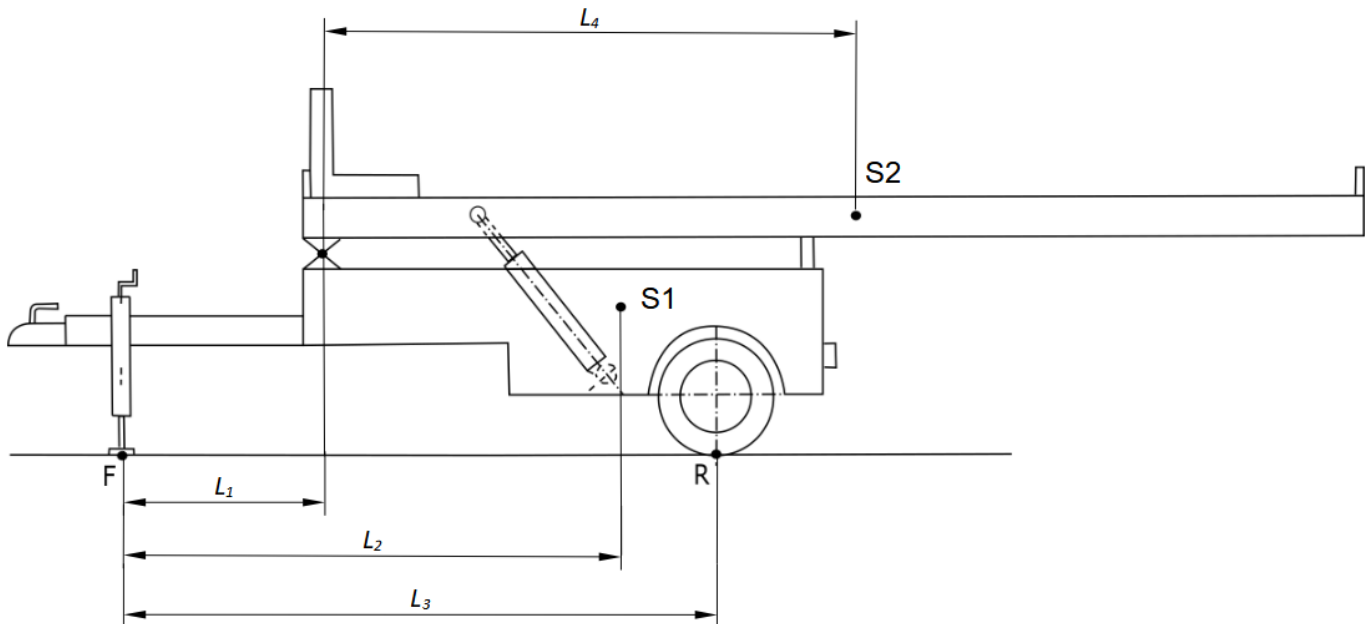
Der Schrägaufzug besteht aus einem Anhänger und darauf montierter Führungsschiene mit Aufzugswagen und Hebezyylinder. Der Neigungswinkel kann mit Hilfe dieses Hebezyinders stufenlos eingestellt werden. Mit dem Aufzugswagen kann Material auf der Führungsschiene nach oben befördert werden.



Schrägaufzug



Unten dargestellt ist der Schrägaufzug in geparktem Zustand. Dabei ist die Stütze des Anhängers ausgefahren und die Führungsschiene liegt auf der Transportsicherung in horizontaler Lage auf.



Darstellung unmaßstäblich

Daten

Gewichtskräfte: Anhänger $F_{G1} = 8 \text{ kN}$ in S_1
 Führungsschiene $F_{G2} = 1,2 \text{ kN}$ in S_2

Abmessungen: $L_1 = 500 \text{ mm}$, $L_2 = 1300 \text{ mm}$, $L_3 = 2000 \text{ mm}$, $L_4 = 2100 \text{ mm}$

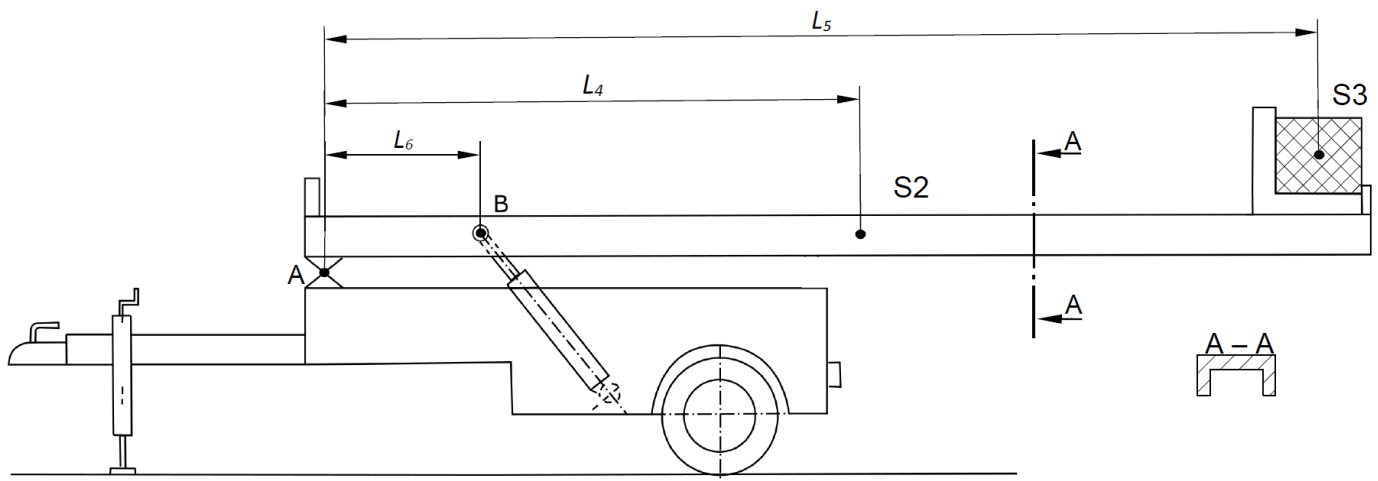
1 Aufstandskräfte bei horizontaler Führungsschiene

- 1.1. Schneiden Sie den oben dargestellten Schrägaufzug mit horizontaler Führungsschiene frei. 3,0
- 1.2. Berechnen Sie die Achskraft F_R sowie die Stützkraft F_F . 3,0



2 Führungsschiene

Als Führungsschiene wird ein nach unten offenes U-Profil eingesetzt. Zur Biegefestigkeits-Überprüfung wird der Aufzugswagen in voll ausgefahrenem Zustand mit einer Prüfkraft F_{P3} belastet. Die Transportsicherung wurde entfernt.



Darstellung unmaßstäblich

Daten

Gewichtskräfte: Führungsschiene $F_{G2} = 1,2 \text{ kN}$ in S_2
 Prüfkraft mit Aufzugswagen $F_{P3} = 3 \text{ kN}$ in S_3

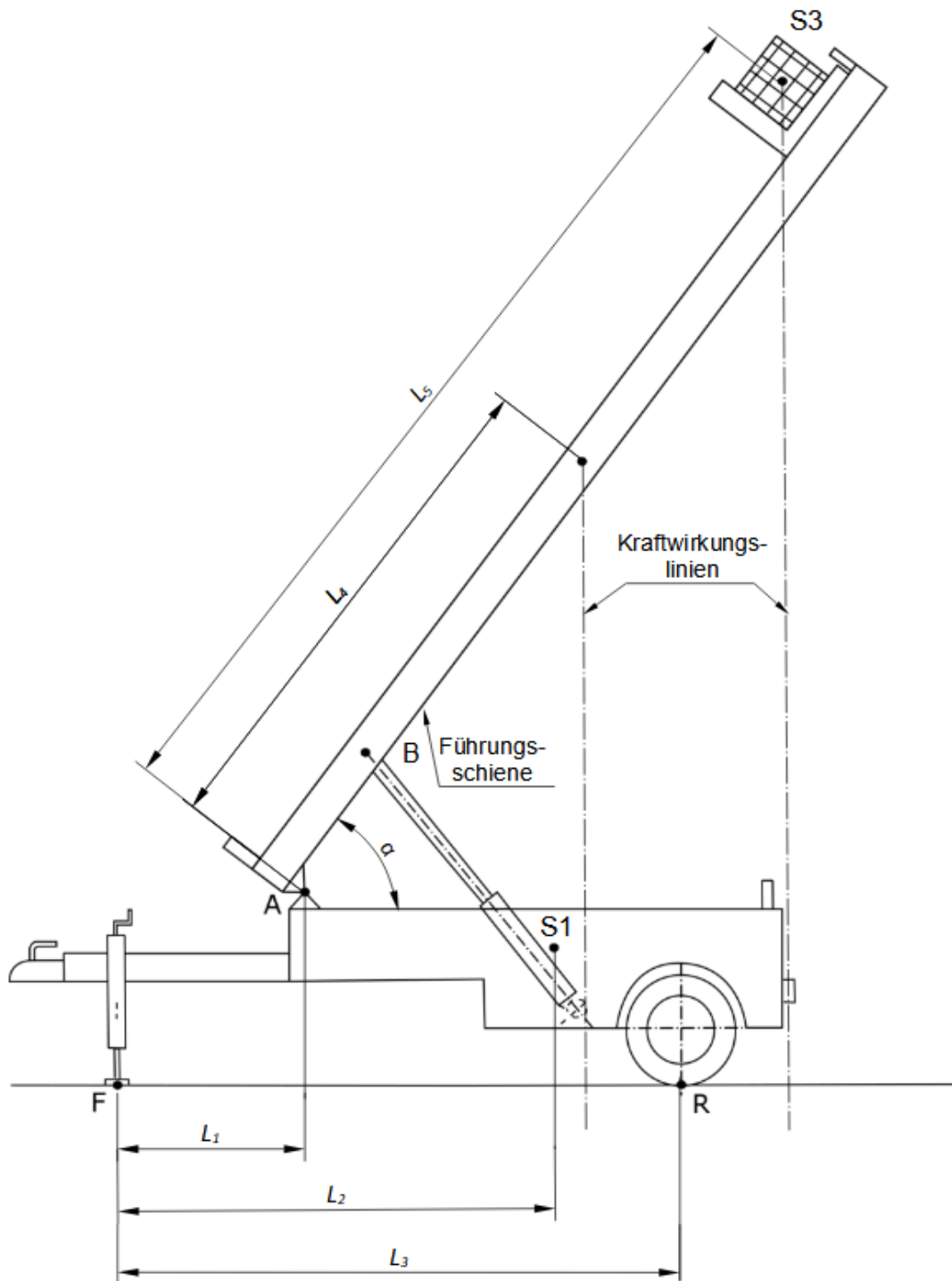
Abmessungen: $L_4 = 2100 \text{ mm}$, $L_5 = 4200 \text{ mm}$, $L_6 = 500 \text{ mm}$

Trägerprofil Führungsprofil: DIN 1026 – U400 - S235JR

- 2.1. Begründen Sie, an welcher Stelle der Führungsschiene das maximale Biegemoment auftreten muss und berechnen Sie dieses. 3,0
- 2.2. Weisen Sie nach, dass bezüglich der Biegespannung eine zweifache Sicherheit gegeben ist. 3,0



3 Schrägaufzug mit angehobener Führungsschiene



Daten

Gewichtskräfte:

Anhänger $F_{G1} = 8 \text{ kN}$ in S_1
 Führungsschiene $F_{G2} = 1,2 \text{ kN}$ in S_2
 Hublast gesamt $F_{G3} = 5 \text{ kN}$ in S_3

Abmessungen:

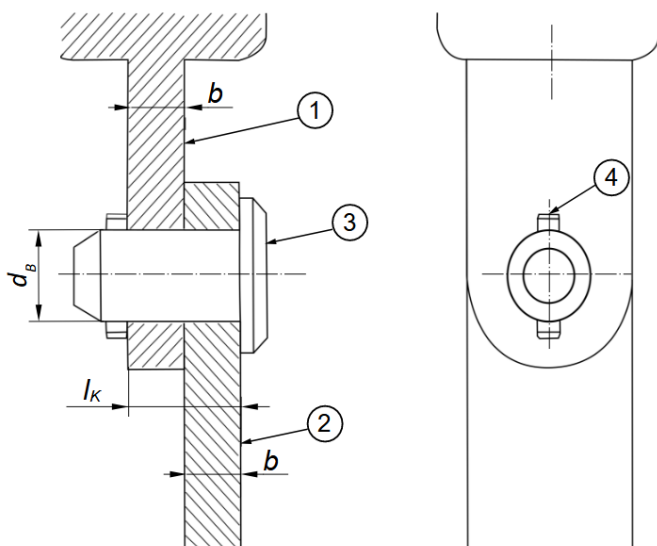
$L_1 = 500 \text{ mm}$, $L_2 = 1300 \text{ mm}$, $L_3 = 2000 \text{ mm}$
 $L_4 = 2100 \text{ mm}$, $L_5 = 4200 \text{ mm}$
 $\alpha = 50^\circ$



- 3.1. Gemäß Benutzerhandbuch darf bei geparktem Schrägaufzug die Führungsschiene nur in die Horizontale gefahren werden, wenn sich der beladene Aufzugswagen bei Punkt A befindet. 1,0
Begründen Sie diese Sicherheitsvorschrift.
- 3.2. Schneiden Sie den dargestellten Schrägaufzug mit angehobener Führungsschiene frei. 2,0
- 3.3. Prüfen Sie, ob der Anhänger in der dargestellten Position kippt. 3,0

4 Bolzenverbidung

Der Hebezyylinder (Pos.1) ist durch eine Bolzenverbidung (Pos.3) mit Splint (Pos.4) mit einem Winkelbeschlag (Pos.2) des Anhängers verbunden.



Daten

Maximale Kolbenkraft $F_{K,max} = 10 \text{ kN}$

Bolzen:

Norm: DIN EN 22341-B-24 x 55

Werkstoff: 35SPb20

$p_{zul} = 20 \text{ N/mm}^2$

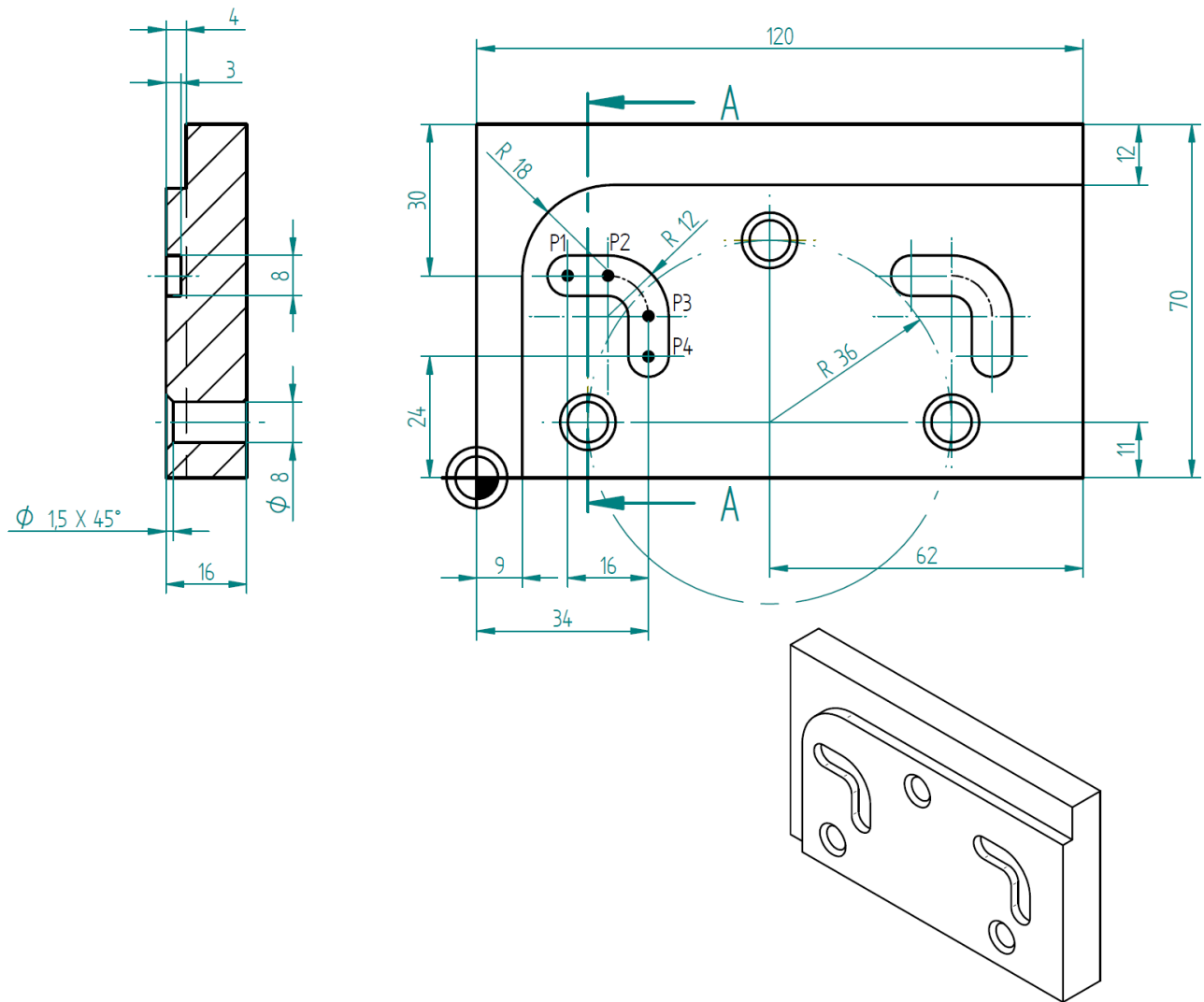
- 4.1. Bestimmen Sie aus den Normangaben des Bolzens den Durchmesser d_B sowie die Klemmlänge l_k . 2,0
- 4.2. Ermitteln Sie für den Bolzen die Sicherheit gegen Abscherung. 2,0
- 4.3. Weisen Sie nach, dass die vorhandene Klemmlänge l_k ausreicht, ohne die zulässige Flächenpressung des Bolzens zu überschreiten. 2,0



5 CNC-Fertigung

Für die Führungsschiene des Schrägaufzugs soll eine Halteplatte gefertigt werden. Der Werkzeugwechsellpunkt befindet sich bei X-100, Y100, Z100. Die Auflageplatte wird aus S275JR gefertigt.

Schnitt A-A



Halteplatte

Darstellung unmaßstäblich

Das Magazin ist mit folgenden Werkzeugen bestückt:

Nr.	Werkzeug	d [mm]	z	v_c [m/min]	a_p [mm]	f_z/f [mm]
T1	NC-Anbohrer	12	1	90	X	0,14
T2	Walzenstirnfräser	30	4	65	10	0,08
T3	HSS Bohrnutenfräser	8	2	80	4	0,023
T4	HSS Spiralbohrer	8	x	85	X	0,22



- 5.1. Berechnen Sie für das Werkzeug T2 die Drehzahl n und die Vorschubgeschwindigkeit v_f und geben Sie die Programmzeile an, mit der das Werkzeug T2 mit diesen Werten bereitgestellt und angeschaltet wird. 3,0
- 5.2. Die Außenkontur soll im Uhrzeigersinn geschruppt werden. Das Werkzeug T2 ist betriebsbereit und befindet sich bereits bei X 0, Y -20, Z -4. 4,0
Entwickeln Sie die erforderlichen Programmzeilen zur Herstellung der Außenkontur. Enden Sie beim Werkzeugwechsellpunkt.
- 5.3. Bestimmen Sie die Bohrtiefe für die \varnothing 8mm Bohrungen und die Senktiefe der dazugehörigen Senkungen. 3,0
- 5.4. Schreiben Sie die beiden Programmzeilen zum Erstellen der Bohrungen (ohne Senkung) mittels geeignetem Zyklus. Das geeignete Werkzeug wurde bereits eingewechselt und befindet sich am Werkzeugwechsellpunkt. 3,0
- 5.5. Die zwei bogenförmigen Nuten werden mit Hilfe eines Unterprogramms hergestellt. Für die Programmierung sind die inkrementalen Koordinaten der Punkte P1 bis P4 erforderlich.
Übertragen Sie die folgende Tabelle auf Ihr Schülerlösungsblatt und ergänzen Sie die fehlenden Koordinaten P2 bis P4.

G91	X	Y
P1	0	0
P2	?	?
P3	?	?
P4	?	?

40,0



Lösungen

1 Aufstandskräfte bei horizontaler Führungsschiene

1.1. LS Schrägaufzug

1.2.

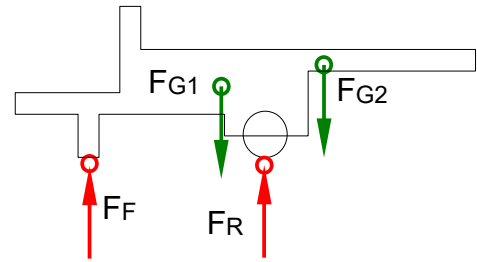
$$\Sigma F_x = 0 \quad \text{keine Kräfte in x-Richtung}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_F - F_{G1} + F_R - F_{G2}$$

$$\Sigma M_F = 0 = -F_{G1} \cdot l_2 + F_R \cdot l_3 - F_{G2} \cdot (l_1 + l_4)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow F_R &= \frac{F_{G1} \cdot l_2 + F_{G2} \cdot (l_1 + l_4)}{l_3} \\ &= \frac{8 \text{ kN} \cdot 1,3 \text{ m} + 1,2 \text{ kN} \cdot (0,5 \text{ m} + 2,1 \text{ m})}{2 \text{ m}} = 6,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow F_F &= F_{G1} + F_{G2} - F_R \\ &= 8 \text{ kN} + 1,2 \text{ kN} - 6,76 \text{ kN} = 2,44 \text{ kN} \end{aligned}$$



2 Führungsschiene

2.1. Das maximale Biegemoment M_{bmax} muss an einem inneren Kräfteinleitungspunkt liegen, also entweder im Lager B, oder am Schwerpunkt S2.¹

$$\begin{aligned} M_B(\text{von rechts}) &= |F_{G2} \cdot (l_4 - l_6) + F_{P3} \cdot (l_5 - l_6)| \\ &= |1,2 \text{ kN} \cdot (2,1 \text{ m} - 0,5 \text{ m}) + 3 \text{ kN} \cdot (4,2 \text{ m} - 0,5 \text{ m})| = 13,02 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S2}(\text{von rechts}) &= |F_{P3} \cdot (l_5 - l_4)| \\ &= |3 \text{ kN} \cdot (4,2 \text{ m} - 2,1 \text{ m})| = 6,3 \text{ kNm} \\ \Rightarrow M_{bmax} &\text{ an der Stelle B mit } M_{bmax} = 13,02 \text{ kNm} \end{aligned}$$

2.2. DIN 1026 – U400 – S235JR

$R_e = 235 \text{ N/mm}^2$ (aus der Bezeichnung von S235JR oder \rightarrow [EuroTabM] „Baustähle, unlegierte“)

$W_y = 102 \text{ cm}^3$ (\rightarrow [EuroTabM] „U-Stahl, warmgewalzt“)

Biegeachse y-y! Schnitt A-A und Belastungsrichtung beachten!

$M_{bmax} = 13\,020\,000 \text{ Nmm}$ (aus Aufgabe 2.1)

$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 282 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} \Rightarrow \sigma_{bzul} = \frac{M_{bmax}}{W_{erf}}$$

$$\sigma_{bzul} = \frac{13\,020\,000 \text{ Nmm}}{102\,000 \text{ mm}^3} = 127,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} \Rightarrow v = \frac{\sigma_{bF}}{\sigma_{bzul}} = \frac{282 \text{ N/mm}^2}{127,65 \text{ N/mm}^2} = 2,2$$

2-fache Sicherheit somit vorhanden.

¹ Die auftretenden Querkräfte können nicht berechnet werden, da der Winkel zwischen Hydraulikzylinder, der an der Stelle B gelagert ist, und dem Ausleger fehlt. Eine alternative Lösungsmöglichkeit ist es, den Querkraftverlauf aufgrund der auftretenden Belastungen abzuschätzen (F_{AY} , F_{G2} und F_{P3} in die negative Richtung; F_B in die positive Richtung) und zu erkennen, dass dieser an der Stelle B einen Nulldurchgang haben muss.



3 Schrägaufzug mit angehobener Führungsschiene

3.1. Je näher sich der beladene Aufzugswagen (Last F_{G3} in S3) am Punkt A (drehbares Festlager; Drehpunkt) befindet, desto geringer ist dessen Hebel (in der dargestellten Stellung ist der Hebel $L = L_5 \cdot \cos \alpha$). Damit wird auch das Biegemoment in der Führungsschiene geringer, da gilt $M_b = F_{G3} \cdot L$.

Um die Führungsschiene nicht zu überlasten und die Biegebelastung auf die Führungsschiene so gering wie möglich zu halten, sollte sich die Hublast daher so nah wie möglich am Drehpunkt A befinden.

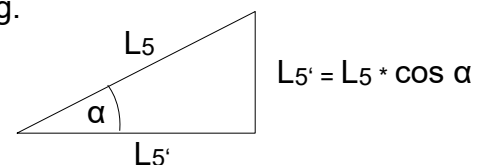
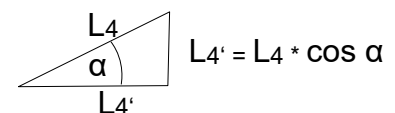
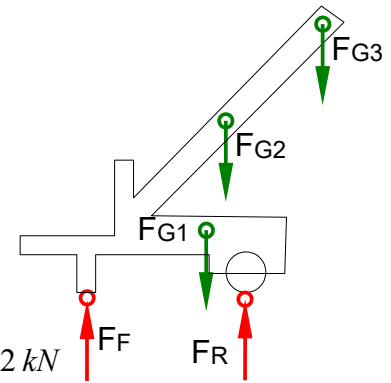
3.2. LS Schrägaufzug mit angehobener Führungsschiene

3.3. Kippbedingung $F_F = 0!$
Drehpunkt im Punkt R.

$$\Sigma M_R = 0 = F_{G1} \cdot (l_3 - l_2) + F_{G2} \cdot (l_3 - l_1 - l_4') - F_{G3} \cdot (l_1 + l_5' - l_3) = 0$$

$$\Rightarrow F_{G3} = \frac{F_{G1} \cdot (l_3 - l_2) + F_{G2} \cdot (l_3 - l_1 - l_4')}{l_1 + l_5' - l_3}$$

$$= \frac{8 \text{ kN} \cdot (2 \text{ m} - 1,3 \text{ m}) + 1,2 \text{ kN} \cdot (2 \text{ m} - 0,5 \text{ m} - \cos \alpha \cdot 2,1 \text{ m})}{0,5 \text{ m} + \cos \alpha \cdot 4,2 \text{ m} - 2 \text{ m}} = 4,82 \text{ kN}$$



Der Anhänger kippt ab einer Last von $F_{G3} = 4,82 \text{ kN}$.

Die gesamte Hublast beträgt $F_{G3} = 5 \text{ kN}$.

Daher kippt der Anhänger in der gezeichneten Stellung.

4 Bolzenverbindung

4.1. DIN EN 22341 – B – 24 x 55

(→ [EuroTabM] „Bolzen“)

Durchmesser des Bolzens: $d_B = 24 \text{ mm}$

Länge des Bolzens: $l = 55 \text{ mm}$

Berechnung der Klemmlänge l_k

$$l_k = l - l_e - \frac{d_l}{2}$$

$$\text{mit } l = 55 \text{ mm}; l_e = 9 \text{ mm}; d_l = 6,3 \text{ mm} \quad l_k = 55 \text{ mm} - 9 \text{ mm} - \frac{6,3 \text{ mm}}{2} \quad l_k = 42,85 \text{ mm}$$



4.2. Sicherheit gegen Abscherung

35SPb20² → R_e = 380 N/mm² (→ [EuroTabM] „Automatenstähle, warmgewalzt“)

$$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 380 \text{ N/mm}^2 = 228 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{vorh} = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot (d_B)^2}{4}} = \frac{10000 \text{ N}}{\frac{\pi \cdot (24 \text{ mm})^2}{4}} = 22,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{vorh} = \frac{\tau_{aF}}{v} \Rightarrow v = \frac{\tau_{aF}}{\tau_{vorh}} = \frac{228 \text{ N/mm}^2}{22,1 \text{ N/mm}^2} = 10,3$$

4.3. Ermittlung der erforderliche Klemmlänge l_k

aus der Zeichnung ist zu entnehmen: l_k = 2 · b

$$A_{erf} = \frac{F}{p_{zul}} = \frac{10000 \text{ N}}{20 \text{ N/mm}^2} = 500 \text{ mm}^2$$

$$A_{erf} = b_{erf} \cdot d_B \Rightarrow b_{erf} = \frac{A_{erf}}{d_B} = \frac{500 \text{ mm}^2}{24 \text{ mm}} = 20,83 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow l_{erf} = 2 \cdot b_{erf} = 2 \cdot 20,83 \text{ mm} = 41,66 \text{ mm}$$

l_k mit 42,85 mm somit ausreichend !

5 CNC-Fertigung

5.1. Werkzeug T2

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{65 \text{ m/min}}{\pi \cdot 30 \text{ mm}} = 690 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,08 \frac{\text{mm}}{\text{U} \cdot \text{Zahn}} \cdot 4 \text{ Zähne} \cdot 690 \frac{1}{\text{min}} = 221 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

N10 T2 S690 F221 M13

5.2. Außenkontur

N10 T2 S690 F221 M13

N20 G0 X0 Y-20

N30 G0 Z-4

(N10 bis N30 nicht Teil der Aufgabe)

; Werkzeugaufruf
; Positionieren in X, Y
; Zustellen in Z

N40 G0 X-6

N50 G41

N60 G1 X9 Y0

N70 G1 Y40

N80 G2 X27 Y58 R18

N90 G1 X120

N100 G1 X140

N110 G0 Z2

N120 G40

N130 G0 X-100 Y100 Z100

; Positionieren in X
; Fräserradiuskorrektur AN
; Anfahren der Kontur
; Abfahren der Kontur

; Abheben in Z
; Fräserradiuskorrektur AUS
; zum Werkzeugwechsellpunkt

2 Unter der Rubrik → [EuroTabM] „Stähle für Blankstahlerzeugnisse; Automatenstähle blank“ findet sich der gleiche Stahl mit Angabe der Dehngrenze R_{po,2} = 340 N/mm² im kaltgezogenen Lieferzustand (+C).



5.3. Bohrtiefe 8 mm Bohrungen

(→ [EuroTabM] „Bohren, Hauptnutzungszeit“)

$$L = l + l_s + l_u = l + 0,3 \cdot d + l_u = 16 \text{ mm} + 0,3 \cdot 8 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 19,4 \text{ mm}$$

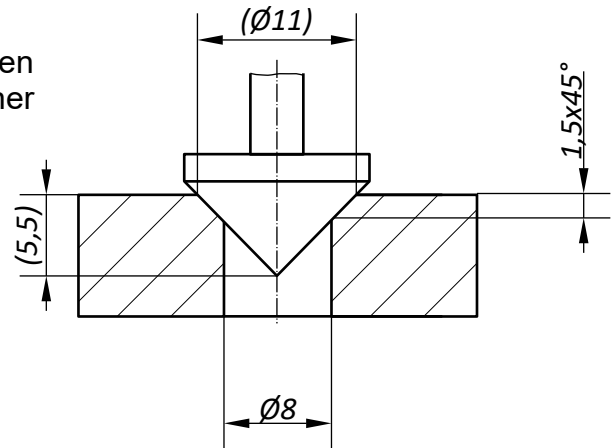
Hinweise:

- Für Stahl werden Bohrer des Typs N mit einem Spitzenwinkel von 118° verwendet (→ [EuroTabM] „Bohren, Schnittdaten“), daraus folgt $l_s = 0,3 \cdot d$
- l_a gehört zur Bewegung des Bohrers, aber nicht zur Bohrtiefe
- l_u heißt umgangssprachlich auch „Angstzuschlag“ und wird frei gewählt.

Senktiefe $1,5 \times 45^\circ$

Der NC-Anbohrer muss für die Senkung $1,5 \times 45^\circ$ einen Winkel von 90° haben, damit entspricht die Tiefe einer Senkung der Hälfte ihres (größten) Durchmessers.

$$t = \frac{8 \text{ mm} + 2 \cdot 1,5 \text{ mm}}{2} = \frac{11 \text{ mm}}{2} = 5,5 \text{ mm}$$



5.4. Bohrzyklus

mit Mehrfachaufruf auf einem Lochkreis

N200 G81 ZA,19,4 V2

N210 G77 Z0 R36 AN0 AP180 AI90 O3 IA58 JA11

eine der Adressen AN, AP, AI, O muss entfallen

oder

mit Zyklusaufwurf mit Polarkoordinaten

N200 G81 ZA,19,4 V2

N210 G78 IA58 JA11 Z0 RP36 AP0

N210 G78 IA58 JA11 Z0 RP36 AP90

N210 G78 IA58 JA11 Z0 RP36 AP180

oder

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

N200 G81 ZA,19,4 V2

N210 G79 X94 Y11 Z0

N220 G79 X58 Y47 Z0

N210 G79 X22 Y11 Z0



5.5.

G91	X	Y
P1	0	0
P2	8	0
P3	8	-8
P4	0	-8

Ausgangsposition P1

- ① P1 → P2: X+8 Y0
- ② P2 → P3: X+8 Y-8
- ③ P3 → P4: X0 Y-8

