



Abi-Prüfungen, Profil Technik (und Management, BW)

Inhaltsverzeichnis

Abi-Prüfungen, Profil Technik (und Management, BW).....	1	tgtn HP 2016/17-1: Sägeautomat.....	67
tgtn HP201920-0 Heinrich Herz e.K.....	3	Statik (11 P): Benannte BG freimachen; Auflagerkräfte, Kippen (eigenwillige Bemaßung, korrekturfunktion); Dreieck berechnen (umständlich).....	
tgtn HP 2019/20-1: Spritzgießwerkzeug.....	4	Festigkeit (14 P): BolzenØ; Drahtseil, Mbmax (einfach); Profil gegen Biegen.....	
Statik (14 P): Freimachen und Lagerkräfte berechnen.....		ME (6 P): Fest-/Loslager begründen; Wälzlager überprüfen.....	
Festigkeit (14 P): Profil gegen Biegen, Rundgliederkette auf Zug, Bolzen gegen Abscheren und Flächenpressung.....		Getriebe (9 P): Diverse; Zahnradpaarungen auswählen.....	
CNC (12 P): Technische Frage, Einstelldaten berechnen, Zylinder fräsen, Teilkreisdurchmesser berechnen; Rechtecktasche auf Teilkreiszyklus programmieren.....		tgtn HP 2016/17-2: Edwin Holzer e.K.....	75
tgtn HP 2019/20-2: Heinrich Herz e.K.....	10	tgtn HP 2016/17-3: Holzbriketts.....	77
tgtn HP 2019/20-3: Kunststoffbecherfertigung.....	11	SPS (20 P): Merkmale von Sensoren; Zylinder wählen (Kolbenstange); Pneumatikschaltplan; FBS in Einzelfragen.....	
Getriebe (6 P): Gesamtübersetzung aus Drehzahlen; Zahnzahl; Moment aus Leistung und mit Übersetzung.....		tgtn HP 2016/17-4: Rastplatte.....	82
Festigkeit (8 P): Wellendurchmesser gegen Torsion mit Passfedernut; Passfeder nach Flächenpressung.....		CNC (20 P): Werkstücknullpunkt begründen; Einstelldaten berechnen; Koordinaten berechnen; Werkzeug auswählen; CNC-Programm, Unterprogramm, Zyklus.....	
SPS (6P): Unterschied Öffner ↔ Schließer; FBS mit einer UND-Verknüpfung.....		tgtn HP 2015/16-1: Bergbahn.....	86
tgtn HP 2019/20-4: Antrieb.....	16	Statik (9 P): Benannte BG freimachen; schiefe Ebene.....	
Getriebe (9): technische Fragen (Schnecken, Achsabstand), Drehzahl, Leistungsbedarf Energietechnik (11) pV-Diagramm erkennen und technische Vorgänge beschreiben, Zustandsgrößen ermitteln, thermischen Wirkungsgrad und Nutzarbeit berechnen.....		Festigkeit (17 P): Mbmax; Biegefestigkeit; IPE Verständnisfrage Biegung; Schrauben, Drahtseil.....	
tgtn HP 2018/19-1: Lkw mit Schuttmulde.....	20	Energie (14 P): kein Kreisprozess; Zustandsänderungen bestimmen und berechnen; pV-Diagramm zeichnen; Luftmasse; Kompressionsarbeit; alles adiabatisch; Zylinderkraft.....	
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.....		tgtn HP 2015/16-2: Bergbahn e.K.....	91
Festigkeit (9 P): Rundgliederkette auf Zug, Mbmax; U-Profil gegen Biegen.....		tgtn HP 2015/16-3: Halteplatte.....	93
CNC (14 P): WNP begründen; Einstelldaten und Koordinaten berechnen; G41 erklären; Bohr- und Fasentiefe berechnen; Bohrzyklus.....		CNC (20 P): Werkstücknullpunkt begründen; Werkzeuge auswählen bzw. begründen (mehrfach); Einstelldaten berechnen, Koordinatenberechnung (sehr schwierig); Zyklus und Unterprogramm programmieren; Verständnisfrage Gewindebohrer.....	
tgtn HP 2018/19-2: Hochlader GmbH.....	28	tgtn HP 2015/16-4: Standseilbahn.....	100
tgtn HP 2018/19-3: Hydraulische Anlage.....	32	Getriebe (11 P): Vortriebskraft; Technikfragen (Getriebe).....	
Getriebe (6 P): Gesamtübersetzung aus Drehzahlen; Zahnzahl; Moment aus Leistung und mit Übersetzung Festigkeit (8 P): Wellendurchmesser gegen Torsion mit Passfedernut; Passfeder nach Flächenpressung SPS (6P): Unterschied Öffner ↔ Schließer; FBS mit einer UND-Verknüpfung.....		SPS (9 P): Belegungsliste; Anschlussbild; FBS; Verständnissfrage Sicherheitsschaltung.....	
tgtn HP 2018/19-4: Viertakt-Dieselmotor.....	37	tgtn HP 2014/15-1: Flugzeugschlepper.....	107
Energietechnik (16 P): pV-Diagramm (Diesel) skizzieren, Abläufe beschreiben; Unterschiede Otto – Diesel, Zustandsgrößen ermitteln, Luftmasse und thermischen Wirkungsgrad berechnen, Leistung berechnen SPS (4 P): Pneumatik-Schaltplan, erforderlichen Durchmesser für Pneumatik-Zylinder berechnen.....		Statik (8 P): Benannte BG freimachen; Aufstandskräfte; Kippen; Festigkeit (15 P): BolzenØ (Flächenpressung, Scherung); Rohr (Zug, Biegung); Mbmax;.....	
tgtn HP 2017/18-1: Holzrückeschlepper.....	44	Technik (4 P): Beanspruchung; Gründe für Werkstoff.....	
Statik (10 P): Benannte BG freimachen; Auflagerkräfte.....		Energie (13 P): Diesel; p, v-Diagramm; Luftmasse; Nutzarbeit; Leistung aus Nutzarbeit berechnen; Verständnisfragen zu Formeln.....	
Getriebe (16 P): Diverse; Reibung; Zahnzahlen berechnen.....		tgtn HP 2014/15-2: QualiTech e.K.....	117
Festigkeit (14 P): Mbmax (einfach); Profil gegen Biegen; konstruktive Vorschläge; Torsion; Passfeder auf Scherung.....		tgtn HP 2014/15-3: Befestigungsplatte.....	118
tgtn HP 2017/18-2: Specht & Wood GmbH. .52		CNC (17 P): Einstelldaten; Koordinaten; Werkzeugauswahl; Kreisbogen, Bohrzyklus, Senkung programmieren.....	
tgtn HP 2017/18-3: Baumstammsortieranlage.....	54	Allgemein (3 P): Berechnung zur Taktzeitreduktion.....	
SPS (20 P): Sensor begründen und geeignet anordnen, FBS Verknüpfungssteuerung, Normzylinder auswählen; Luftverbrauch mit Kosten.....		tgtn HP 2014/15-4: Antriebseinheit.....	123
tgtn HP 2017/18-4: Adapterplatte.....	60	Getriebe (10 P): Blockschaltbild; Gesamtwirkungsgrad;.....	
CNC (20 P): Einstellwerte aus vorgegebenen Schnittdaten, Werkzeugauswahl, Arbeitsplan für Sonderfall, Teilkreiszyklus, Unterprogramm für Kontur.....		ME (3 P): Wälzlagerauswahl.....	
tgtn HP 2016/17-0: Sägeautomat.....	66	SPS (4 P): Sensorauswahl; FBS (sehr einfach).....	
		Allgemein (3 P): Erfassungsgeschwindigkeit eines Sensors.....	
		tgtn HP 2013/14-1: Hängeförderer.....	127
		tgtn-special.....	
		Statik (12 P): Benannte BG freimachen; Auflagerkräfte;.....	
		Festigkeit (9 P): IPB-Profil gegen Biegung; Passfeder gegen Flächenpressung und Scherung.....	
		ME (10 P): Wälzlager prüfen; Wellenlagerung entwerfen mit Fest- und Loslager, Punkt- und Umfangslast, axialer Sicherung.....	
		Getriebe (9 P): ungewöhnliche Nummerierung.....	
		tgtn HP 2013/14-2: Meier GmbH.....	135
		tgtn HP 2013/14-3: Ausschleusstation.....	137
		SPS (14 P): Sensor auswählen; Pneumatikschaltplan mit Versorgungsglied; FBS Verknüpfungssteuerung; Druckluftkosten....	
		Energie (6 P): Isotherme Zustandsänderung mit Q und W skizzieren; Q und W berechnen.....	



tgtm HP 2013/14-4: Radaufnahme.....141	<i>Getriebe (12 P): Energiefluss zeichnen; Handkurbel.....</i>
<i>CNC (20 P): Technologische Daten S und F; Koordinaten; Kontur anfahren; Zyklus und Unterprogramm programmieren.....</i>	<i>Energie (6 P): Schweißgas; Gasvolumen; p, V-Diagramm; Verdichtungsarbeit.....</i>
<i>Weitere Übungsmöglichkeiten zur Berechnung von CNC-Koordinaten.....</i>	tgtm HP 2009/10-2: Kronos AG.....217
tgtm HP 2012/13-1: Hebevorrichtung.....148	tgtm HP 2009/10-3: Schwenkmodul.....218
<i>Statik (10 P): Benannte BG freimachen; Lagerkraft; Stützkraft;.....</i>	<i>SPS (17 P): Zylinder auswählen (Kolbenstange); Luftverbrauch und –kosten; Zylinderdruck; Zuordnungsliste; Anschlussplan; Funktionsgleichungen.....</i>
<i>ME (5 P): Rillenkugellager berechnen.....</i>	<i>Energie (3 P): Luftbedarf bei isothermer Zustandsänderung.....</i>
<i>Festigkeit (13 P): BolzenØ auf Scherung; Mbmax; IPE (Biegung), Welle (Torsion).....</i>	tgtm HP 2009/10-4: Deckplatte.....224
<i>Allgemein (3 P): Prinzipskizze.....</i>	<i>CNC (20 P): Schnitt- und Einstelldaten; Arbeitsplan; Werkzeugauswahl; Koordinaten; Startpunkt für Bahnkorrektur; Kontur programmieren; Unterprogramm erstellen.....</i>
<i>Getriebe (9 P):.....</i>	tgtm HP 2008/09-1: Tiefbohranlage.....232
tgtm HP 2012/13-2: Max Krause e.K.....155	<i>Statik (15 P): Freimachen mit geg. Baugruppe; Kräfte; schiefe Ebene; Auswirkung von Abständen bewerten;.....</i>
tgtm HP 2012/13-3: Sicherheitsschiebetür. .156	<i>Festigkeit (8 P): BolzenØ gegen Abscherung und Flächenpressung; BolzenØ spezial;.....</i>
<i>SPS (20 P): Zylinderauswahl (Kolbenstange); Pneumatikschaltplan mit 2 Zylindern (einfach- und doppelwirkend); Anschlussbild; FBS Verknüpfungssteuerung; Verständnisfrage Druck- bzw. (!) Stromausfall.....</i>	<i>Energie (13 P): Motortyp aus p, V-Diagramm; p, V-Diagramm ergänzen; Luftmasse; Zustandsänderungen;.....</i>
tgtm HP 2012/13-4: Schließplatte.....163	<i>Getriebe (4 P).....</i>
<i>CNC (20 P): Werkstücknullpunkt und Werkzeugwechsellpunkt begründen; technologische Daten F und S; Senken per Zyklus; Bohrung anfasen ohne Zyklus; Verständnisfrage Zerspantechnik, mit Skizze;.....</i>	tgtm HP 2008/09-2: Schnabel GmbH.....239
tgtm HP 2011/12-0: Max Müller e.K.....168	tgtm HP 2008/09-3: Tiefbohranlage.....240
tgtm HP 2011/12-1: Fördereinrichtung.....169	<i>SPS (20 P): Sensor auswählen; Zuordnungsliste; Anschlussbild; Funktionsplan oder Grafcet; Antrieb mit E-Motoren; FBS Ablaufsteuerung (Schrittkette).....</i>
<i>Statik (11 P): Benannte BG freimachen; Auflägerkräfte; Kipplast;.....</i>	tgtm HP 2008/09-4: Befestigungsplatte.....246
<i>Festigkeit (9 P): Welle mit Passfedernut und verteiltem Torsionsmoment; Passfeder überprüfen (missverständlich);.....</i>	<i>CNC (20 P): Schnitt- und Einstelldaten; Arbeitsplan; Koordinaten; Schnittaufteilung zum Schruppen; Kontur; Bohren mit Teilkreiszyklus; Technikfrage: Vorschubgeschwindigkeit.....</i>
<i>ME (2 P): Welle-Nabe-Verbindung vorschlagen.....</i>	tgtm HP 2007/08-1: Hubgerät HG500.....254
<i>Getriebe (6 P): Blockschaltbild.....</i>	<i>Blockschaltbild und Wirkungsgrad.....</i>
<i>Energie (12 P): Motorbauart aus p, V-Diagramm ablesen; Zustandsänderungen eines Viertaktmotors einschließlich Gaswechselschleife beschreiben; V_{OT} und V_{UT} aus V_H und ϵ berechnen (Formel gegeben); Luftmasse; Zustandsgrößen.....</i>	<i>Statik (14 P): Freimachen mit geg. Baugruppe; Achskräfte; Kippen; Auswirkung einer Maßveränderung; Kräfte;.....</i>
tgtm HP 2011/12-2: Max Müller e.K.....176	<i>Festigkeit (12 P): Mbmax; Doppel-T-Träger auf Biegung; Bolzendurchmesser gegen Abscheren und Flächenpressung; Bolzenlänge; ;.....</i>
tgtm HP 2011/12-3: Transportband.....177	<i>SPS (4 P): Zylinder auswählen;.....</i>
<i>SPS: (20 P): Zylinder auswählen; Pneumatikplan; Zuordnungsliste; FBS Verknüpfungssteuerung und Laufzeitüberwachung.....</i>	<i>Getriebe (4 P):.....</i>
tgtm HP 2011/12-4: Fixierplatte.....183	<i>Energie (6 P): p, V-Diagramm; Zustandsänderungen.....</i>
<i>CNC (20 P): Werkstücknullpunkt und Werkzeugwechsellpunkt auswählen; Bahnkorrektur begründen; Schnitt- und Einstelldaten; Koordinaten; Unterprogramm schreiben; Zyklus für Lochkreis.....</i>	tgtm HP 2007/08-2: Kevin Klein OHG.....260
tgtm HP 2010/11-0.....190	tgtm HP 2007/08-3: Rollenhalterung.....261
tgtm HP 2010/11-1: Rennkart.....191	<i>Festigkeit (5 P): Schraube; Mindesteinschraubtiefe;.....</i>
<i>Statik (14 P): Benannte BG freimachen; Aufstandskräfte; zulässige Last berechnen;.....</i>	<i>Konstruktion (12 P): Achssicherungen; Konstruktionsskizze einer Halterung; Skizze einer Lagerung mit Schutz der Lager, Stückliste und Positionsnummern;.....</i>
<i>Festigkeit (8 P): Kunststoffseil (Zug), Biegung;.....</i>	<i>ME (3 P): Wälzlager auswählen.....</i>
<i>Getriebe (8 P): Verständnisfrage Riemtrieb / Zahnradtrieb.....</i>	<i>Statik und Schraubenauswahl.....</i>
<i>Energie (10 P): Verständnisfrage Otto / Diesel, p, V-Diagramm (Otto) skizzieren und ausfüllen; Luftmasse; Zustandsgrößen berechnen....</i>	tgtm HP 2007/08-4: Grundplatte.....268
tgtm HP 2010/11-2: Power-Kart OHG.....196	<i>CNC (20 P): Vergleich G90/G91; Arbeitsplan; Koordinaten berechnen; Kontur fräsen; Rechtecktasche; Unterprogramm ohne Bahnkorrektur.....</i>
tgtm HP 2010/11-3: Konturplatte.....197	tgtm HP 2006/07-1: Lkw-Ladevorrichtung. .276
<i>CNC (20 P): Werkstücknullpunkt begründen; Werkzeugauswahl; Schnitt- und Einstelldaten; Koordinaten; Kreistasche per Zyklus; Bohrungen mit Teilkreiszyklus;.....</i>	tgtm HP 2006/07-2: Peter Pfote e.K.....281
tgtm HP 2010/11-4: Rohrrahmen.....204	tgtm HP 2006/07-3: Dichtplatte.....283
<i>SPS (20 P): Zylinder berechnen; Arbeitsdruck berechnen; Luftverbrauch, Druckluftkosten; Funktionsplan (Grafcet); vorgegebene FBS ausfüllen (Ablaufsteuerung).....</i>	<i>CNC (20 P): Begründung für Zyklen; Arbeitsplan; Koordinaten berechnen; Außenkontur; Rechtecktasche; Unterprogramm für Ringnut; Bohrungen mit Zyklus auf Lochkreis.....</i>
tgtm HP 2009/10-1: Lastenlift L-TM-300.....211	tgtm HP 2006/07-4: Wandkran.....289
<i>Statik (15 P): Freimachen ohne Vorgabe; Kräfte berechnen; Verständnisfragen Maßänderungen.....</i>	<i>Festigkeit (7 P): Bolzen überprüfen gegen Flächenpressung und Scherung.....</i>
<i>Festigkeit (8 P): Mbmax; Kastenprofil (Biegung); Drahtseil (mit Preisbetrachtung).....</i>	<i>Allgemein (9 P): Überlegungen zu Schadensursache und ihrer Feststellung.....</i>
	<i>Konstruktion (4 P): Verbesserungsvorschlag.....</i>

Umgestellt auf LibreOffice5
 Warum: ODM von LO3 schleppen noch alte Kapitelnummerierungen mit sich.
 Wie: Neue ODM öffnen, Dateien kann man jetzt blockweise einsetzen.
 Kapitelnummerierung simpel halten, Einzüge mit Formatvorlagen verwalten.



tgtm HP201920-0 Heinrich Herz e.K.

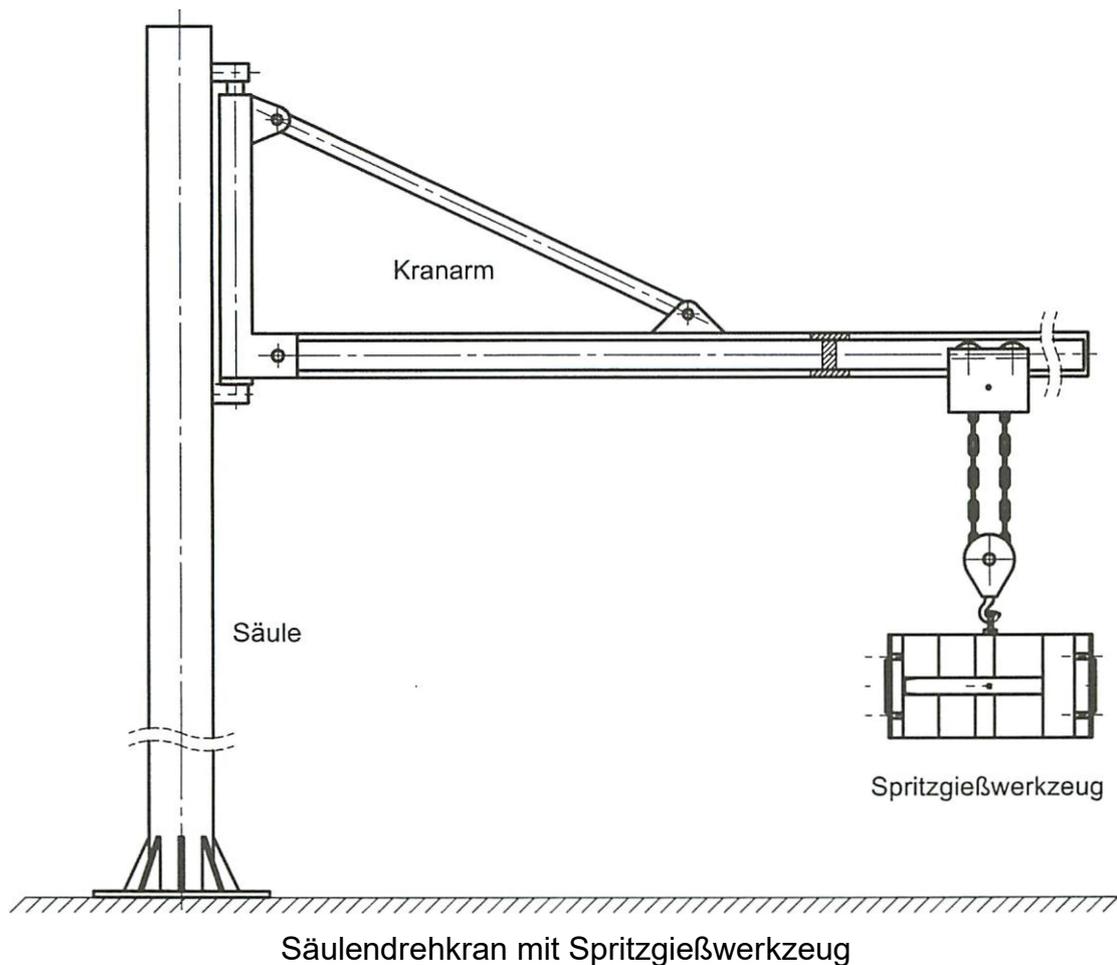
Szenario

Die Heinrich Herz e. K. ist Hersteller von hochwertigem Campinggeschirr aus Kunststoff.

Die Produktion des Geschirrs läuft auf modernen Spritzgussmaschinen. Die dafür notwendigen Spritzgießwerkzeuge werden überwiegend selbst gefertigt.

Zum Transport der Werkzeuge wird unten abgebildeter Säulendrehkran verwendet.

Die Heinrich Herz e. K. hat 50 Mitarbeiter und wird von Heinrich Herz geleitet.





tgtm HP 2019/20-1: Spritzgießwerkzeug

(Pflichtaufgabe)

Zum Ein- und Ausbau der Spritzgießwerkzeuge wird der Säulendrehkran eingesetzt. Er verfügt über einen Kranarm – bestehend aus einem Grundkörper, einem Ausleger mit Fahrwerk und einer Strebe – sowie über eine im Boden verankerte Säule.

Der Kranarm ist drehbar an den Punkten A und B in der Säule gelagert. Der Ausleger des Kranarms wird über die Strebe in der Horizontalen gehalten. An den Stellen C, D und E ist jeweils ein Bolzen zur Befestigung der einzelnen Kranteile montiert.

Das Fahrwerk kann längs des Auslegers verfahren werden.

Für die folgenden Berechnungen ist von der unten dargestellten Situation auszugehen.

Daten

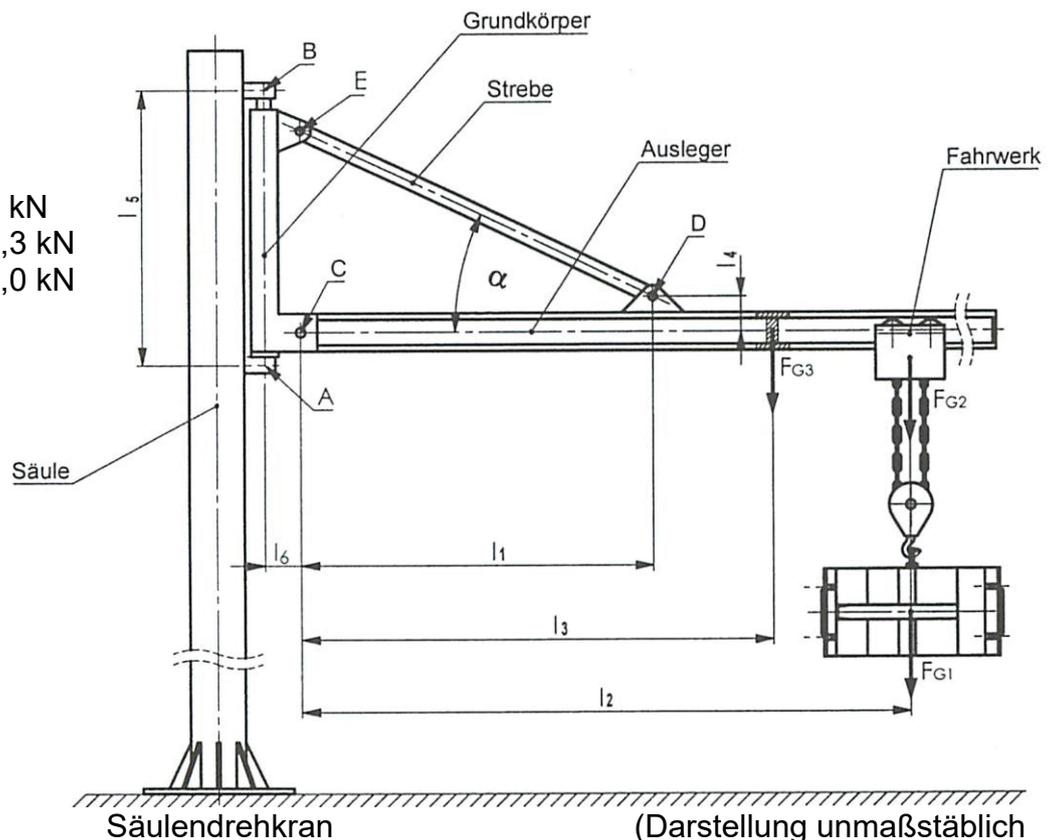
Gewichtskräfte:

Spritzgießwerkzeug:

	$F_{G1} = 32 \text{ kN}$
Fahrwerk	$F_{G2} = 0,3 \text{ kN}$
Ausleger	$F_{G3} = 1,0 \text{ kN}$

Abmessungen:

$l_1 = 1300 \text{ mm}$
$l_2 = 2250 \text{ mm}$
$l_3 = 1750 \text{ mm}$
$l_4 = 170 \text{ mm}$
$l_5 = 1100 \text{ mm}$
$l_6 = 100 \text{ mm}$
$\alpha = 25^\circ$



- 1 Kranarm
 - 1.1 Schneiden Sie den kompletten Kranarm zur Berechnung der Lagerkräfte in A und B frei. 2,0
Hinweis: Das Lager B kann nur Kräfte in horizontaler Richtung aufnehmen.
 - 1.2 Berechnen Sie die Lagerkräfte F_A und F_B nach Betrag und Richtung. 4,0
- 2 Ausleger
 - 2.1 Schneiden Sie den Ausleger zur Berechnung der Lagerkräfte in C und D frei. 2,0
 - 2.2 Berechnen Sie die Lagerkräfte F_C und F_D nach Betrag und Richtung. 6,0
 - 2.3 Der Ausleger hat sein größtes Biegemoment am Punkt D mit $M_{Dmax} = 31,14 \text{ kNm}$. 4,0
Für den Ausleger soll ein möglichst kleines IPE-Profil aus dem Werkstoff S235JR verwendet werden.
Dimensionieren Sie das normgerechte IPE-Profil bei einer 2,5-fachen Sicherheit gegen plastische Verformung.



3 Hebezeug

Unter dem Begriff Hebezeug versteht man alle Komponenten, die zum Anheben von Lasten verwendet werden, wie Kette, Kettenrad, Kranhaken, Bolzen, Gehäuse etc. Für die folgenden Berechnungen ist das Eigengewicht dieser Bauteile zu vernachlässigen.

Daten

Werkstoff

Kette: S355JR

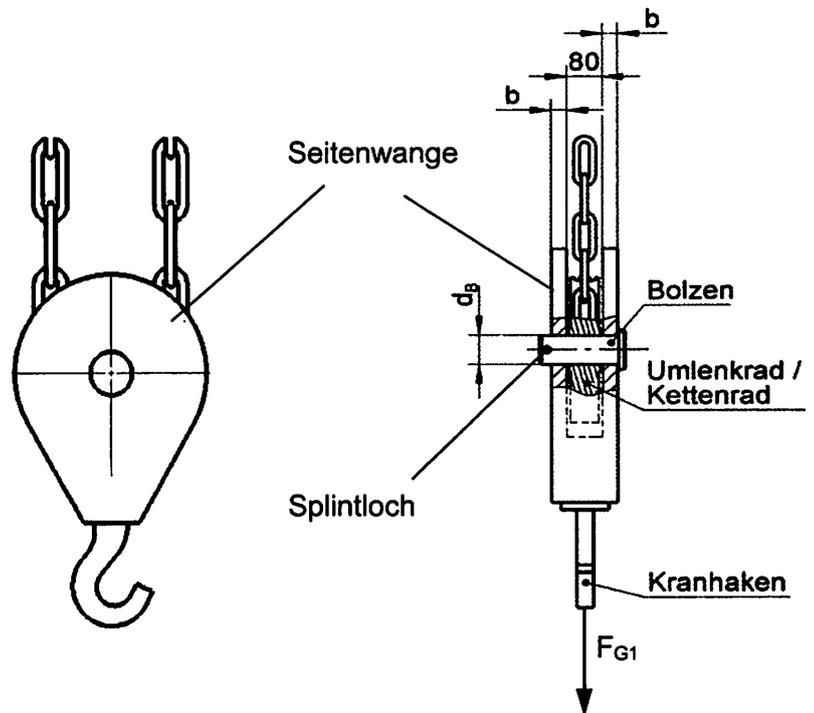
Werkstoff

Bolzen: 16MnCr5

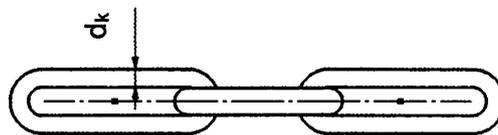
zulässige Flächenpressung

Seitenwange:

$p_{zul} = 100 \text{ N/mm}^2$



- 3.1 Berechnen Sie den Durchmesser d_k der Kettenglieder für eine Sicherheit gegen plastische Verformung von $v = 3$. 3,0



- 3.2 Dimensionieren Sie den Bolzen gegen Abscherung und ermitteln Sie den erforderlichen Bolzendurchmesser nach Norm für eine Sicherheit gegen Abscheren von $v = 2$. 4,0

- 3.3 Bestimmen Sie die erforderliche Breite b der Seitenwangen bei einem angenommenen Bolzendurchmesser d_B von 12mm. 3,0



4 CNC-Technik

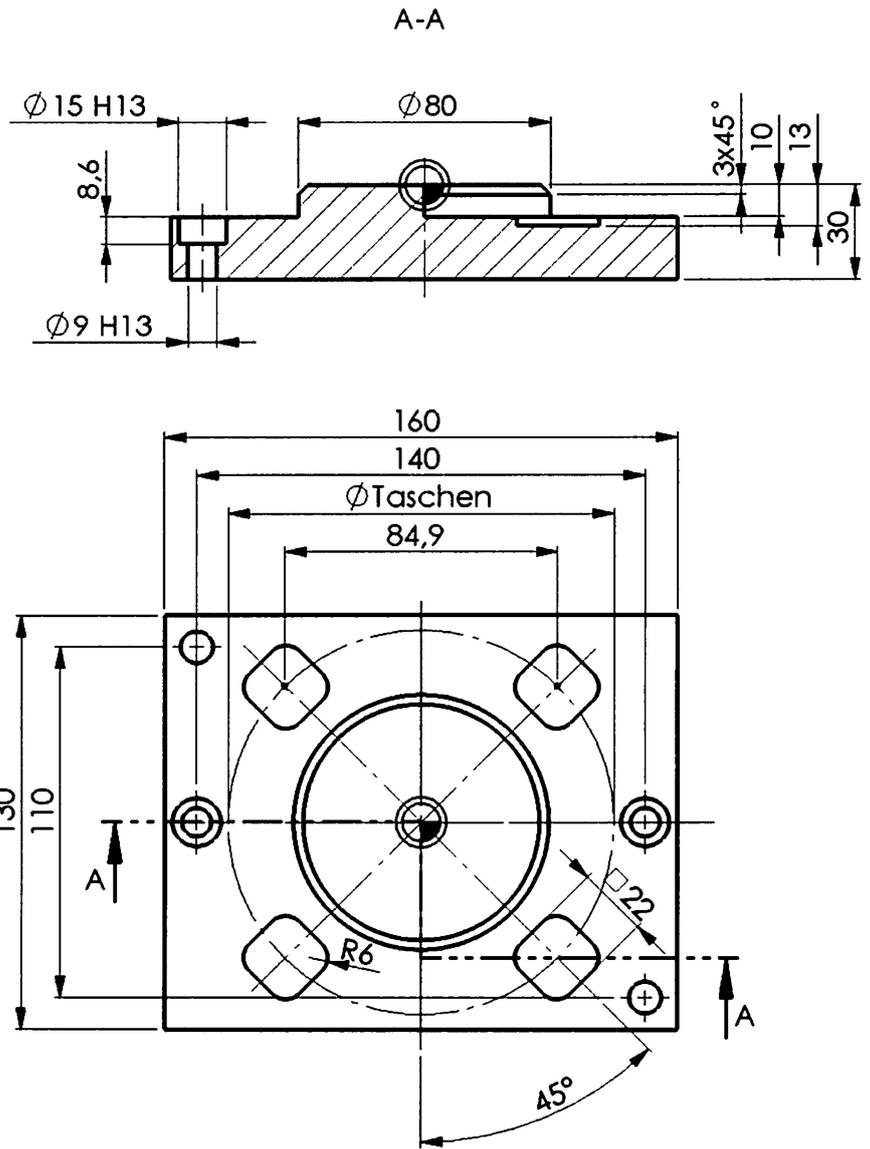
Das dargestellte Werkstück zeigt eine Vorrichtung zum Aufnehmen und Fixieren von Kunststoffbechern für die weitere Bearbeitung. Diese werden dabei durch den Zapfen mit Durchmesser 80mm gehalten.

Diese Vorrichtung soll auf einer Senkrecht-Fräsmaschine fertiggestellt werden, als Werkstoff wurde S235JR ausgewählt.

Die Außenabmessungen, die Bohrungen und Senkungen sind bereits fertig bearbeitet, der Zapfen in der Mitte ist auf den $\varnothing 80,4$ mm und die Tiefe 9,8 mm vorgeschruppt.

Der Werkzeugwechsellpunkt liegt bei X-100, Y-100, Z 150.

- 4.1 Beschreiben Sie den technologischen Unterschied zwischen den beiden Bearbeitungsstrategien „Schruppen“ und „Schlichten“. (1 P)
- 4.2 Bestimmen Sie die fehlenden technologischen Daten für das Werkzeug T37. (2 P)



Werkzeug	Nr.	D [mm]	z	v_c [m/min]	f_z bzw. f [mm]	n [min ⁻¹]	v_f [mm/min]	a_p [mm]
HSS Walzenstirnfräser (beschichtet)	T37	50	8	30	0,08			20
Schafffräser	T38	12	6	65	0,032	1720	331	8

- 4.3 Der Zapfen ist auf den Durchmesser 80 mm und die Tiefe von 10 mm fertig zu bearbeiten. Die Bearbeitung soll im Gleichlauf mit dem Werkzeug T37 erfolgen. Das Werkzeug ist eingewechselt und befindet sich am Werkzeugwechsellpunkt. Die Fertigung der Fäse ist nicht Teil der Aufgabe. 4,0

Erstellen Sie den CNC-Programmteil zur Bearbeitung des Zapfens.

- 4.4 Die vier Rechtecktaschen sind in einem Zyklus herzustellen. Das Werkzeug T38 ist bereits eingewechselt und befindet sich am Werkzeugwechsellpunkt.

- 4.4.1 Berechnen Sie zunächst den Teilkreisdurchmesser D_{Tasche} der zu fertigenden Rechtecktaschen. 2,0

- 4.4.2 Erstellen Sie für die vier Rechtecktaschen den Zyklus mit Zyklusaufruf. 3,0

40,0



Lösungen

Statik (14 P): Freimachen und Lagerkräfte berechnen.

Festigkeit (14 P): Profil gegen Biegen, Rundgliederkette auf Zug, Bolzen gegen Abscheren und Flächenpressung

CNC (12 P): Technische Frage, Einstelldaten berechnen, Zylinder fräsen, Teilkreisdurchmesser berechnen; Rechtecktasche auf Teilkreiszyklus programmieren

1 Kranarm

1.1 Lageskizze Kranarm (Ausleger, Grundkörper, Strebe) mit Last

$$1.2 \quad \Sigma M_A = 0 = F_B \cdot l_5 - F_{G3} \cdot (l_3 + l_6) - (F_{G2} + F_{G1}) \cdot (l_2 + l_6)$$

$$F_B = \frac{F_{G3} \cdot (l_3 + l_6) + (F_{G2} + F_{G1}) \cdot (l_2 + l_6)}{l_5}$$

$$= \frac{1 \text{ kN} \cdot (1750 + 100) \text{ mm} + (0,3 + 32) \text{ kN} \cdot (2250 + 100)}{1100 \text{ mm}} = 70,69 \text{ kN}$$

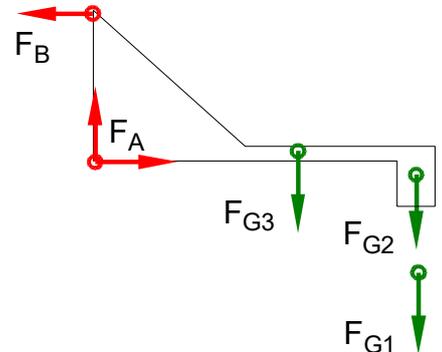
$$\Sigma F_y = 0 = +F_{Ay} - F_{G1} - F_{G2} + F_{G3}$$

$$F_{Ay} = +F_{G1} + F_{G2} - F_{G3} = 32 \text{ kN} + 0,3 \text{ kN} - 1 \text{ kN} = 33,3 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Ax} - F_B \Rightarrow F_{Ax} = F_B = 70,69 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(70,69 \text{ kN})^2 + (33,3 \text{ kN})^2} = 78,1 \text{ kN}$$

$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{33,3 \text{ kN}}{70,69 \text{ kN}} = 25,2^\circ \quad (\text{nach rechts oben gegen die Waagerechte})$$



2 Ausleger

2.1 Lageskizze Ausleger mit Last

$$2.2 \quad \Sigma M_C = 0 = F_{Dx} \cdot l_4 + F_{Dy} \cdot l_1 - F_{G3} \cdot l_3 - (F_{G1} + F_{G2}) \cdot l_2$$

$$= F_D \cdot \cos \alpha \cdot l_4 + F_D \cdot \sin \alpha \cdot l_1 - F_{G3} \cdot l_3 - (F_{G1} + F_{G2}) \cdot l_2$$

$$= F_D (\cos \alpha \cdot l_4 + \sin \alpha \cdot l_1) - F_{G3} \cdot l_3 - (F_{G1} + F_{G2}) \cdot l_2$$

$$F_D = \frac{F_{G3} \cdot l_3 + (F_{G2} + F_{G1}) \cdot l_2}{\cos \alpha \cdot l_4 + \sin \alpha \cdot l_1} = \frac{1 \text{ kN} \cdot 1750 \text{ mm} + (0,3 + 32) \text{ kN} \cdot 2250 \text{ mm}}{\cos 25^\circ \cdot 170 \text{ mm} + \sin 25^\circ \cdot 1300 \text{ mm}} = 105,80 \text{ kN}$$

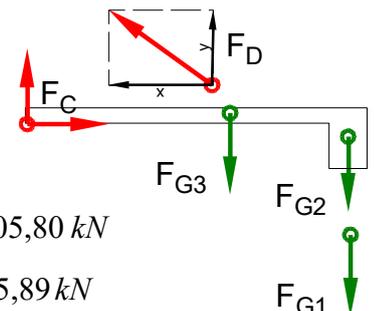
$$\Sigma F_x = 0 = +F_{Cx} - F_{Dx} \Rightarrow F_{Cx} = F_{Dx} = F_D \cdot \cos \alpha = 105,80 \text{ kN} \cdot \cos 25^\circ = 95,89 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Cy} + F_{Dy} - F_{G3} - F_{G2} - F_{G1}$$

$$F_{Cy} = -F_D \cdot \sin \alpha + F_{G3} + F_{G2} + F_{G1} = -105,8 \text{ kN} \sin 25^\circ + 1 \text{ kN} + 0,3 \text{ kN} + 32 \text{ kN} = -11,41 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(95,89 \text{ kN})^2 + (-11,41 \text{ kN})^2} = 96,6 \text{ kN}$$

$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{-11,41 \text{ kN}}{95,89 \text{ kN}} = -6,8^\circ \quad (6,8^\circ \text{ nach links unten gegen die Waagerechte})$$



2.3 $R_e = 235 \text{ N/mm}^2$

(aus der Bezeichnung von S235JR oder \rightarrow [EuroTabM] „Baustähle, unlegierte“)

$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e$ (\rightarrow [EuroTabM] „Biegebeanspruchung“)

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

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} = \frac{282 \text{ N/mm}^2}{2,5} = 112,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{Dmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{31,14 \text{ kNm}}{112,8 \text{ N/mm}^2} = 276,1 \text{ cm}^3$$

Gewählt: I-Profil DIN 1025 – S235JR – IPE 240 mit $W_x = 324 \text{ cm}^3$



3 Hebezeug

3.1 Kettenglied

Nach Zeichnung handelt es sich um eine Rundgliederkette. Bei solchen Ketten verteilt sich die Last auf zwei Drahtquerschnitte. Da hier der Kranhaken von zwei Kettensträngen á 2 Drahtquerschnitten gehalten wird, verteilt sich die Last insgesamt auf 4 Drahtquerschnitte.

$$R_e = 355 \text{ N/mm}^2$$

(aus der Bezeichnung von S355JR oder \rightarrow [EuroTabM] „Baustähle, unlegierte“)

$$\frac{R_e}{\sqrt{v}} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{4 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_e}{\sqrt{v}} = \frac{355 \text{ N/mm}^2}{3} = 118,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S = \frac{F_{G1}}{4 \cdot \sigma_{zzul}} = \frac{32000 \text{ N}}{4 \cdot 118,3 \text{ N/mm}^2} = 67,6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d_{kerf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 67,6 \text{ mm}^2}{\pi}} = 9,3 \text{ mm}$$

gewählt: $d_K = 10 \text{ mm}$ (nicht gefragt)

3.2 Bolzen

$R_e = 590 \text{ N/mm}^2$ (16MnCr5 \rightarrow [EuroTabM] „Einsatzstähle“)

$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e$ (\rightarrow [EuroTabM] „Abscherung, Beanspruchung“)

$$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 590 \text{ N/mm}^2 = 354 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_{aF}}{\sqrt{v}} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow \tau_{azul} = \frac{\tau_{aF}}{\sqrt{v}} = \frac{354 \text{ N/mm}^2}{2} = 177 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_{G1}}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{32 \text{ kN}}{2 \cdot 177 \text{ N/mm}^2} = 90,4 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 90,4 \text{ mm}^2}{\pi}} = 10,7 \text{ mm}$$

gewählt: $d_B = 12 \text{ mm}$ (\rightarrow [EuroTabM] „Bolzen“)

3.3 Seitenwangenbreite:

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F}{p_{zul}} = \frac{32000 \text{ N}}{100 \text{ N/mm}^2} = 320 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot 2 \cdot b \Rightarrow b_{erf} = \frac{A}{2 \cdot d_B} = \frac{320 \text{ mm}^2}{2 \cdot 12 \text{ mm}} = 13,33 \text{ mm}$$



tgtm HP 2019/20-2: Heinrich Herz e.K.

(Pflichtaufgabe)

Heinrich Herz plant aus strategischen Gründen die Herstellung der Spritzgießwerkzeuge auszulagern. Um das Stammwerk nicht zu gefährden entscheidet sich Heinrich Herz für eine GmbH als Rechtsform des neu zu gründenden Unternehmens. Die Firma lautet Herz Werkzeugbau GmbH.

- 1 Erläutern Sie zwei Vorteile, die sich für Heinrich Herz aus der Rechtsformwahl der GmbH ergeben.
- 2 Zur Gründung der GmbH könnte Heinrich Herz auf Anlagevermögen zur Spritzgießwerkzeugherstellung zurückgreifen, welches bisher in der e.K. verwendet wurde. Begründen Sie mit Hilfe des Gesetzestextes, ob eine GmbH-Gründung mittels Sacheinlagen möglich ist. 1
- 3 Der Prokurist der Herz e.K., Herr Hauser, ist skeptisch, ob es rechtlich zulässig ist, beide Firmensitze am selben Ort zu haben. Klären Sie diese Problematik unter Zuhilfenahme der § 18 und 30 HGB.
- 4 Herr Herz möchte in der GmbH einen weiteren Gesellschafter aufnehmen, der dann auch die Geschäfte der GmbH führen soll.
 - 4.1 Stellen Sie je einen Vor- und Nachteil dar, die mit der Aufnahme eines neuen Gesellschafters verbunden sind. 2
 - 4.2 Herr Herz überlegt, wie ein angenommener Gewinn unter mehreren Gesellschaftern zu verteilen wäre. Stellen Sie dies mit Hilfe des Gesetzes dar. 1
- 5 Herr Herz beschließt bereits vor der Handelsregistereintragung und Veröffentlichung den Betrieb der Werkzeugbau GmbH zu starten. Hieraus entstand ein Geschäft mit der Huber Engineering AG. Begründen Sie mit Hilfe des Gesetzes, ob die Huber Engineering AG gegenüber Herrn Herz persönlich Ansprüche aus der Gewährleistung stellen kann, wenn das gelieferte Werkzeug mangelhaft ist.

Arbeitsblatt 1

Lösungsvorschläge

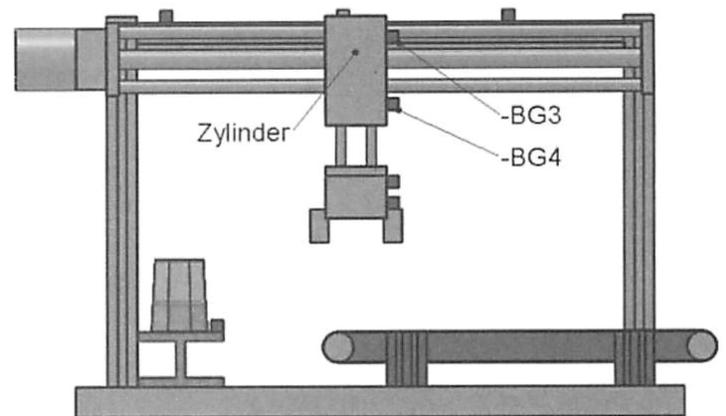
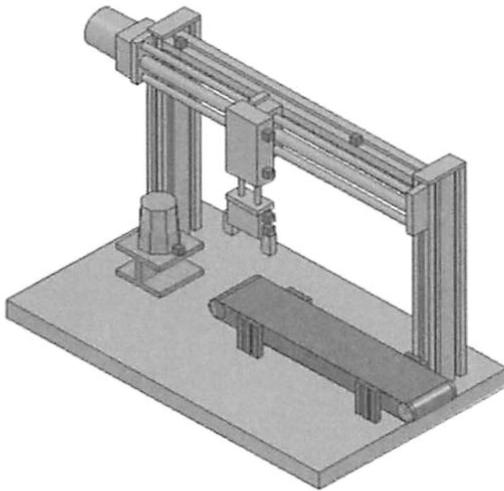
- keine -



tgtm HP 2019/20-3: Kunststoffbecherfertigung

(Wahlaufgabe)

Für den automatisierten Fertigungsprozess der Kunststoffbecher wird die abgebildete Anlage eingesetzt.



Für die Vertikalbewegung ist ein doppelwirkender Pneumatikzylinder vorgesehen. Die Ansteuerung erfolgt durch ein 5/2-Wegeventil, beidseitig elektromagnetisch betätigt. Beide Hubgeschwindigkeiten sollen einstellbar sein.

Arbeitsdruck	$p_e = 5 \text{ bar}$
Zylinderwirkungsgrad	$\eta = 80 \%$
Hubmasse	$m = 35 \text{ kg}$

- 1 Stellen Sie den pneumatischen Schaltplan inklusive der Endlagensensoren und Wartungseinheit dar. Die Bauteile sind normgerecht zu kennzeichnen. 4,0
- 2 Ermitteln Sie den notwendigen Kolbendurchmesser d und bestimmen Sie den Normzylinder nach DIN ISO 15552. 3,0
- 3 Um auch größere Lasten heben zu können wird der Pneumatikzylinder nach DIN ISO 15552 mit dem Kolbendurchmesser $D = 50 \text{ mm}$ und der Hublänge $s = 160 \text{ mm}$ verwendet. 3,0

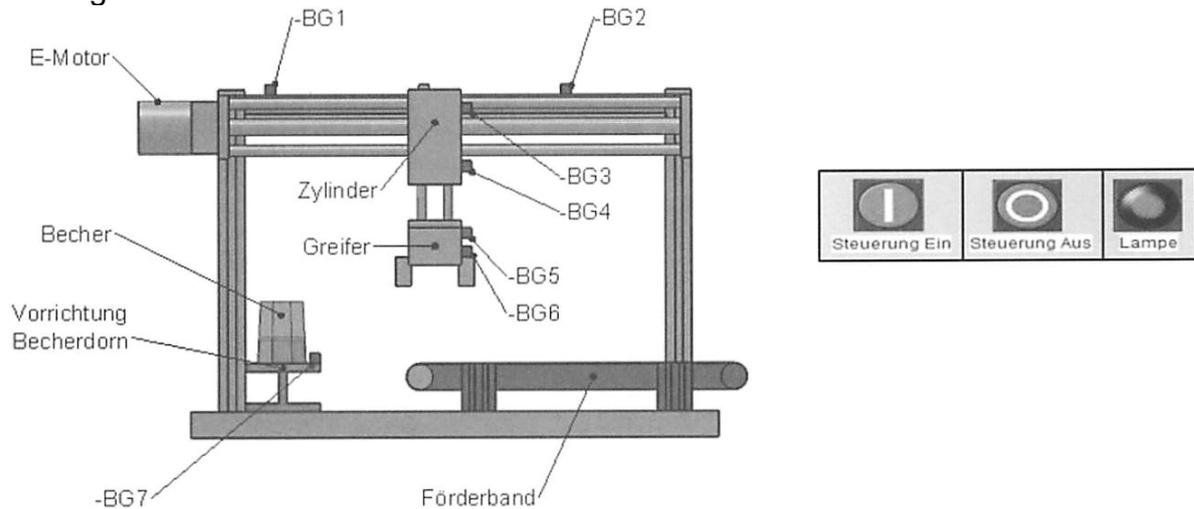
Die Anlage kommt an 16 Stunden pro Arbeitstag und 240 Arbeitstagen pro Jahr wie folgt zum Einsatz:

Hubzahl	$n = 25 \text{ Becher pro Stunde}$
Druckluftkosten	$k = 35 \text{ ct/m}^3$

Bestimmen Sie näherungsweise für diesen Zylinder die jährlichen Druckluftkosten in EURO.



- 4 Die abgebildete Anlage zur Umsetzung der Kunststoffbecher soll mit Hilfe einer SPS angesteuert werden.



Die Anlage wird mit dem Taster STEUERUNG EIN in Betriebsbereitschaft versetzt und mit dem Taster STEUERUNG AUS wieder außer Betrieb genommen. Die Betriebsbereitschaft wird mit einer Lampe angezeigt.

Die ersten drei Zeilen der unten dargestellten Zuordnungsliste sind unvollständig.

Nr.	Symbol	Schließer/Öffner	Beschreibung
1			Taster Steuerung Ein
2			Taster Steuerung Aus
3			Meldelampe
4	-BG1	Schließer	Greiferposition über Becherdorn
5	-BG2	Schließer	Greiferposition über Förderband
6	-BG3	Schließer	Reed-Kontakt; Greifer ist oben
7	-BG4	Schließer	Reed-Kontakt; Greifer ist unten
8	-BG5	Schließer	Reed-Kontakt; Greifer ist geschlossen
9	-BG6	Schließer	Reed-Kontakt; Greifer ist geöffnet
10	-BG7	Schließer	Sensor zur Abfrage „Becher vorhanden“
11	-MB3	X	Ventilmagnet; Greifer fährt nach unten
12	-MB4	X	Ventilmagnet; Greifer fährt nach oben

- 4.1 Übernehmen Sie die tabellarische Darstellung der ersten drei Zeilen der Zuordnungsliste und ergänzen Sie die fehlenden Informationen (graue Felder). 3,0
- 4.2 Erstellen Sie das SPS Programm in der Funktionsbausteinsprache (FBS) zum Ein- und Ausschalten der Anlage (Betriebsbereitschaft). 3,0
- 5 Wird ein Becher auf dem Becherdorn erkannt, wird dieser mit Hilfe des Greifers sowie einer Vertikal- und Horizontalbewegung automatisch auf das Förderband umgesetzt. Die einzelnen Abläufe werden mit unterschiedlichen Bausteinen in Funktionsbausteinsprache programmiert. Exemplarisch sei hier nur die Vertikalbewegung nach dem Greifen betrachtet. 4,0

Das Hochfahren nach dem Greifen des Bechers erfolgt bei Betriebsbereitschaft automatisch und wird bei Erreichen der oberen Endlage des Zylinders beendet.

Erstellen Sie den entsprechenden SPS Baustein unter Berücksichtigung aller relevanten Endlagensensoren aus Anlagenschema und Zuordnungslisten.



- 6 Eine Maschine der Herz Werkzeugbau GmbH soll durch das Controlling neu bewertet werden. 3,0

Folgende Zahlen werden vom Controlling vorgelegt:

Anschaffungskosten in Euro (Anschaffungskosten = geschätzte Wiederbeschaffungskosten)	40.000,-- €
Nutzungsdauer in Jahren	5 Jahre
Kalkulatorischer Zins in Prozent	8%
Platzbedarf	30 m ²
Instandhaltung	2.500 € / Jahr

Die angesetzte „Miete“ beläuft sich auf 8,50 € / m² monatlich.

Die Leistungsaufnahme der Maschine beträgt 20 kW.

Das Unternehmen muss 0,25 € / kWh bezahlen.

Die Maschine läuft 1480 h pro Jahr.

Ermitteln Sie den Maschinenstundensatz.

- 7 Ein junger Mitarbeiter des Controllings schlägt vor, den Maschinenstundensatz einfach nur zu schätzen. 2,0

Beurteilen Sie die Auswirkungen eines „geschätzten“ Maschinenstundensatzes auf die Gewinnsituation der Herz Werkzeugbau GmbH.

- 8 Nehmen Sie Stellung zu folgender Aussage von Heinrich Herz: „Der Kalkulationszins sollte mindestens dem Marktzins entsprechen“. 1,0

- 9 In der Herz Werkzeugbau GmbH galt bisher die Urlaubsregelung, dass in der Sommerferienzeit die Mitarbeiter mit schulpflichtigen Kindern zuerst ihren Urlaub festlegen durften. Der Geschäftsführer möchte diese Regelung aufheben.

Erläutern Sie, ob das Vorgehen des Geschäftsführers rechtsgültig ist:

- 9.1 wenn ein Betriebsrat vorhanden ist, 1,0

- 9.2 wenn kein Betriebsrat vorhanden ist. 1,0

- 10 Aufgrund der „Änderung der Urlaubsregelung“ fordert ein Mitarbeiter die Bildung eines Betriebsrates. Nennen Sie zwei wesentliche rechtliche Voraussetzungen, damit in der Herz Werkzeug GmbH ein Betriebsrat gewählt werden kann. 2,0

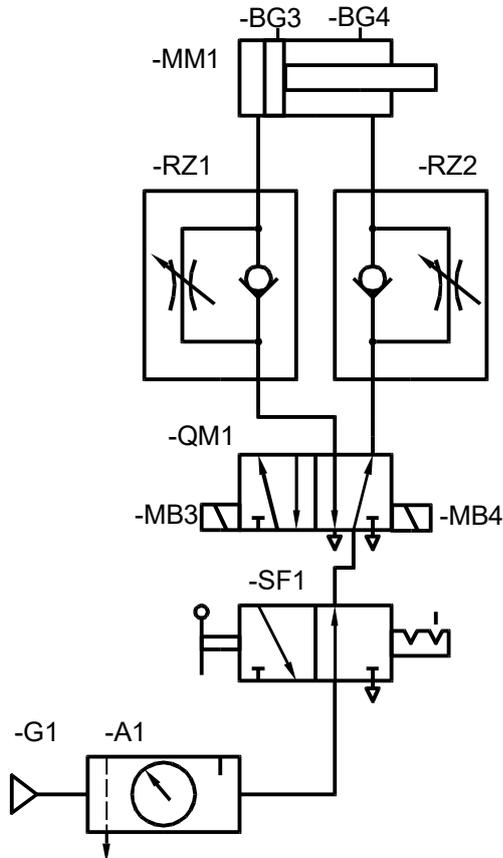
30,0



Lösungen

Getriebe (6 P): Gesamtübersetzung aus Drehzahlen; Zähnezahl; Moment aus Leistung und mit Übersetzung
 Festigkeit (8 P): Wellendurchmesser gegen Torsion mit Passfedernut; Passfeder nach Flächenpressung
 SPS (6P): Unterschied Öffner ↔ Schließer; FBS mit einer UND-Verknüpfung

1



2

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F}{p \cdot \eta} = \frac{350 \text{ N}}{5 \text{ bar} \cdot 80\%} = \frac{350 \text{ N}}{5 \cdot \frac{\text{N}}{10 \text{ mm}^2} \cdot 0,80} = 875 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow D_{\text{erf}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 875 \text{ mm}^2}{\pi}} = 33,4 \text{ mm}$$

Gewählt: KolbenØ D = 40 mm mit KolbenstangenØ d = 16 mm
 (→ TabB „Pneumatikzylinder)

Da beim Heben der Last der Pneumatikzylinder einfährt, muss geprüft werden, ob die Kolbenfläche auf der Kolbenstangenseite ausreicht:

$$A_{\text{Kolbenstange}} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (40 \text{ mm})^2 - \frac{\pi}{4} \cdot (16 \text{ mm})^2 = 1056 \text{ mm}^2 > A_{\text{erf}} \text{ reicht aus !}$$

3

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (50 \text{ mm})^2}{4} = 1963 \text{ mm}^2$$

$$Q \approx 2 \cdot A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{\text{amb}}}{p_e} = 2 \cdot 1963 \text{ mm}^2 \cdot 160 \text{ mm} \cdot \frac{25}{h} \cdot \frac{16 \text{ h}}{d} \cdot 240 \frac{d}{a} \cdot \frac{5 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} \cdot \left(\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right)^3$$

$$= 2 \cdot 0,314 \text{ dm}^3 \cdot \frac{96000}{a} \cdot 6 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ dm}^3} = 361,9 \frac{\text{m}^3}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Kosten } K = Q \cdot k = 361,9 \frac{\text{m}^3}{\text{Jahr}} \cdot 35 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 126,67 \text{ € p. a.}$$



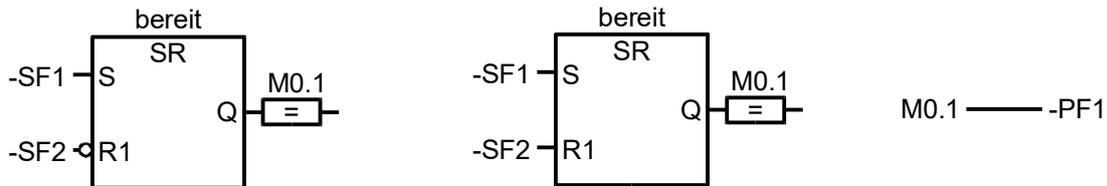
4

4.1 -SF2 als Öffner schaltet die Steuerung aus, wenn es im Signalverlauf von -SF1 zu einer Unterbrechung kommt (Sicherheitsschaltung, Drahtbruchsicherheit).

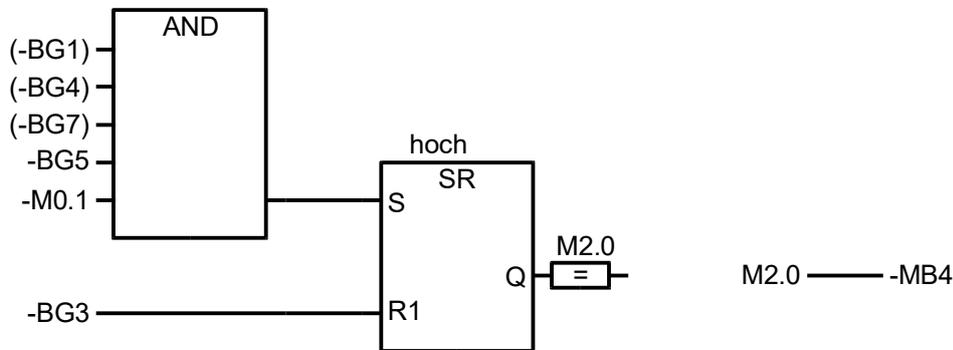
Nr.	Symbol	Schließer/Öffner	Beschreibung
1	-SF1	Schließer	Taster Steuerung Ein
2	-SF2	Öffner	Taster Steuerung Aus
3	-PF1	X	Meldelampe

4.2 Die Lösung muss zur Lösung von Aufgabe 4.1 passen.
 mit -SF2 als Öffner mit -SF2 als Schließer

Befehlsausgabe



5 Sensoren in Klammern sind im Aufgabentext nicht ausdrücklich gefordert.



6 und folgende hier keine Lösungen



tgtm HP 2019/20-4: Antrieb

(Wahlaufgabe)

Zum Schwenken großer Lasten wird der Kranarm des Säulendrehkrans mit einem elektrischen Antrieb und Getriebe ausgestattet. Siehe unten dargestellte Prinzipskizze.

Daten des E-Motors

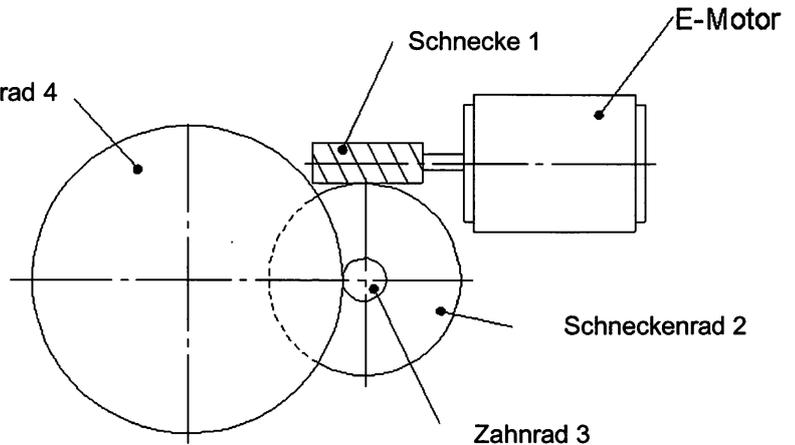
Leistung: $P_M = 17 \text{ kW}$
 Umdrehungsfrequenz: $n_M = 1400 \text{ min}^{-1}$ Zahnrad 4
 Motorwirkungsgrad: $\eta_M = 0,85$

Daten des Getriebes

Modul: $m = 2,5 \text{ mm}$
 Getriebewirkungsgrad: $\eta_G = 0,7$

Zähnezahlen:

$z_1 = 2$ $z_2 = 50$
 $z_3 = 15$ $z_4 = 87$



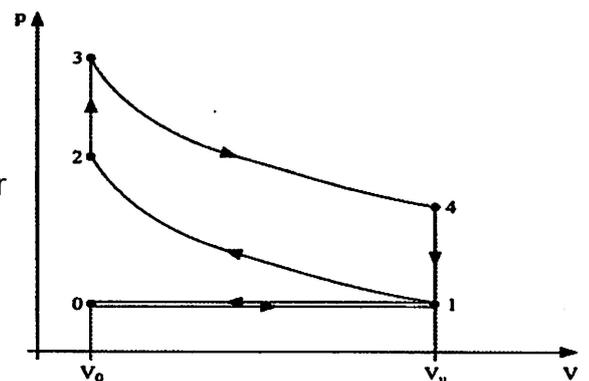
- 1 Nennen Sie zwei Vorteile eines Schneckengetriebes gegenüber anderen Getriebearten. 2,0
- 2 Ermitteln Sie den Achsabstand der geradverzahnten Zahnräder 3 und 4. 2,0
- 3 Bestimmen Sie die Drehzahl n_4 . 2,0
- 4 Am Zahnrad 4 wird zum Bewegen des Kranarms ein Drehmoment von $M_4 = 8 \text{ kNm}$ benötigt. 3,0

Weisen Sie nach, dass der Motor dafür ausreichend dimensioniert ist.

Damit die Produktion auch bei Stromausfall gewährleistet ist, steht der Firma ein Notstromaggregat zur Verfügung. Das p-V-Diagramm des Vergleichsprozesses ist unten abgebildet.

Daten

Temperatur der angesaugten Luft: $t_1 = 40^\circ\text{C}$
 Druck der angesaugten Luft: $p_1 = 0,9 \text{ bar}$
 Verdichtungsverhältnis (V_1/V_2): $\epsilon = 10$
 Temperatur nach der Verbrennung: $T_3 = 2573 \text{ K}$
 Temperatur nach der Expansion: $T_4 = 1024 \text{ K}$



- 5 Beschreiben Sie die technischen Vorgänge zwischen den Punkten 0 und 1 im Vergleichsdiagramm. 1,0
- 6 Berechnen Sie die Zustandsgrößen p_2 und T_2 . 3,0
- 7 Die Masse der angesaugten Luft sei $m = 0,24 \text{ g}$, die Temperatur $T_2 = 786 \text{ K}$.
 - 7.1 Überprüfen Sie, ob der Motor eine Nutzarbeit von mindestens 180 Nm pro Zyklus erreicht. 4,0
 - 7.2 Bestimmen Sie den thermischen Wirkungsgrad des Motors. 3,0



- 8 Zur Finanzierung der Umbauten des Säulendrehkrans werden mit der Hausbank Verhandlungen aufgenommen. Die Herz Werkzeugbau GmbH will alle Säulendrehkräne entsprechend umrüsten. Das Investitionsvolumen beträgt voraussichtlich 200.000 €. Im Unternehmen schätzt man, dass die neuen Antriebe eine Nutzungsdauer von 5 Jahren haben.

Die Bank bietet:

	Endfälligkeitsdarlehen	Ratentilgungsdarlehen
Laufzeit in Jahren	4	4
Zinssatz	2,5 %	4%
Besicherung	Bürgschaft	Sicherungsübereignung

Erstellen Sie zu jeder Darlehensart eine graphische Skizze aus der die Zins- und Tilgungsmodalität hervorgeht. Die genauen Zahlenwerte sind hierbei nicht zu berücksichtigen 2

- 9 Heinrich Herz hat auf der letzten Sitzung des Unternehmerverbandes erfahren, dass Finanzierungen möglichst im Rahmen der „Fristenkongruenz“ (Goldene Finanzierungsregel) erfolgen sollten.
- 9.1 Beurteilen Sie, ob die beiden Darlehen aus Aufgabe 4.9 dieser Regel entsprechen. 1,0
- 9.2 Berechnen Sie, welches Darlehen Herr Herz unter Kostengesichtspunkten wählen sollte und erläutern Sie das Ergebnis. 3,0
- 10 In der Produktion der Herz Werkzeugbau GmbH wird ein neuer Mitarbeiter benötigt. Der Bewerber Herr Renz und Personalleiter Sorgfalt einigen sich auf die wesentlichen Arbeitsbedingungen während des Einstellungsgesprächs am 4.10.20... 1,0
- Der erste Arbeitstag für Herr Renz soll der 15.10.20.. sein.
Am 20.11. erhält er den Arbeitsvertrag in Schriftform.
- Begründen Sie mit Datum, wann der Arbeitsvertrag rechtlich zustande kam.
- 11 Folgender Arbeitsvertrag wird Herrn Renz ausgehändigt: 3,0

<p>Zwischen der Herz Werkzeugbau GmbH - Im Steinlachwasen 12, 72072 Tübingen</p> <p>und</p> <p>Herrn Jochen Renz wohnhaft Musterstraße 14, 72810 Gomaringen</p> <p>wird folgender Arbeitsvertrag geschlossen:</p> <p>§ 1 Beginn des Arbeitsverhältnisses</p> <p>Das Arbeitsverhältnis beginnt am 15.10.20..</p> <p>§ 2 Probezeit</p> <p>Das Arbeitsverhältnis wird auf unbestimmte Zeit geschlossen Die ersten 8 Monate gelten als Probezeit.</p> <p>§ 3 Tätigkeit</p> <p>Der Arbeitnehmer wird als Systemprogrammierer eingestellt.</p>	<p>§4 Arbeitsvergütung</p> <p>Der Arbeitnehmer erhält ein Bruttogehalt von 3.380 € / monatlich. Das Unternehmen ist nicht tarifgebunden.</p> <p>§ 5 Arbeitszeit</p> <p>Die regelmäßige Wochenarbeitszeit beträgt 40h bei einer 5 Tage Woche.</p> <p>§6 Urlaub</p> <p>Der Arbeitnehmer hat 22 Werktage Urlaub im Jahr.</p> <p>Ort, Tübingen</p> <p>Unterschrift Arbeitgeber gez. Hartmut Sorgfalt (Personalleiter)</p> <p>Datum den 20.11...</p> <p>Unterschrift Arbeitnehmer gez. Jochen Renz</p>
--	---

Überprüfen Sie den Arbeitsvertrag auf Pflichtverletzungen durch den Arbeitgeber (3 Aspekte).



Lösungen

Getriebe (9): technische Fragen (Schnecken, Achsabstand), Drehzahl, Leistungsbedarf

Energietechnik (11) pV-Diagramm erkennen und technische Vorgänge beschreiben, Zustandsgrößen ermitteln, thermischen Wirkungsgrad und Nutzarbeit berechnen

- 1 Schneckentriebe können große Übersetzungen auf engem Raum realisieren, sind (annähernd) selbsthemmend (= lassen sich nicht von der Abtriebsseite her drehen. Beispiel: Bei Motorausfall fällt die Last nicht herunter) und laufen ruhig

2 Achsabstand $a = \frac{m \cdot (z_3 + z_4)}{2} = \frac{2,5 \text{ mm} \cdot (15 + 87)}{2} = 127,5 \text{ mm}$ (\rightarrow [EuroTabM] „Zahnradmaße“)¹

3 $i = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{50}{2} \cdot \frac{87}{15} = 145$

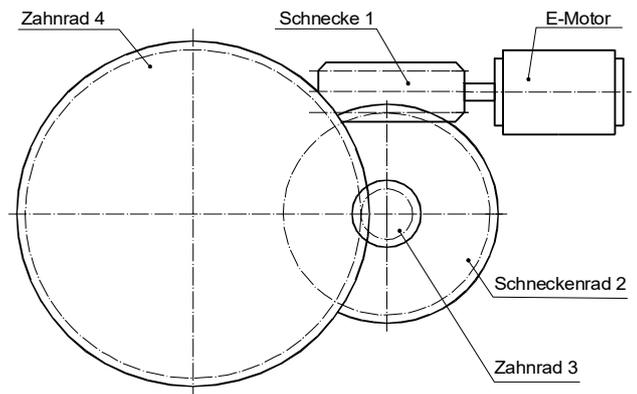
$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} \Rightarrow n_4 = \frac{n_1}{i} = \frac{1400}{145} \frac{1}{\text{min}} = 9,66 \frac{1}{\text{min}} = 0,161 \frac{1}{\text{s}}$

4 $P_4 = 2 \pi \cdot M \cdot n = 2 \pi \cdot 8 \text{ kNm} \cdot 9,66 \text{ min}^{-1} = 8,1 \text{ kW}$

$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_4}{P_{M,erf}} \Rightarrow P_{M,erf} = \frac{P_4}{\eta}$

$P_{M,ab,erf} = \frac{8,1 \text{ kW}}{0,7} = 11,6 \text{ kW} < P_M$ reicht!

$P_{M,zu,erf} = \frac{8,1 \text{ kW}}{0,7 \cdot 0,85} = 13,6 \text{ kW} < P_M$ reicht!



Die Motorleistung P_M reicht aus, unabhängig davon, ob mit P_M die abgegebene mechanische oder die zugeführte elektrische Leistung gemeint ist.

Hinweis 1: Es sind zahlreiche weitere Lösungswege möglich.

- 5 pV-Diagramm

Dem Anschein nach stellt das pV-Diagramm den idealisierten Kreisprozess eines Viertakt-Ottomotors mit Ladungswechselschleife dar. Für diesen Fall gilt:

1 – 0 – 1: Im pV-Diagramm direkt erkennbar ist nur, dass sich die Größe des Brennraumes isobar ändert \rightarrow Kolbenbewegung, Gaswechselschleife, Gasaustausch.

1 – 0: Kolben bewegt sich von UT nach OT, im Brennraum herrscht leichter Überdruck, Abgase werden ausgestoßen (Ausstoßtakt), Auslassventil ist geöffnet ...

0 – 1: Kolben bewegt sich von OT nach UT, im Brennraum herrscht leichter Unterdruck, Frischgase werden angesogen (Ansaugtakt), Einlassventil ist geöffnet ...

Hinweis 2: Es sind weitere Ebenen der „technischen Vorgänge“ denkbar. Es genügt, wenn eine davon genannt wird.

- 6 Adiabate Zustandsänderung 1 – 2 (Viertakt-Ottomotor):

$\frac{T_1}{T_2} = \left[\frac{p_1}{p_2} \right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1}$ und $\epsilon = \frac{V_1}{V_2}$ und $\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{1,005 \text{ kJ/kgK}}{0,718 \text{ kJ/kgK}} = 1,4 \Rightarrow$

$\frac{T_1}{T_2} = \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1} = \left[\frac{1}{\epsilon} \right]^{\kappa-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \epsilon^{\kappa-1} = (273 + 40) \text{ K} \cdot 10^{1,4-1} = 786 \text{ K}$

$\left[\frac{p_1}{p_2} \right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1} = \left[\frac{1}{\epsilon} \right]^{\kappa-1} \Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \epsilon^{\kappa} = 0,9 \text{ bar} \cdot 10^{1,4} = 22,6 \text{ bar}$

- 1 Hinweis: Der (!) Modul m eines Zahnrades ist das Verhältnis zwischen Teilkreis \varnothing und Zähnezahl bzw. der Zahnabstand, wenn man die Zähne auf dem Teilkreis \varnothing verteilen würde. Zahnräder, die ineinandergreifen, müssen den gleichen Modul haben und rollen gedacht auf ihren Teilkreisen ab (etwa auf halber Höhe der Zähne). In technischen Zeichnungen stellt man Verzahnungen durch ihre Teilkreise in schmaler Strich-Punkt-Linie dar, aber im Technik-Abi sind normgerechte technische Zeichnungen nicht mehr selbstverständlich :-((



Unter der Annahme einer isothermen Zustandsänderung 1 – 2:

$$T_2 = T_1 = (273 + 40) \text{ K} = 313 \text{ K}$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right) = p_1 \cdot \epsilon = 0,9 \text{ bar} \cdot 10 = 9 \text{ bar}$$

7 Nutzarbeit und Wirkungsgrad²

7.1 Aus den isochoren Wärmemengen: [$Q_{12} = Q_{34} = 0$ weil adiabat]

$$Q_{23} = c_V \cdot m \cdot \Delta T_{23} = 718 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 0,24 \text{ g} \cdot (2573 \text{ K} - 786 \text{ K}) = 307,9 \text{ J}$$

$$Q_{41} = c_V \cdot m \cdot \Delta T_{41} = 718 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 0,24 \text{ g} \cdot (313 \text{ K} - 1024 \text{ K}) = -122,5 \text{ J}$$

$$\Sigma Q = Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41} = 0 + 307,9 \text{ J} + 0 - 122,5 \text{ J} = 185,4 \text{ J}$$

$$\Sigma Q + \Sigma W = 0 \Rightarrow W_{\text{Nutz}} = \Sigma W = -\Sigma Q = -185,4 \text{ J}$$

Aus den adiabatn Arbeiten: [$W_{23} = W_{41} = 0$ weil isochor] ($W_{12\text{-isotherm}} = 49,7 \text{ J}$)

$$W_{12} = -\frac{m \cdot R_i}{1 - \kappa} \cdot (T_2 - T_1) = -\frac{0,24 \text{ g} \cdot 287 \text{ J}}{(1 - 1,4) \cdot \text{kgK}} \cdot (786 - 313) \text{ K} = +81,5 \text{ J}$$

$$W_{34} = -\frac{m \cdot R_i}{1 - \kappa} \cdot (T_4 - T_3) = -\frac{0,24 \text{ g} \cdot 287 \text{ J}}{(1 - 1,4) \cdot \text{kgK}} \cdot (1024 - 2573) \text{ K} = -266,7 \text{ J}$$

$$W_{\text{Nutz}} = \Sigma W = +W_{12} + W_{23} + W_{34} + W_{41} = 81,5 \text{ J} + 0 - 266,7 \text{ J} + 0 = -185,2 \text{ J}$$

Der Betrag von 180 J für W_{Nutz} wird erreicht.

7.2 Aus dem Wärmemengen:

$$\eta_{\text{therm}} = 1 - \frac{|Q_{\text{abl}}|}{Q_{\text{zu}}} = 1 - \frac{|Q_{41}|}{Q_{23}} = 1 - \frac{|-122,5 \text{ J}|}{307,9 \text{ J}} = 0,60$$

Aus Nutzarbeit und Wärme:

$$\eta_{\text{therm}} = \frac{|W_{\text{Nutz}}|}{Q_{\text{zu}}} = \frac{|W_{\text{Nutz}}|}{Q_{23}} = \frac{|-185,2 \text{ J}|}{307,9 \text{ J}} = 0,60$$

Alle Ergebnisse für einen Viertakt-Ottomotor mit Adiabaten und Isochoren:

Ergebnisse		Aufgabe: tgmt HP 2019/20a-4Notstromaggregat													
Zustand	Typ	1E+05 p bar	1E-03 V l	1E+00 T K	1E+00 ϑ °C	1E+03 w ₋ kJ/kg	1E+03 W kJ	1E+03 q ₋ kJ/kg	1E+03 Q kJ	1E-03 m g	1E+03 cp kJ/kgK	1E+03 cv kJ/kgK	1E+03 Rs kJ/kgK	1E+00 χ	1E+00 ε
1		0,90	0,240	313,2	40,00					0,240	1,005	0,718	0,287	1,400	
12	a					339	0,1	0,0	0,00		1,005	0,718	0,287	1,400	10,00
2		22,55	0,024	786,0	512,85					0,240	1,005	0,718	0,287	1,400	
23	c					0	0,0	1283,1	0,31		1,005	0,718	0,287	1,400	1,00
3		74,01	0,024	2573,0	2299,85					0,240	1,005	0,718	0,287	1,400	
34	a					-1111,4	-0,3	0,0	0,00		1,005	0,718	0,287	1,400	0,10
4		2,94	0,240	1024,0	750,85					0,240	1,005	0,718	0,287	1,400	
41	c					0,0	0,0	-510,4	-0,12		1,005	0,718	0,287	1,400	1,00
1		0,90	0,240	313,2	40,00					0,240	1,005	0,718	0,287	1,400	
											1,005	0,718	0,287	1,400	
						ΣwNutz	ΣWnu	Σq ₋	ΣQ	m _{Hub}	η _{therm}				
						-772	-0,2	772,7	0,2	0,2	0,602				
						Σwab	ΣWab	Σqab	ΣQab		η _{carnot}				
						-1111	-0,3	-510,4	-0,1		0,878				
						Σwzu	ΣWzu	Σqzu	ΣQzu						
						339	0,1	1283,1	0,3						

8 und folgende: Hier keine Lösungen

2 Geringfügige Abweichungen resultieren aus den Rundungen von Vorgabe- und Zwischenwerten.



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

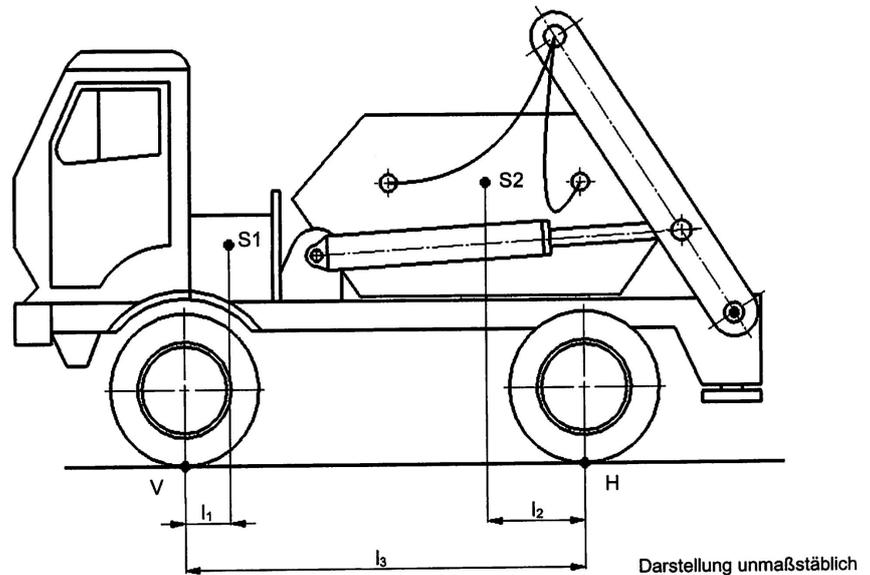
Gewichtskräfte:

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.³ 3,0

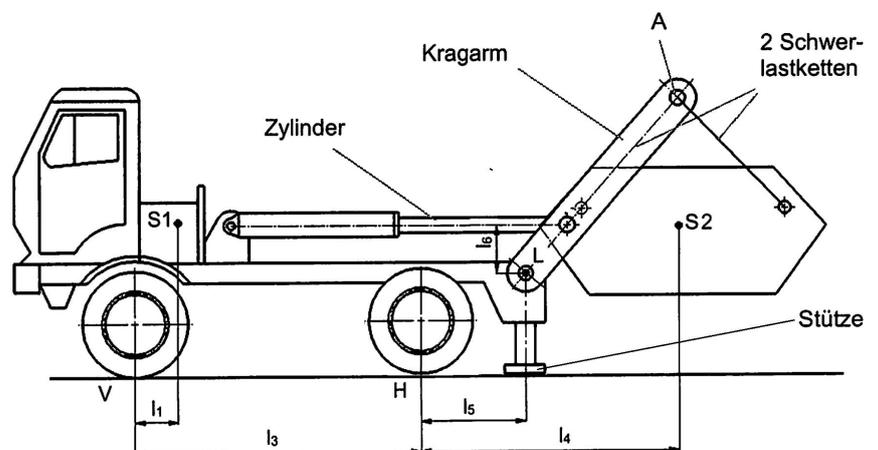
2 Anheben der Schuttmulde

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.⁴ 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

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

4 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:⁵ $\alpha = 45^\circ$

$\beta = 45^\circ$

$l_7 = 2,404 \text{ m}$

$l_8 = 3,536 \text{ m}$

Werkstoffkennwerte der
Schwerlastkette

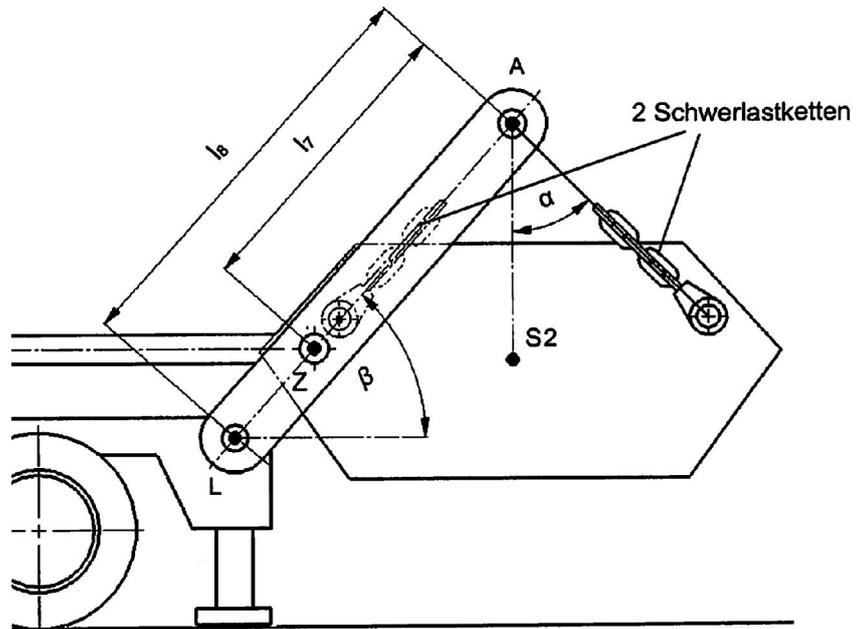
$R_e = 215 \text{ N/mm}^2$

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

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.

5 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.



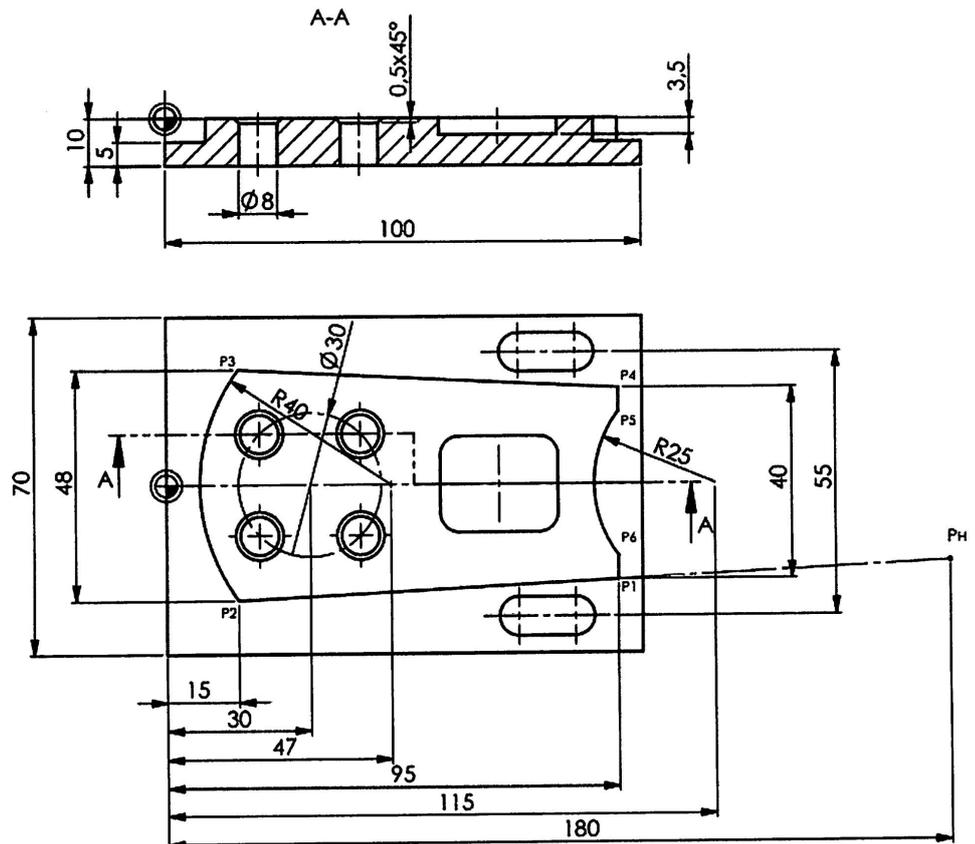
4 CNC-Fertigung

Zur Fixierung der Schuttmulde soll die dargestellte Auflageplatte gefertigt werden.

Zur Bearbeitung steht eine CNC-Senkrecht-Fräsmaschine 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

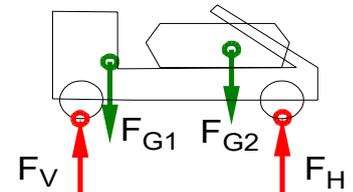
$$1.2 \quad \Sigma M_H = 0 = -F_V \cdot l_3 + F_{G1} \cdot (l_3 - l_1) + F_{G2} \cdot l_2$$

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

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

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

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



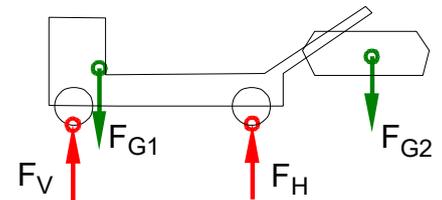
2 Lkw mit ausgefahrener Schuttmulde⁶

Hinweis 4: 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 ..⁷

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

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

.. die Vorderachse immer noch 40 kN > 0 tragen muss⁸

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

6 Hinweis 3: Dass sich der Schwerpunkt einer beweglichen Last immer unter ihrem Aufhängepunkt einpendelt, müssen Schüler m.E. auch ohne Hinweise wissen.

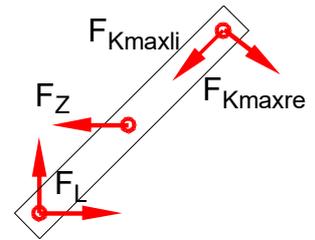
7 Hinweis 5: Ohne Stützen wäre die Kippsicherheit mit $\kappa = 1,06$ sehr knapp und zudem trügerisch, denn $l_{4\max}$ und dynamische Kräfte durch Pendeln der Last sind nicht berücksichtigt. Fahrzeugführer*innen, die die Stützen nicht ausfahren, handeln also grob fahrlässig und riskieren Ärger mit Chef,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

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



2.2 LS Kragarm

Hinweis 7: 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) Schuttmulde⁹

Alle Rechnungen sind auf eine Seite bezogen:

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

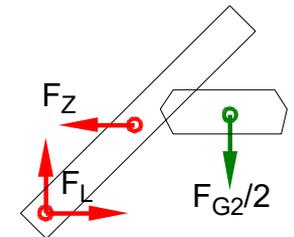
$$F_Z = \frac{F_{G2}}{2} \cdot \frac{(l_4 - l_5)}{l_6} = \frac{80 \text{ kN}}{2} \cdot \frac{4 \text{ m} - 1,5}{0,8 \text{ m}} = 125 \text{ kN}$$

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

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

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

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



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:

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

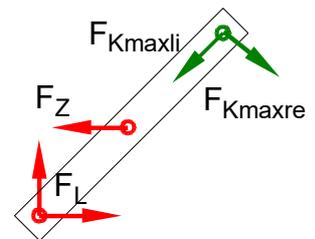
$$F_Z = \frac{F_{Kmaxre} \cdot l_8}{(l_8 - l_7) \cdot \sin \beta} = \frac{30 \text{ kN} \cdot 3,536 \text{ m}}{(3,536 \text{ m} - 2,404 \text{ m}) \cdot \sin 45^\circ} = 132,5 \text{ kN}$$

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

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

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

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



- 9 Hinweis 8: 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

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

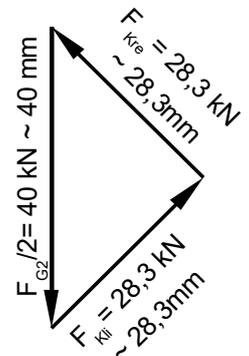
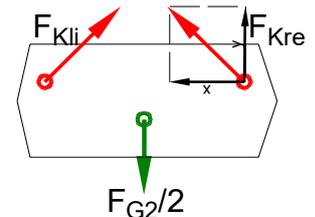
$$F_K = \frac{F_{G2}}{4 \cdot \cos \alpha} = \frac{80 \text{ kN}}{4 \cdot \cos 45^\circ} = 28,28 \text{ kN}$$

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 9: 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 10: „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“)

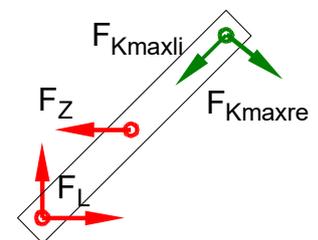
$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 330 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

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

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

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 11: 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.

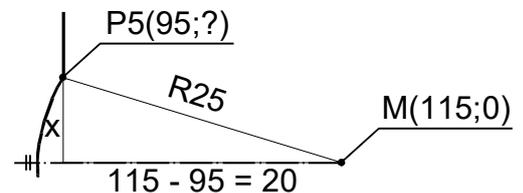
$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{35 \text{ m/min}}{\pi \cdot 32 \text{ mm}} = 348 \frac{1}{\text{min}}$$

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

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): ...

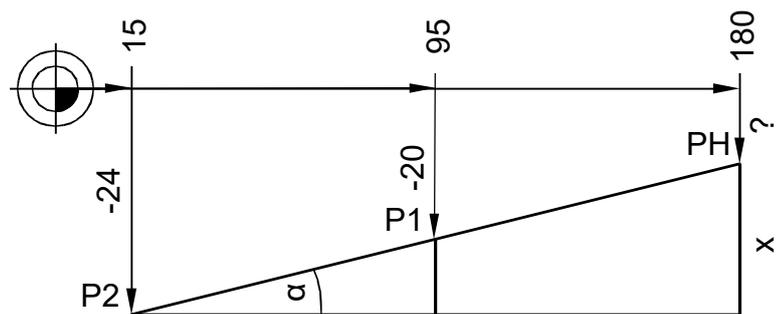
... Über den Winkel α :

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

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

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

$$PH_y = P2_y + x = -24 \text{ mm} + 8,250 \text{ mm} = -15,750 \text{ mm}$$



... 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 12: 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 13: 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 14: l_a gehört zur Bewegung des Bohrers, aber nicht zur Bohrtiefe

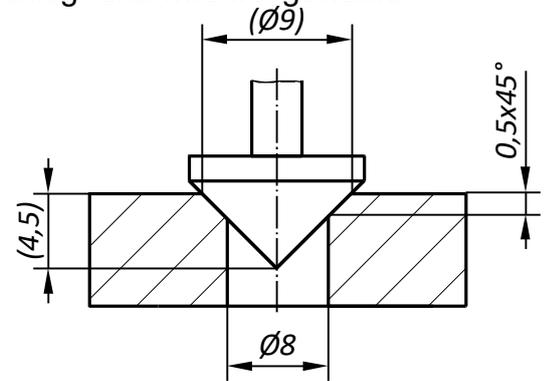
Hinweis 15: l_u heißt umgangssprachlich auch „Angstzuschlag“ und wird frei gewählt.

4.6 Fasentiefe

Hinweis 16: 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



tgtm HP 2018/19-2: Hochlader GmbH

(Pflichtaufgabe)

Die Hochlader GmbH hat 30 Mitarbeiter sowie drei Geschäftsführer. Von den 30 Mitarbeitern sind drei volljährige Auszubildende, jeweils am Ende des ersten, zweiten und dritten Ausbildungsjahres. Zehn Mitarbeiterinnen sind weiblich, der Rest ist männlichen Geschlechts. Mit Ausnahme der Auszubildenden sind alle Mitarbeiter seit mehreren Jahren bei der Hochlader GmbH beschäftigt.

Die Abteilung Controlling der Hochlader GmbH kümmert sich intensiv um das Thema Kostenrechnung innerhalb des Unternehmens, damit dieses erfolgreich am Markt bestehen kann.

- 1 Erläutern Sie, was man im Rahmen der Kosten- und Leistungsrechnung unter dem Begriff der „kalkulatorischen Kosten“ versteht, und verdeutlichen Sie dies am Beispiel der kalkulatorischen Abschreibungen.
- 2 Für die Kalkulation des Listenverkaufspreises der Hochlader-Muldenkipper müssen vom Controlling regelmäßig die Gemeinkostenzuschlässe ermittelt werden.

Gemeinkostenart	Betrag in Euro	Verteilungsschlüssel	HKS* Material	HKS Fertigung	HKS Verwaltung	HKS Vertrieb
Hilfsstoffe	120.000	nach Belegen in €	10.000	110.000	0	0
Stromkosten	35.000	nach kWh	4.000	51.000	10.000	5.000
Gehälter	81.400	nach Gehaltsliste in €	7.800	16.500	31.500	25.000
Miete	77.000	nach m ²	800	1.350	220	130

*HKS = Hauptkostenstelle

Berechnen Sie die Gemeinkostenzuschlagssätze anhand der Werte der vergangenen Abrechnungsperiode aus dem Betriebsabrechnungsbogen (BAB) auf zwei Nachkommastellen genau. In der letzten Abrechnungsperiode sind Materialkosten in Höhe von 1.100.000 € und Fertigungslöhne in Höhe von 380.000 € angefallen. Zudem gab es keine Veränderungen bei den Lagerbeständen im Vergleich zum letzten Abrechnungszeitraum.

- 3 Die Kalkulation für das Bauteil „Schwerlastkette“, welches die Hochlader GmbH auch an andere Unternehmen verkauft, ergab einen Listenverkaufspreis von 280 €. Dieser Preis ist vielen Kunden jedoch deutlich zu hoch, daher kaufen Sie lieber bei der Konkurrenz. Das Controlling der Hochlader GmbH hat für die Herstellung der Schwerlastkette variable Kosten in Höhe von 190 € ermittelt.
 - 3.1 Erklären Sie in diesem Zusammenhang, was man unter dem Begriff des „Stückdeckungsbeitrages“ versteht.
 - 3.2 Herr Blum, der vertriebszuständige Geschäftsführer der Hochlader GmbH, möchte den Absatz für die Schwerlastkette ankurbeln und plant einen zweiwöchigen Aktionszeitraum, in dem die Schwerlastkette für 189 € verkauft werden soll. Nehmen Sie Stellung zu dieser geplanten Verkaufsaktion unter Berücksichtigung kaufmännischer Gesichtspunkte.
- 4 Die Konkurrenzprodukte werden durchschnittlich für einen Preis von 210 € auf dem Markt angeboten.
 - 4.1 Berechnen Sie, ab welcher verkauften Menge die Hochlader GmbH bei diesem Listenverkaufspreis mit ihren Schwerlastketten Gewinn erzielen würde, wenn auf die Schwerlastkette ein Fixkostenanteil von 1.800 € entfällt.
 - 4.2 In der Geschäftsleitung entsteht eine Diskussion um den richtigen Einsatz der Voll- und Teilkostenrechnung für die Schwerlastkette.



Beurteilen Sie die folgende von Herrn Blum formulierte Aussage zur Vollkostenrechnung:

Die Anwendung der einmal auf Basis der Vollkosten errechneten Stückkosten führt bei abweichender Ausbringungsmenge zu einem falschen Ausweis des Gewinns/Verlustes.

- 5 Die Diskussion in der Geschäftsleitung wird auch darüber geführt, die Schwerlastkette in Zukunft nicht mehr selbst zu produzieren, sondern fremd zu beziehen. Dies würde dazu führen, dass einigen Mitarbeitern in der Produktion gekündigt werden müsste.

Aufgeschreckt durch das Bekanntwerden dieser Nachricht entsteht in der Belegschaft das dringende Bedürfnis, einen Betriebsrat zur Wahrung der Arbeitnehmerrechte zu errichten.

- 5.1 Beurteilen Sie mit Hilfe des Gesetzes,

- ob in der Hochlader GmbH ein Betriebsrat errichtet werden kann,
- die Anzahl möglicher Betriebsratsmitglieder,
- die geschlechtliche Zusammensetzung des Betriebsrates.

Der kurz vor seinem Ausbildungsende bei der Hochlader GmbH stehende Herr Müller hat sich wegen der unsicheren Lage in der Produktionsabteilung bei einem alternativen Arbeitgeber beworben. Dieser sichert ihm bei Zustandekommen eines Arbeitsvertrages 1.970 € brutto zu. Der Personalleiter der Hochlader GmbH, der Herrn Müller gerne übernehmen würde, versprach ihm, dass er im Falle seines Verbleibs bei der Hochlader GmbH in seiner Lohnsteuerklasse monatlich mit 1.400 € netto auf seinem Gehaltskonto rechnen könne.

- 5.2 Erläutern Sie, mit welchem Ziel der Gesetzgeber unterschiedliche Lohnsteuerklassen bei der Berechnung der Nettolöhne zu Grunde legt.

- 5.3 Beurteilen Sie, für welchen Arbeitgeber sich Herr Müller unter dem Aspekt der Nettolohnhöhe entscheiden sollte unter Verwendung des Arbeitsblattes 1.

Hinweis: Herr Müller ist noch ledig, katholisch, kinderlos, 21 Jahre und seine Krankenkasse erhebt bisher keinen Zusatzbeitrag.

Verwenden Sie die Informationen aus Anlage 1.

Anlage 1

Sozialversicherungen:

Versicherungsart:	Kranken	Rente	Arbeitslosen	Pflege	Unfall
Beitragssatz in % des Bruttogehalts	14,6	18,6	3,0	2,55	nach Unfallgefahr
Beitragszahler AN = Arbeitnehmer AG = Arbeitgeber	AN = 7,3 % + Zusatzbeitrag der jeweiligen KK AG = 7,3 % fix	AN und AG je die Hälfte	AN und AG je die Hälfte	AN und AG je die Hälfte; AN ab 23 Jahren zahlen zusätzlich 0,25 % auf ihren Anteil, wenn sie bis dahin noch kinderlos sind.	AG alleine

Stand 2018:



Lohnsteuertabelle (Auszug)

Kinderfreibetrag:			0		0,5		1	
ab €	Steuer- klasse	Betrag in €	Solidaritäts- zuschlag	Kirchen- steuer	Solidaritäts- zuschlag	Kirchen- steuer	Solidaritäts- zuschlag	Kirchen- steuer
1965,00	I	179,33	9,86	14,34	4,01	8,08		2,59
	II	138,50				5,06		0,44
	III	2,00		0,16				
	IV	179,33	9,86	14,34	7,67	11,16	4,01	8,08
	V	408,83	22,48	32,70				
	VI	438,83	24,13	35,10				
1968,00	I	179,91	9,89	14,39	4,13	8,13		2,62
	II	139,08				5,10		0,48
	III	2,50		0,20				
	IV	179,91	9,89	14,39	7,70	11,21	4,13	8,13
	V	409,66	22,53	32,77				
	VI	439,83	24,19	35,18				
1971,00	I	180,58	9,93	14,44	4,26	8,18		2,66
	II	139,75				5,15		0,50
	III	2,83		0,22				
	IV	180,58	9,93	14,44	7,74	11,26	4,26	8,18
	V	410,50	22,57	32,84				
	VI	440,66	24,23	35,25				

Übersicht Steuerklassen:

Steuerklasse	Personenkreis (Auszug - Kurzbeschreibung)
I	AN, die ledig oder geschieden sind, verheiratet aber getrennt lebend, verwitwet sind
II	AN der StKI 1, die mit einem Kind und Kinderfreibetrag gemeldet sind
III	AN, die verheiratet und Alleinverdiener sind...
IV	AN, die verheiratet sind und beide Arbeitslohn beziehen
V	AN der StKI IV, wenn einer auf Antrag nach III besteuert wird
VI	AN, die aus mehr als einem Arbeitsverhältnis von verschiedenen Arbeitgebern Arbeitslohn beziehen

Solidaritätszuschlag = Wurde im Zuge der deutschen Wiedervereinigung eingeführt, wird monatlich von allen Bundesbürgern erhoben und soll die schnellere Angleichung der Lebensverhältnisse in Ost und West fördern.



Arbeitsblatt 1

zu Aufgabe 2.5.3 Nettolohnberechnung

Nettolohn-Berechnungsschema

Geldbetragsart	Geldbetrag in €
Bruttogehalt	
- Lohnsteuer	
-	
- Solidaritätszuschlag	
-	
- Kirchensteuer	
-	
- Krankenversicherung	
-	
- Rentenversicherung	
-	
- Arbeitslosenversicherung	
-	
- Pflegeversicherung	
-	
= Nettogehalt	

Lösungsvorschläge

- keine -



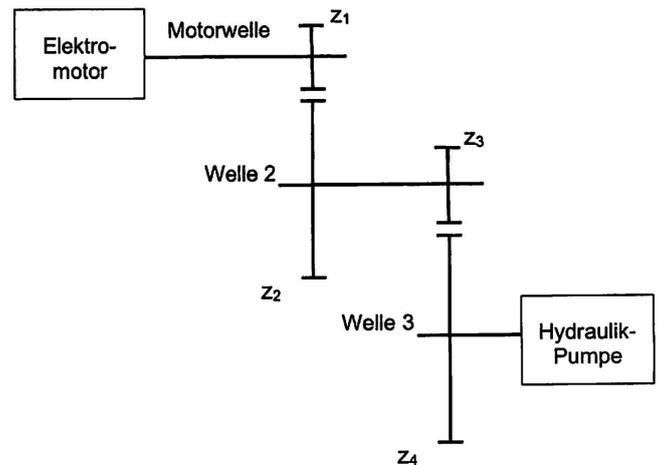
tgtm HP 2018/19-3: Hydraulische Anlage

(Pflichtaufgabe)

Das Heben und Senken der Schuttmulde erfolgt hydraulisch über die zwei Hydraulikzylinder. Diese erhalten ihren Arbeitsdruck von einer Hydraulikpumpe, die wiederum über einen Elektromotor und ein dazwischen geschaltetes Getriebe angetrieben wird.

Daten:

Leistung des Elektromotors	$P_M = 30 \text{ kW}$
Drehzahl des Elektromotors	$n_M = 6000 \text{ min}^{-1}$
Drehzahl der Hydraulikpumpe	$n_P = 400 \text{ min}^{-1}$
Zähnezahlen	$z_1 = 20$
	$z_2 = 80$
	$z_3 = 24$
Wirkungsgrad pro Getriebestufe	$\eta = 85\%$

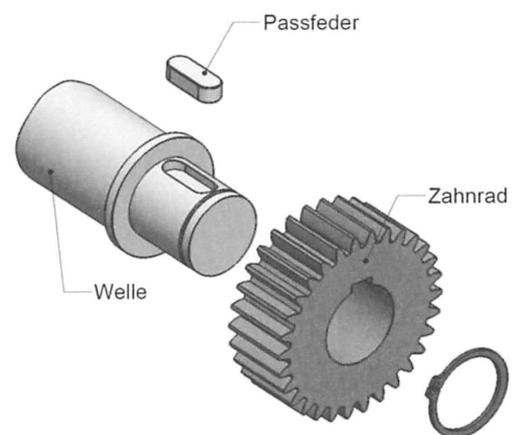


- 1 Berechnen Sie das Gesamtübersetzungsverhältnis des Getriebes. 1,0
- 2 Bestimmen Sie die erforderliche Zähnezahl z_4 . 2,0
- 3 Bestimmen Sie das in Welle 2 wirkende Drehmoment. 3,0

- 4 Zur Drehmomentübertragung von Welle 2 auf das Zahnrad 3 ist eine Passfeder vorgesehen. Die folgende Darstellung zeigt den prinzipiellen Aufbau.

Daten:

Zu übertragendes Drehmoment:	$M_2 = 165 \text{ Nm}$
Werkstoff Welle 2:	17Cr3
Zulässige Flächenpressung der Passfederverbindung:	$p_{zul} = 108 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Passfeder:	DIN 6885 Form A
Sicherheitsfaktor Torsion:	$\nu = 2,3$

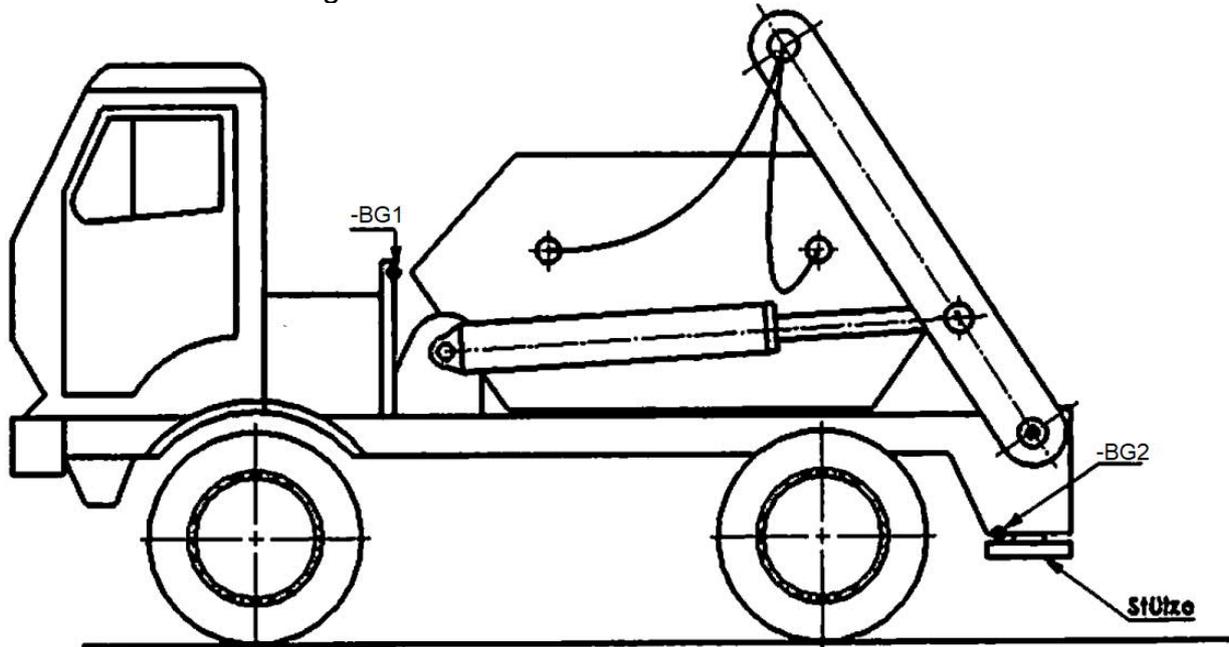


- 4.1 Bestimmen Sie den erforderlichen Wellendurchmesser der Welle 2. 4,0
- 4.2 Die Passfeder soll nur auf Flächenpressung ausgelegt werden. 4,0

Berechnen Sie die erforderliche Passfederlänge bei einem Wellendurchmesser $d_{w2} = 22 \text{ mm}$ und geben Sie die gewählte Passfeder normgerecht an.



- 5 Zum Starten des LKW-Motors muss sichergestellt sein, dass der Hydraulikantrieb außer Betrieb ist und die Stützen eingefahren sind. Außerdem muss die auf dem LKW abgesetzte Mulde zusätzlich über eine pneumatisch betätigte Verriegelung gesichert sein. Sind alle diese Bedingungen erfüllt, so kann der LKW-Motor über den Startschalter -SF1 gestartet werden.



- 5.1 Erklären Sie den Unterschied zwischen einem Öffner und einem Schließer in der Steuerungstechnik. 1,0
- 5.2 Erläutern Sie, warum Not-AUS-Schalter grundsätzlich als Öffner ausgeführt werden. 1,0

Zuordnungsliste:

Bauteil	Funktion	Bemerkung
-SF1	LKW-Motor starten	Taster; betätigt -> 1-Signal
-BG1	Mulde auf LKW verriegelt	Sensor betätigt -> 1-Signal
-BG2	Stützensensor	Stützen eingefahren -> 1-Signal
-BG3	Hydraulikantrieb an	Antrieb an -> 1-Signal
-KF1	Starterrelais LKW-Motor	1-Signal -> Motor wird gestartet

- 5.3 Erstellen Sie das entsprechende SPS-Programm für das Starterrelais K1 des LKW-Motors. 4,0

tgtm HP 2018/19-3: Hydraulische Anlage



Die Hochlader GmbH plant eine Erneuerung ihrer Produktionsanlagen, um im Wettbewerb mit der Konkurrenz besser bestehen zu können. Hierfür ist der Kauf einer neuen CNC-Fräsmaschine nötig.

Dazu stehen zwei Maschinen als Investitionsobjekt zur Auswahl.

Kosten (€/Jahr)	CNC- Fräsmaschine 1	CNC- Fräsmaschine 2
Anschaffungskosten	150.000 €	200.000 €
Nutzungsdauer	10 Jahre	10 Jahre
Auslastung	2.000 Stück/Jahr	3.000 Stück/Jahr
Zinssatz	10%	10%
Summe der fixen Kosten, ohne kalkulatorische Abschreibungen und Zinsen	120.000€	150.000€
Löhne	Bei 1.000 Stück/Jahr 40.000 €	
Materialkosten	Bei 1.000 Stück/Jahr 100.000€	

- 6 Die Geschäftsleitung der Hochlader GmbH legt großen Wert darauf, dass die neu anzuschaffende Maschine nicht nur Kostenvorteile bietet. 2,0
Nennen Sie vier Bewertungskriterien außerhalb der Kosten, mit denen eine begründete Kaufentscheidung für eine der beiden Maschinen getroffen werden kann.
- 7 Herr Maier, einer der Geschäftsführer der Hochlader GmbH, trifft folgende Aussage: 4,0
„Ich habe die Kosten der beiden Maschinen kurz überschlagen und denke, die Maschine 1 ist deutlich günstiger“.
Überprüfen Sie die Aussage von Herrn Maier anhand einer geeigneten Investitions-Vergleichsrechnung, jeweils bei voller Auslastung beider Maschinen.
- 8 Zusätzlich möchte Herr Maier mit Hilfe der Kapitalwertmethode die Vorteilhaftigkeit dieser Investition beurteilen. 2,0
Erklären Sie die Begriffe Kapitalwert und Barwert grundsätzlich.
- 9 Herr Maier hat für beide Maschinen mit Hilfe der Kapitalwertmethode die „Barwerte der Einnahmeüberschüsse“ errechnet. 2,0
Fräsmaschine 1: 165.000 €
Fräsmaschine 2: 233.000 €
Beurteilen Sie begründet, für welche Maschine sich die Hochlader GmbH nach der Kapitalwertmethode entscheiden sollte.

30,0



Lösungen

Getriebe (6 P): Gesamtübersetzung aus Drehzahlen; Zähnezahl; Moment aus Leistung und mit Übersetzung
 Festigkeit (8 P): Wellendurchmesser gegen Torsion mit Passfedernut; Passfeder nach Flächenpressung
 SPS (6P): Unterschied Öffner ↔ Schließer; FBS mit einer UND-Verknüpfung

$$1 \quad i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{n_M}{n_P} = \frac{6000 \text{ min}^{-1}}{400 \text{ min}^{-1}} = 15$$

$$2 \quad i_1 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{80}{20} = 4$$

$$i_{ges} = i_1 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{i_{ges}}{i_1} = \frac{15}{4} = 3,75$$

$$i_2 = \frac{z_4}{z_3} \Rightarrow z_4 = i_2 \cdot z_3 = 3,75 \cdot 24 = 90$$

$$3 \quad P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_M = \frac{P_M}{2\pi \cdot n} = \frac{30 \text{ kW}}{2\pi \cdot 6000 \text{ min}^{-1}} = 47,75 \text{ Nm}$$

$$\eta \cdot i = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow M_2 = M_M \cdot \eta_1 \cdot i_1 = 47,75 \text{ Nm} \cdot 0,85 \cdot 4 = 162,3 \text{ Nm}$$

oder

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow P_2 = P_M \cdot \eta = 30 \text{ kW} \cdot 0,85 = 25,5 \text{ kW}$$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_2 = n_M \cdot \frac{z_1}{z_2} = \frac{6000}{\text{min}} \cdot \frac{20}{80} = 1500 \text{ min}^{-1}$$

$$P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_2 = \frac{P_2}{2\pi \cdot n} = \frac{25,5 \text{ kW}}{2\pi \cdot 1500 \text{ min}^{-1}} = 162,3 \text{ Nm}$$

4 Welle 2

4.1 $R_e = 450 \text{ N/mm}^2$ (17Cr3 → [EuroTabM] „Einsatzstähle“)

$$\tau_{tF} = 0,7 \cdot R_e = 0,7 \cdot 450 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 315 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\tau_{tF}}{\sqrt{v}} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow$$

$$\tau_{tzul} = \frac{\tau_{tF}}{\sqrt{v}} = \frac{315 \text{ N/mm}^2}{2,3} = 136,96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{165 \text{ Nm}}{136,96 \text{ N/mm}^2} = 1,2 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{W_{perf} \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{1,2 \text{ cm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 18,3 \text{ mm}$$

Dazu muss noch die Tiefe t_1 der Passfedernut aufgeschlagen werden.

Gewählt: $d = 22 \text{ mm}$ mit $t_1 = 3,5 \text{ mm}$ (→ [EuroTabM] „Passfeder“)

$18,3 \text{ mm} + 3,5 \text{ mm} = 21,8 < 22 \text{ mm} \rightarrow d_{erf}$ wird erreicht



- 4.2 Eine Passfeder für eine Welle $\varnothing 22$ hat die Höhe $h = 6$ mm, die Breite $b = 6$ mm und die Nabennuttiefe $t_1 = 3,5$ mm (\rightarrow [EuroTabM] „Passfeder“)

$$M = F \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow F = \frac{2 \cdot M_2}{d_{W2}} = \frac{2 \cdot 165 \text{ Nm}}{22 \text{ mm}} = 15 \text{ kN}$$

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F}{p_{zul}} = \frac{15 \text{ kN}}{108 \text{ N/mm}^2} = 138,9 \text{ mm}^2$$

$$A = l \cdot (h - t_1) \Rightarrow l_{erf} = \frac{A}{(h - t_1)} = \frac{138,9 \text{ mm}^2}{6 \text{ mm} - 3,5 \text{ mm}} = 55,6 \text{ mm}$$

Bis [EuroTabM] 47. Auflage: Gewählt: Passfeder DIN 6885 – A – 6 x 6 x 56

Danach: Bei rundstirnigen Passfedern trägt die Rundung nicht zur Flächenpressung bei, also gilt $l \geq l_{erf} + b = 55,6 \text{ mm} + 6 \text{ mm} = 61,6 \text{ mm}$

(\rightarrow [EuroTabM] 48. Auflage, „Passfedern, Flächenpressung“)¹⁰

Gewählt: Passfeder DIN 6885 – A – 6 x 6 x 63

5 SPS

- 5.1 Ein Öffner lässt in der Ausgangsstellung ein Signal durch und unterbricht es bei Betätigung.

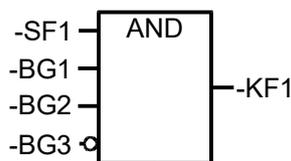
Ein Schließer lässt das Signal erst durch, wenn er betätigt ist.

- 5.2 Drahtbruchsicherheit

Wenn man ein Not-Aus (oder andere sicherheitsrelevante Signale) als Schließer ausführt und es kommt zu einem Fehler in der Signalkette (gebrochene Kabel, korrodierte Kontakte ...), bemerkt man den Fehler erst, wenn der Not-Aus ausgelöst wird (und dann nicht funktioniert).

Wenn der Not-Aus als Öffner ausgelegt ist und es kommt zu einem Fehler in der Signalkette, löst das zwar den Not-Aus (unnötig) aus, aber das ist besser, als wenn der Not-Aus im Bedarfsfall nicht funktioniert.

- 5.3 SPS



- 6 und folgende: Hier keine Lösung.

¹⁰ Diese Regel aus DIN 6892 *Passfedern-Berechnung und Gestaltung* von 1998 (nach [Steinhilper 2007 I], S.519) wurde in Tabellenbuch Europa in der 48. Auflage von 2019 aufgenommen, die vermutlich erst im Abitur 2020/2021 eingesetzt wird. Bis dahin hätte man im Abitur mit der projizierten Fläche gerechnet, also $l \geq l_{erf}$



tgtm HP 2018/19-4: Viertakt-Dieselmotor

(Wahlaufgabe)

Der Lkw wird mit einem Viertakt-Dieselmotor angetrieben.

Daten

Anzahl Zylinder: 6

Verdichtungsverhältnis ϵ : 19 $\left(\epsilon = \frac{V_1}{V_2} \right)$

1 Zeichnen Sie das idealisierte p,V- Diagramm ohne Ladungswechselschleife.

4,0



- Kennzeichnen und nummerieren Sie die Eckpunkte.
 - Benennen Sie die Zustandsänderungen.
 - Beschreiben Sie die technischen Abläufe innerhalb eines Arbeitszyklus.
 - Kennzeichnen Sie die zu- und abgeführten Wärmen.
- 2 Nennen Sie zwei Unterschiede zwischen dem Diesel- und dem Ottoprozess. 2,0
- 3 Für einen Zylinder ergeben sich folgende Zustandsgrößen¹¹: 4,0

Zustand	$V [dm^3]$	$p [bar]$	$T [K]$
1		1	293
2	0,108		951,4
3	0,324	61,70	
4			1364,1

- Berechnen Sie die fehlenden Zustandsgrößen und stellen Sie Ihre Ergebnisse tabellarisch dar.
- 4 Berechnen Sie die angesaugte Luftmasse pro Zylinder in Gramm und bestimmen Sie den thermischen Wirkungsgrad des Motors in Prozent. 4,0
- 5 Bestimmen Sie die abgegebene Leistung des Motors bei einer Motordrehzahl von $n = 2000 \text{ min}^{-1}$. 2,0
- 6 Für die Feststellbremse des LKWs wird ein doppelwirkender Pneumatikzylinder eingesetzt. Fährt der Zylinder aus, so wird die Bremse betätigt. Im eingefahrenen Zustand ist die Bremse gelöst. Die geforderte Bremskraft soll 18 kN betragen, der Zylinderwirkungsgrad beträgt 95 %, der Arbeitsdruck ist 6,5 bar.
Der Pneumatikzylinder wird durch eine SPS angesteuert. Bei Stromausfall der Steuerung muss der Pneumatikzylinder den Bremsvorgang einleiten.
- 6.1 Entwickeln Sie den pneumatischen Schaltplan und bezeichnen Sie die Bauteile normgerecht. 2,0
- 6.2 Dimensionieren Sie den erforderlichen Pneumatikzylinder. 2,0

11 Die Werte der Originalaufgabe wurden etwas geändert, damit die Lösungen unabhängig vom Rechenweg sind.



Um den nötigen Kapitalbedarf für die neuen Produktionsanlagen zu decken, erwägt die Geschäftsleitung der Hochlader GmbH eine Außenfinanzierung.

- 7 Die Außenfinanzierung gliedert sich in zwei Hauptgruppen auf. 2,0
 Nennen Sie diese zwei Hauptgruppen und jeweils eine konkrete Finanzierungsmöglichkeit aus den genannten Gruppen.

- 8 Vor dem Finanzierungsgespräch mit der Hausbank soll in der Hochlader GmbH ein kurzfristiger Finanzplan für den Monat Mai mit folgenden Angaben erstellt werden. 3,0

Zahlungsmittelbestand	50.000€
Umsatzerlöse (davon sind 55% Barverkäufe im Mai)	450.000€
Anlageinvestitionen	110.000€
Gehälter	73.000€
Bareinlage des Inhabers	60.000€
Forderungen (davon werden 45% im Mai beglichen)	250.000€
Löhne	210.000€
Barausgaben für Werkstoffe	40.000€

Erstellen Sie aus diesen Angaben den kurzfristigen Finanzplan in Tabellenform.

- 9 Neben einer Darlehensfinanzierung der Hausbank soll nach Meinung der Geschäftsleitung auch die Möglichkeit einer Leasingfinanzierung des CNC-Maschinenherstellers CNC-Tech in Betracht gezogen werden. Die Grundmietzeit soll 4 Jahre betragen.
- 9.1 Untersuchen Sie, welche Art des Leasingvertrages in Bezug auf Dauer und Leasinggeber hier vorliegt und welcher Vertragspartner das Investitionsrisiko trägt. 2,0
- 9.2 Für eine mögliche Darlehensfinanzierung denkt einer der Gesellschafter der Hochlader GmbH über die selbstschuldnerische Bürgschaft als Kreditsicherheit nach. 3,0

Übertragen Sie diese Kreditsicherungsform auf die Hochlader GmbH unter Verwendung folgender Begriffe:

Gläubiger - Bürge - Schuldner

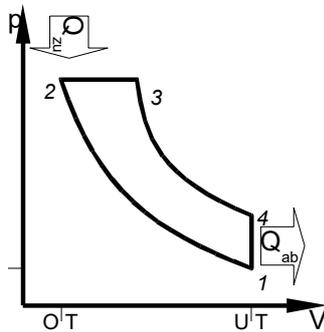
Analysieren Sie in diesem Zusammenhang auch die finanzrechtlichen Möglichkeiten von Gläubiger und Bürge.



Lösungen

Energietechnik (16 P): pV-Diagramm (Diesel) skizzieren, Abläufe beschreiben; Unterschiede Otto – Diesel, Zustandsgrößen ermitteln, Luftmasse und thermischen Wirkungsgrad berechnen, Leistung berechnen
 SPS (4 P): Pneumatik-Schaltplan, erforderlichen Durchmesser für Pneumatik-Zylinder berechnen

1 pV-Diagramm



Zustands- änderung	technische Abläufe (pV-Diagramm)	technische Abläufe (Vier Takte)
1 – 2 adiabatisch	Verdichtung	2. Verdichten
2 – 3 isobar	Wärmezufuhr, Expansion	3. Arbeiten (Einspritzen, Verbrennen, Expandieren)
3 – 4 adiabatisch	Expansion	
4 – 1 isochor	Gaswechsel	4. Ausstoßen (Abgas) 1. Ansaugen (Frischgas, Luft)

Hinweis 17: Es sind auch andere Ebenen der „technischen Abläufe“ denkbar, z.B. die Bewegungen von Kolben und Ventilen. Es genügt, wenn eine davon genannt wird.

2 Unterschiede Diesel – Otto

Diesel: Saugt an und verdichtet Luft → da der Kraftstoff erst zur Zündung eingespritzt wird, ist eine unkontrollierte Frühzündung nicht möglich → dadurch ist eine höhere Verdichtung und damit ein höherer Wirkungsgrad möglich; Selbstzünder (zündet durch die Temperatur der verdichteten Luft) → benötigt zündwilligen Kraftstoff (Diesel, hohe Cetanzahl), um die Selbstzündung zu erleichtern; da im gesamten Brennraum gezündet werden kann und irgendwo um die eingespritzten Kraftstofftröpfchen herum immer ein zündfähiges Gemisch vorliegt, können sehr magere Gemische gefahren werden → keine Drosselklappe nötig und niedriger Verbrauch bei Teillast; Gleichdruckverbrennung (isobar) durch allmähliche Kraftstoffeinspritzung (jedenfalls in der Theorie) uvam.

Otto: Saugt an und verdichtet Kraftstoff-Luft-Gemisch (außer Direkteinspritzer); wegen der möglichen vorzeitigen Selbstzündung ist die Verdichtung und damit der Wirkungsgrad niedriger → benötigt zündunwilligen Kraftstoff (Super, hohe Oktanzahl), um unkontrollierte Selbstzündungen zu vermeiden; Fremdzünder (z.B. durch Zündkerze); da die Zündung nur im Bereich der Zündkerze stattfindet und dort ein zündfähiges Gemisch vorliegen muss, dessen Grenzen bei Kraftstoff und Luft ziemlich eng sind, darf das Gemisch nirgends im Brennraum stark vom geeigneten Mischungsverhältnis abweichen, → deshalb muss die Luftmenge an die Kraftstoffmenge (=Drehmomentwunsch) angepasst werden → man benötigt eine Drosselklappe o.ä. mit den entsprechenden Drossel- bzw. Leistungsverlusten; Gleichraumverbrennung (isochor) durch schnelle Verbrennung des vorgemischten Kraftstoff-Luft-Gemisches um OT herum, wo sich der Kolben kaum bewegt uvam.



3 Zustandsänderungen

Annahme 18: Das Medium wird mit den Werten von Luft berechnet.

Ergebnisse															Aufgabe: tgmt HP 2018/19-4Dieselmotor 3	
Zustand	Typ	1E+05 bar	1E-03 dm³	1E+00 K	1E+00 °C	1E+03 kJ/kg	1E+00 J	1E+03 kJ/kg	1E+03 kJ	1E-03 g	1E+03 kJ/kgK	1E+03 kJ/kgK	1E+03 kJ/kgK	1E+00 1	1E+00 1	
1		1,00	2,052	293,0	19,85					2,440	1,005	0,718	0,287	1,400		
12	a					472	1152,8	0,0	0,00		1,005	0,718	0,287	1,400	19,00	
2		61,70	0,108	951,4	678,26					2,440	1,005	0,718	0,287	1,400		
23	b					-546	-1332,6	1912,3	4,67		1,005	0,718	0,287	1,400	0,33	
3		61,70	0,324	2854,2	2581,09					2,440	1,005	0,718	0,287	1,400		
34	a					-1069,2	-2609,1	0,0	0,00		1,005	0,718	0,287	1,400	0,16	
4		4,66	2,052	1364,1	1090,92					2,440	1,005	0,718	0,287	1,400		
41	c					0,0	0,0	-769,0	-1,88		1,005	0,718	0,287	1,400	1,00	
1		1,00	2,052	293,0	19,85					2,440	1,005	0,718	0,287	1,400		
											1,005	0,718	0,287	1,400		
						ΣwNutz	ΣWnu	Σq	ΣQ	m _{Hub}	η _{therm}					
						-1143	-2788,9	1143,3	2,8	2,3	0,598					
						Σwab	ΣWab	Σqab	ΣQab		η _{carnot}					
						-1615	-3941,7	-769,0	-1,9		0,897					
						Σwzu	ΣWzu	Σqzu	ΣQzu							
						472	1152,8	1912,3	4,7							

Lösungen für Kreisprozesse mit idealen Gasen (p,V-Diagramm)
© <https://ulrich-rapp.de>

Verdichtungsverhältnis:

$$\epsilon = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow V_1 = V_2 \cdot \epsilon = 0,108 \text{ dm}^3 \cdot 19 = 2,052 \text{ dm}^3$$

.. oder umständlicher:

Adiabate Zustandsänderung 1 – 2:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1} \Rightarrow V_1 = V_2 \cdot \left[\frac{T_2}{T_1} \right]^{\frac{1}{\kappa-1}} = 0,108 \text{ dm}^3 \cdot \left[\frac{951,4 \text{ K}}{293 \text{ K}} \right]^{\frac{1}{1,4-1}} = 2,052 \text{ dm}^3$$

Isobare Zustandsänderung 2 – 3:

$$p_2 = p_3 = 61,66 \text{ bar}$$

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow T_3 = T_2 \cdot \frac{V_3}{V_2} = 951,4 \text{ K} \cdot \frac{0,324 \text{ dm}^3}{0,108 \text{ dm}^3} = 2854,2 \text{ K}$$

Isochore Zustandsänderung 4 – 1:

$$V = \text{const} \Rightarrow V_4 = V_1 = 2,052 \text{ dm}^3$$

$$\frac{p_4}{T_4} = \frac{p_1}{T_1} \Rightarrow p_4 = p_1 \cdot \frac{T_4}{T_1} = 1 \text{ bar} \cdot \frac{1364,1 \text{ K}}{293 \text{ K}} = 4,66 \text{ bar}$$

.. oder umständlicher:

Adiabate Zustandsänderung 3 – 4:

$$\frac{T_3}{T_4} = \left[\frac{p_3}{p_4} \right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \Rightarrow p_4 = p_3 \cdot \left[\frac{T_4}{T_3} \right]^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} = 61,66 \text{ bar} \cdot \left[\frac{1364,1 \text{ K}}{2852,7 \text{ K}} \right]^{\frac{1,4}{1,4-1}} = 4,66 \text{ bar}$$



4 Luftmasse und thermischer Wirkungsgrad

4.1 Luftmasse (immer mit den Werten aus Zustand 1, es geht auch mit anderen)

Gemäß Fragestellung: Angesaugte Luftmasse m_h

$$V_{Hub} = V_1 - V_2 = 2,052 \text{ dm}^3 - 0,108 \text{ dm}^3 = 1,944 \text{ dm}^3$$

$$p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T \Rightarrow m_{Hub} = \frac{p_1 \cdot V_h}{R_i \cdot T_1} = \frac{1 \text{ bar} \cdot 1,944 \text{ dm}^3}{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 293 \text{ K}} = 2,31 \text{ g}$$

Knapp daneben: Luftmasse im Brennraum

$$p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T \Rightarrow m = \frac{p_1 \cdot V_1}{R_i \cdot T_1} = \frac{1 \text{ bar} \cdot 2,052 \text{ dm}^3}{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 293 \text{ K}} = 2,44 \text{ g}$$

Hinweis 19: In den Abi-Aufgaben *Technik und Management* wird zwischen der angesaugten Luftmasse m_h bzw. m_{hub} und der gesamten Luftmasse m im Brennraum oft nicht unterschieden. Deshalb akzeptiere ich immer beide Lösungen.

4.2 Thermischer Wirkungsgrad

Aus dem Wärmemengen:

$$\eta_{therm} = 1 - \frac{|Q_{ab}|}{Q_{zu}} = 1 - \frac{|Q_{41}|}{Q_{23}} = 1 - \frac{|-1876 \text{ J}|}{4664 \text{ J}} = 0,598$$

$$Q_{23} = c_p \cdot m \cdot \Delta T_{23} = 1005 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 2,44 \text{ g} \cdot (2852,7 \text{ K} - 950,9 \text{ K}) = 4664 \text{ J}$$

$$Q_{41} = c_v \cdot m \cdot \Delta T_{41} = 718 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 2,44 \text{ g} \cdot (293 \text{ K} - 1364,1 \text{ K}) = -1876 \text{ J}$$

plus, hier nicht nötig, aber für die folgende Aufgabe:

$$0 = \Sigma Q + \Sigma W = \Sigma Q + W_{Nutz} \Rightarrow$$

$$W_{Nutz} = -Q_{12} - Q_{23} - Q_{34} - Q_{41} = 0 - 4664 \text{ J} - 0 - (-1876 \text{ J}) = -2788 \text{ J}$$

oder aus den Arbeiten und der zugeführten Wärme

$$W_{Nutz} = \Sigma W = +W_{12} + W_{23} + W_{34} + W_{41} = 1153 \text{ J} - 1332 \text{ J} - 2608 \text{ J} + 0 = -2787 \text{ J}$$

$$W_{12} = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{1 - \kappa} \cdot \left(\left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa - 1} - 1 \right) = -\frac{2,44 \text{ g} \cdot 287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 293 \text{ K}}{1 - 1,4} \cdot (19^{1,4 - 1} - 1) = +1153 \text{ J}$$

$$W_{23} = -p_2 \cdot \Delta V_{23} = -61,66 \text{ bar} \cdot (0,324 - 0,108) \text{ dm}^3 = -61,66 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 0,216 (0,1 \text{ m})^3 = -1332 \text{ J}$$

$$W_{34} = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_3}{1 - \kappa} \cdot \left(\left[\frac{V_3}{V_4} \right]^{\kappa - 1} - 1 \right) = -\frac{2,44 \text{ g} \cdot 287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 2852,8 \text{ K}}{1 - 1,4} \cdot \left(\left[\frac{0,324 \text{ dm}^3}{2,052 \text{ dm}^3} \right]^{1,4 - 1} - 1 \right) = -2608 \text{ J}$$

$$\eta_{therm} = \frac{|W_{Nutz}|}{Q_{zu}} = \frac{|W_{Nutz}|}{Q_{23}} = \frac{|-2787 \text{ J}|}{4664 \text{ J}} = 0,598$$

5 Leistungsabgabe bei 2000 min⁻¹

$$P = \frac{W_{Nutz}}{t}$$

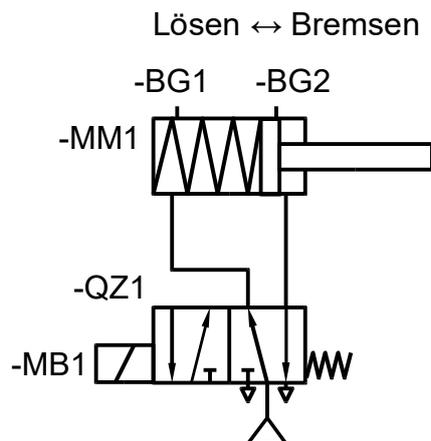
$$P = \frac{|-2788 \text{ J}|}{\text{Arbeitstakt} \cdot \text{Zylinder}} \cdot 6 \text{ Zylinder} \cdot \frac{1 \text{ Arbeitstakt}}{2 \text{ Umdrehung}} \cdot \frac{2000 \text{ Umdrehung}}{60 \text{ s}} = 279 \text{ kW}$$

Alle „Einheiten“ außer J/s = W werden gekürzt.



6 Feststellbremse mit SPS

6.1 Pneumatikschaltplan



Hinweis 20:

Die Feder am Stellglied -MB1 leitet den Bremsvorgang bei Stromausfall ein. Die Feder im Zylinder -MM1 ist in der Aufgabe nicht gefordert, aber solche Konstruktionen sind in Druckluft-Bremsanlagen üblich, damit der Bremsvorgang auch bei Ausfall der Druckluftversorgung auslöst wird.

6.2 Erforderlicher Durchmesser

Hinweis 21: Mit „Bremskraft“ ist hier die Kraft des Zylinders gemeint, der die Bremse betätigt, nicht die Kraft, mit der das Fahrzeug gebremst wird.

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F}{p \cdot \eta} = \frac{18 \text{ kN}}{6,5 \text{ bar} \cdot 95\%} = \frac{18 \text{ kN}}{6,5 \cdot \frac{\text{N}}{10 \text{ mm}^2} \cdot 0,95} = 29150 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d_{\text{min}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 29150 \text{ mm}^2}{\pi}} = 192,7 \text{ mm}$$

Gewählt: D = 200 mm



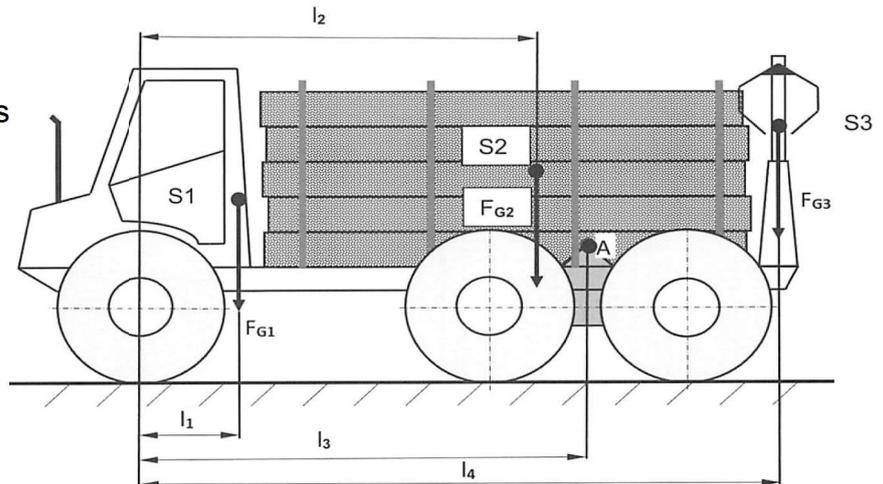
tgtm HP 2017/18-1: HolZRückeschlepper

(Pflichtaufgabe)

Der HolZRückeschlepper transportiert die Holzstämme aus dem Wald in das Sägerwerk.

Hierzu greift er mit seinem Ladekran die bereits auf 5 Meter Länge zugesägten Baumstämme und legt sie auf seiner Ladefläche ab.

Beide Hinterachsen sind in Punkt A so gelagert, dass die Belastung auf alle 4 Hinterräder gleich verteilt wird.



Darstellung unmaßstäblich

Daten

HolZRückeschlepper: $F_{G1} = 40 \text{ kN}$ in S1

Holzstämme: $F_{G2} = 70 \text{ kN}$ in S2

Ladekran: $F_{G3} = 5 \text{ kN}$ in S3

Abmessungen: $l_1 = 800 \text{ mm}$

$l_2 = 3800 \text{ mm}$

$l_3 = 4500 \text{ mm}$

$l_4 = 6000 \text{ mm}$

1 HolZRückeschlepper

1.1 Machen Sie den vollbeladenen HolZRückeschlepper frei. 2,0

1.2 Berechnen Sie die Radkräfte $F_{V\text{Rad}}$ an der Vorderachse und die einzelnen Radkräfte $F_{H\text{Rad}}$ an den Hinterachsen. 3,0

2 Ladekran

Der HolZRückeschlepper hat einen Stamm mit dem Ladekran gegriffen und angehoben. Der Ausleger befindet sich in waagerechter Position und wird von einem Hydraulikzylinder in dieser Stellung gehalten.

Daten

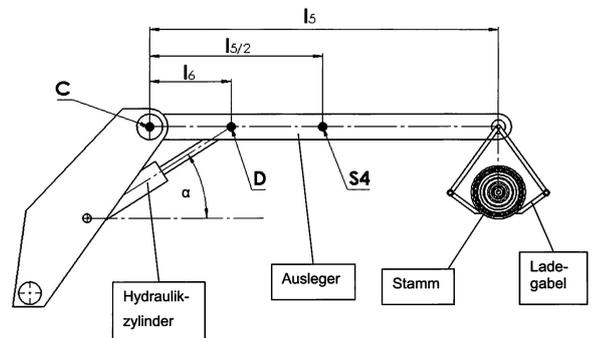
Ausleger: $F_{G4} = 2 \text{ kN}$ in S4

Stamm: $F_{G5} = 3,5 \text{ kN}$

Winkel: $\alpha = 35^\circ$

Abmessungen: $l_5 = 2000 \text{ mm}$

$l_6 = 450 \text{ mm}$



2.1 Schneiden Sie den Ausleger frei und ermitteln Sie die Kräfte an den Punkten C und D. 5,0

2.2 Ermitteln Sie die Stelle und den Betrag des maximalen Biegemoments im Ausleger. 2,0

2.3 Dimensionieren Sie für den Ausleger ein rechteckiges Hohlprofil nach DIN EN 10210-2 aus S890Q bei 2-facher Sicherheit gegen Verformung. 3,0

Geben Sie die komplette Bezeichnung nach DIN EN an.

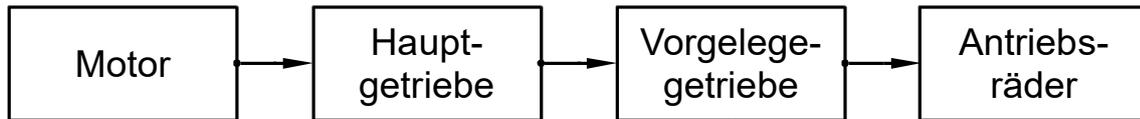
2.4 Der Ausleger soll bei größeren Lasten ($> F_{G5}$) zum Einsatz kommen. Er soll entsprechend verändert werden, wobei die Länge l_5 gleich bleiben soll. 2,0

Zeigen Sie eine mögliche Lösung auf und begründen Sie diese.



3 Getriebe

Der HolZRückeschlepper wird von einem Verbrennungsmotor angetrieben. Die Übertragung von Drehmoment und Drehzahl erfolgt nach unten beigefügtem Blockschaltbild.



Daten

Fahrgeschwindigkeit auf der Straße:	$v_{\max, \text{Straße}}$	=	45 km/h
Fahrgeschwindigkeit im Wald:	$v_{\max, \text{Wald}}$	=	5 km/h
Raddurchmesser Antriebsräder:	d	=	1,53 m
Übersetzungsverhältnis Vorgelege im Straßenbetrieb:	i_v	=	1
Motordrehzahl:	n_M	=	2500 min
Motorleistung:	P_M	=	150 kW
Wirkungsgrad Hauptgetriebe:	η_H	=	75 %
Wirkungsgrad Vorgelegegetriebe:	η_V	=	80 %

Straßenbetrieb des HolZRückeschleppers

Hinweis: Im Straßenbetrieb wird das Vorgelegegetriebe in der Schaltstellung 1 mit dem Übersetzungsverhältnis $i_v = 1$ betrieben.

- 3.1 Bestimmen Sie das Übersetzungsverhältnis des Hauptgetriebes im Straßenbetrieb. 3,0
- 3.2 Aufgrund des großen Übersetzungsverhältnisses muss das Hauptgetriebe zweistufig ausgeführt werden. Aus betriebswirtschaftlichen Gründen sind höchstens zwei unterschiedliche Stirnradgrößen zu verwenden. Die Zähnezah z_1 beträgt 15. Bestimmen Sie die Zähnezahlen z_2 , z_3 und z_4 . 2,0

Waldbetrieb des HolZRückeschleppers

Im Waldbetrieb soll die Fahrgeschwindigkeit $v_{\max, \text{Wald}} = 5 \text{ km/h}$ betragen. Dies wird durch die Schaltstellung 2 des Vorgelegegetriebes erreicht.

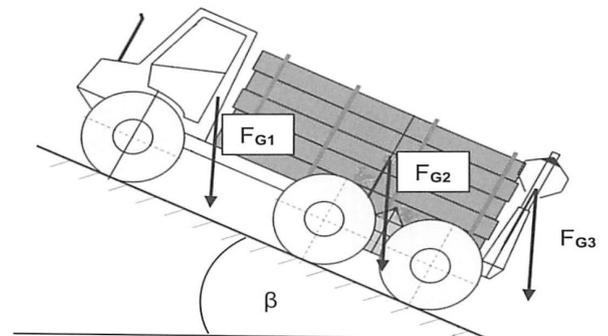
Daten

Gewichtskräfte:

$$F_{G1} = 40 \text{ kN}, F_{G2} = 70 \text{ kN}, F_{G3} = 5 \text{ kN}$$

Reibzahl Reifen auf Waldboden: $\mu = 0,5$

Maximaler Steigungswinkel: $\beta = 25^\circ$



- 3.3 Bestimmen Sie das Übersetzungsverhältnis des Vorgelegegetriebes im Waldbetrieb. 2,0
- 3.4 Bestimmen Sie das maximale Antriebsmoment pro Rad, wenn alle Räder angetrieben werden. 3,0
- 3.5 Überprüfen Sie, ob der HolZRückeschlepper aufgrund der Reibverhältnisse an einer Steigung mit dem geforderten maximalen Steigungswinkel β stehen bleibt oder zu rutschen beginnt. 3,0
- 3.6 Überprüfen Sie, ob der Antrieb des HolZRückeschleppers ausreicht, um diese Steigung mit konstanter Geschwindigkeit hochfahren zu können. 3,0



4 Antriebswelle

Vom Hauptgetriebe wird das Antriebsmoment über Differentiale an Vorder- und Hinterachsen und über entsprechende Antriebswellen auf die sechs Räder des Holzrückeschleppers gleich verteilt.

Die Drehmomentenübertragung von Antriebswelle auf Rad erfolgt mit Hilfe einer Passfeder.

Daten

Torsionsmoment einer Antriebswelle:	$M_T = 8300 \text{ Nm}$
Werkstoff der Antriebswelle:	16MnCr5
Sicherheit gegen Torsion:	$\nu = 2,5$
Passfeder	DIN6885 – B – 20 x 12 x 100
Zul. Scherspannung der Passfeder:	$T_{a,zul} = 250 \text{ N/mm}^2$

4.1 Bestimmen Sie den Durchmesser einer Antriebswelle.	4,0
4.2 Überprüfen Sie, ob die vorgegebene Passfeder abschert.	3,0
<hr/>	
	40,0



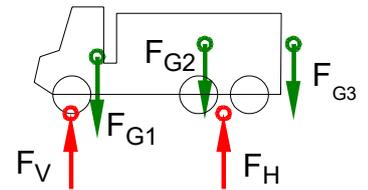
Lösungen

Statik (10 P): Benannte BG freimachen; Auflagerkräfte
 Getriebe (16 P): Diverse; Reibung; Zähnezahlen berechnen
 Festigkeit (14 P): Mbmax (einfach); Profil gegen Biegen; konstruktive Vorschläge; Torsion; Passfeder auf Scherung

1 HolZRückeschlepper

1.1 Lageskizze HolZRückeschlepper siehe rechts

1.2 Hinweis 22: Mit „die Radkräfte“ (an der Vorderachse) „und“ „die einzelnen Radkräfte“ (an der Hinterachse) ist dasselbe gemeint, nämlich Radkräfte anstatt Achs- bzw. Doppelachskräften. Die Aufträge für einen Ingenieur sind eben nicht immer präzise und einfach formuliert. :-)



$$\Sigma M_V = 0 = -F_{G1} \cdot l_1 - F_{G2} \cdot l_2 + F_H \cdot l_3 - F_{G3} \cdot l_4$$

$$F_H = \frac{F_{G1} \cdot l_1 + F_{G2} \cdot l_2 + F_{G3} \cdot l_4}{l_3} = \frac{40 \text{ kN} \cdot 800 \text{ mm} + 70 \text{ kN} \cdot 3800 \text{ mm} + 5 \text{ kN} \cdot 6000 \text{ mm}}{4500 \text{ mm}} = 72,8 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = +F_V - F_{G1} - F_{G2} + F_H - F_{G3}$$

$$F_V = F_{G1} + F_{G2} - F_H + F_{G3} = 40 \text{ kN} + 70 \text{ kN} - 72,8 \text{ kN} + 5 \text{ kN} = 42,1 \text{ kN}$$

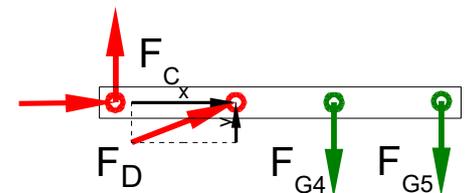
Radkräfte:

$$F_{VRad} = \frac{F_V}{2} = \frac{42,1 \text{ kN}}{2} = 21,1 \text{ kN}$$

$$F_{ARad} = \frac{F_H}{4} = \frac{72,8 \text{ kN}}{4} = 18,2 \text{ kN}$$

2 Ladekran – Lageskizze Ausleger mit Stamm siehe rechts

2.1 Lagerkräfte



$$\Sigma M_C = 0 = F_{Dy} \cdot l_6 - F_{G4} \cdot \frac{l_5}{2} - F_{G5} \cdot l_5$$

$$F_{Dy} = \frac{F_{G4} \cdot \frac{l_5}{2} + F_{G5} \cdot l_5}{l_6} = \frac{2 \text{ kN} \cdot \frac{2000 \text{ mm}}{2} + 3,5 \text{ kN} \cdot 2000 \text{ mm}}{450 \text{ mm}} = 20 \text{ kN}$$

$$F_D = \frac{F_{Dy}}{\sin \alpha} = \frac{20 \text{ kN}}{\sin 35^\circ} = 34,87 \text{ kN}$$

$$F_{Dx} = F_D \cdot \cos \alpha = 34,87 \text{ kN} \cdot \cos 35^\circ = 28,56 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Cx} + F_{Dx} \Rightarrow F_{Cx} = -F_{Dx} = -28,6 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = +F_{Cy} + F_{Dy} - F_{G4} - F_{G5} \Rightarrow$$

$$F_{Cy} = -F_{Dy} + F_{G4} + F_{G5} = -20 \text{ kN} + 2 \text{ kN} + 3,5 \text{ kN} = -14,5 \text{ kN}$$

$$F_C = \sqrt{F_{Cx}^2 + F_{Cy}^2} = \sqrt{(-28,6 \text{ kN})^2 + (-14,5 \text{ kN})^2} = 32,1 \text{ kN}$$

$$\gamma_C = \arctan \frac{F_{Cy}}{F_{Cx}} = \arctan \frac{-14,5 \text{ kN}}{-28,6 \text{ kN}} = +26,9^\circ \text{ gegen die negative x-Achse nach links unten}$$

2.2 Biegemoment M_{bmax} / Querkraft- und Biegemomentenverlauf:

M_{bmax} liegt einem inneren Kräfteinleitung (bei D oder S_4)

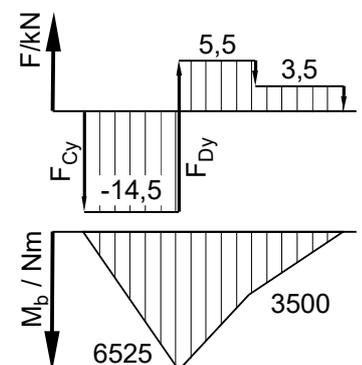
$$M_{bs4} \text{ (von rechts)} = \left| -F_{G5} \cdot \frac{l_5}{2} \right| = 3,5 \text{ kN} \cdot 1000 \text{ mm} = 3500 \text{ Nm}$$

$$M_{bd} \text{ (von rechts)} = \left| -F_{G4} \cdot \left(\frac{l_5}{2} - l_6 \right) - F_{G5} \cdot (l_5 - l_6) \right|$$

$$= 2 \text{ kN} \cdot (1000 - 450) \text{ mm} + 3,5 \text{ kN} \cdot (2000 - 450) \text{ mm} = 6525 \text{ Nm}$$

oder

$$M_{bd} \text{ (von links)} = \left| -F_{Cy} \cdot l_6 \right| = 14,5 \text{ kN} \cdot 450 \text{ mm} = 6525 \text{ Nm} = M_{bmax}$$





Auf die Berechnung von M_{bS4} kann man mit folgenden Argumenten verzichten:

- M_{bmax} muss an einer Stelle liegen, an der der Querkraftverlauf einen Nulldurchgang hat, also bei D. (Begründung: Der Biegemomentenverlauf ist das Integral des Querkraftverlaufes)
- Da die beiden Kräfte F_{G4} und F_{G5} auf der rechten Seite des Auslegers die gleiche Richtung haben, kann dort kein Nulldurchgang im Querkraftverlauf sein.
- Man zeichnet den Biegemomentenverlauf

2.3 Hohlprofil wählen

$R_e = 890 \text{ N/mm}^2$ (aus der Bezeichnung von S890Q)

$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 890 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1068 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \frac{1068 \text{ N/mm}^2}{2} = 534 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{6525 \text{ Nm}}{534 \text{ N/mm}^2} = 12,2 \text{ cm}^3$$

Gewählt:

Hohlprofil DIN EN 10210-2 – 80x40x4 – S890Q mit $W_x = 17,1 \text{ cm}^3$

oder

Hohlprofil DIN EN 10210-2 – 60x60x4 – S890Q mit $W_x = 15,1 \text{ cm}^3$

Hinweis 23: Ein Metaller würde das quadratische Profil 60x60 nicht unbedingt rechteckig nennen, aber mathematisch vorgebildete Schüler haben es so gelernt ;-)

2.4 Maßnahmen für größere Lasten

- Profil mit höherem Widerstandsmoment (höher, dickwandiger ..)
- Werkstoff mit höherer Festigkeit
- I_6 vergrößern, dadurch sinken die Kräfte F_{Dy} und F_{Cy} und damit M_{bmax} (→ Berechnungen in den Aufgaben 2.1 und 2.2).

3 Getriebe

3.1 Übersetzung des Hauptgetriebes (im Straßenbetrieb)

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow$$

$$n_{Str} = \frac{v_{Str}}{\pi \cdot d} = \frac{45 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{\text{km}} \cdot \frac{\text{h}}{60 \text{ min}}}{\pi \cdot 1,53 \text{ m}} = \frac{750 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{\pi \cdot 1,53 \text{ m}} = \frac{12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\pi \cdot 1,53} = 9362 \text{ h}^{-1} = 156 \text{ min}^{-1} = 2,6 \text{ s}^{-1}$$

$$i_{Str} = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{n_M}{n_{Str}} = \frac{2500 \text{ min}^{-1}}{156 \text{ min}^{-1}} = 16,0$$

$$i_{Str} = i_{V1} \cdot i_H \Rightarrow i_H = \frac{i_{Str}}{i_{V1}} = \frac{16,0}{1} = 16,0$$

3.2

$$i_H = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{z_2^2}{z_1^2} \Rightarrow z_2 = z_1 \cdot \sqrt{i_H} = 15 \cdot \sqrt{16} = 60$$

$$z_1 = z_3 = 15 \quad z_2 = z_4 = 60$$



3.3 Übersetzung des Vorgeleges bei Schaltstellung 2 (im Waldbetrieb)

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow$$

$$n_{Wald} = \frac{v_{Wald}}{\pi \cdot d} = \frac{5 \frac{km}{h} \cdot \frac{1000 m}{km} \cdot \frac{h}{60 min}}{\pi \cdot 1,53 m} = \frac{83,3 \frac{m}{min}}{\pi \cdot 1,53 m} = \frac{1,38 \frac{m}{s}}{\pi \cdot 1,53 m} = 1040 h^{-1} = 17,3 min^{-1} = 0,289 s^{-1}$$

$$i_{Wald} = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{n_M}{n_{Wald}} = \frac{2500 min^{-1}}{17,3 min^{-1}} = 144$$

$$i_{Wald} = i_{V2} \cdot i_H \Rightarrow i_{V2} = \frac{i_{Wald}}{i_H} = \frac{144}{16,0} = 9,0$$

oder

$$i_{Str} = i_{V1} \cdot i_H = \frac{n_M}{v_{Str}} = \frac{n_M \cdot \pi \cdot d}{v_{Str}} \Rightarrow \frac{n_M \cdot \pi \cdot d}{i_H} = i_{V1} \cdot v_{Str}$$

$$i_{Wald} = i_{V2} \cdot i_H = \frac{n_M}{v_{Wald}} = \frac{n_M \cdot \pi \cdot d}{v_{Wald}} \Rightarrow \frac{n_M \cdot \pi \cdot d}{i_H} = i_{V2} \cdot v_{Wald}$$

$$i_{V1} \cdot v_{Str} = i_{V2} \cdot v_{Wald} \Rightarrow i_{V2} = i_{V1} \cdot \frac{v_{Str}}{v_{Wald}} = 1 \cdot \frac{45 km/h}{5 km/h} = 9$$

Hinweis 24: Um den Antriebsstrang nicht unnötig mit hohen Momenten zu belasten, legt man große Übersetzungen bevorzugt nach hinten in den Kraftfluss, also innerhalb mehrstufiger Wechselgetriebe auf die Abtriebsseite und/oder feste Übersetzungen in Achs- und/oder Radgetriebe.

3.4 Antriebsmoment pro Rad (im Waldbetrieb)

$$P = 2 \pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_{Mot} = \frac{P_{Mot}}{2 \pi \cdot n} = \frac{150 kW}{2 \pi \cdot 2500 min^{-1}} = \frac{150 kW \cdot 60 s}{2 \pi \cdot 2500} = 572,9 Nm$$

$$i_{Wald} = i_{V2} \cdot i_H = 9 \cdot 16 = 144$$

$$\eta_{ges} = \eta_V \cdot \eta_H = 0,8 \cdot 0,75 = 0,6$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} \Rightarrow M_{Antrieb} = M_{Mot} \cdot i_{Wald} \cdot \eta_{ges} = 572,9 Nm \cdot 144 \cdot 0,6 = 49,5 kNm$$

$$M_{Rad} = \frac{M_{Antrieb}}{6} = \frac{49,5 kNm}{6} = 8251 Nm$$

oder

$$P_{Räder} = P_M \cdot \eta_{ges} = 150 kW \cdot 0,6 = 90 kW$$

$$P_{Rad} = \frac{P_{Räder}}{6} = \frac{90 kW}{6} = 15 kW$$

$$P = 2 \pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_{Rad} = \frac{P_{Rad}}{2 \pi \cdot n_{Rad}} = \frac{15 kW}{2 \pi \cdot 0,289 s^{-1}} = 8260 Nm$$

oder

$$P = F \cdot v \Rightarrow F_{Räder} = \frac{P_{Räder}}{v_{Rad}} = \frac{90 kW}{1,38 \frac{m}{s}} = 64,8 kN$$

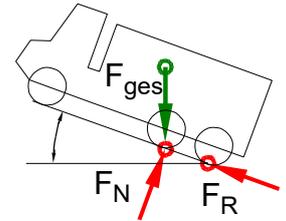
$$F_{Rad} = \frac{F_{Räder}}{6} = \frac{64,8 kN}{6} = 10,8 kN$$

$$M_{Rad} = F_{Rad} \cdot \frac{d}{2} = 10,8 kN \cdot \frac{1,53 m}{2} = 8262 Nm$$



3.5 Reibverhältnisse

Lageskizze Schlepper:



$$F_{G_{ges}} = F_{G1} + F_{G2} + F_{G3} = 40 \text{ kN} + 70 \text{ kN} + 5 \text{ kN} = 115 \text{ kN}$$

$$F_H = F_{G_{ges}} \cdot \sin \beta = 115 \text{ kN} \cdot \sin 25^\circ = 48,6 \text{ kN} = F_{R, \text{erf}}$$

$$F_N = F_{G_{ges}} \cdot \cos \beta = 115 \text{ kN} \cdot \cos 25^\circ = 104,2 \text{ kN}$$

$$F_{R_{max}} = F_N \cdot \mu = 104,2 \text{ kN} \cdot 0,5 = 52,1 \text{ kN}$$

$$F_{R_{max}} = 52,1 \text{ kN} > 48,6 \text{ kN} = F_{R, \text{erf}} \Rightarrow \text{rutscht nicht}$$

oder mit dem Reibwinkel:

$$\alpha_{\text{Haft}} = \arctan \mu = \arctan 0,5 = 26,5^\circ > 25^\circ = \beta \Rightarrow \text{rutscht nicht}$$

bzw. umgekehrt:

$$\tan \beta = \tan 25^\circ = 0,47 < 0,5 = \mu \Rightarrow \text{rutscht nicht}$$

Hinweis 25: Der Reibwinkel α_{Haft} ist der Winkel, bei dem ein Körper gerade nicht rutscht, also die Hangabtriebskraft so groß wie die max. Haftreibungskraft ist:

$$F_{\text{Hang}} = F_{\text{Haft}} \Rightarrow F_G \cdot \sin \alpha = F_G \cdot \cos \alpha \cdot \mu \Rightarrow \mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha \Rightarrow \alpha_{\text{Haft}} = \arctan \mu$$

3.6 Antriebsleistung

Über die erforderliche Leistung am Motor:

$$P_{\text{Antrieb}} = F_{\text{Hang}} \cdot v_{\text{Wald}} = (F_{G1} + F_{G2} + F_{G3}) \cdot \sin \beta \cdot v_{\text{Wald}}$$

$$= (40 \text{ kN} + 70 \text{ kN} + 5) \cdot \sin 25^\circ \cdot 5 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{\text{km}} \cdot \frac{\text{h}}{3600 \text{ s}} = 48,6 \text{ kN} \cdot 1,38 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 67,5 \text{ kW}$$

$$P_{\text{Motorf}} = \frac{P_{\text{Antrieb}}}{\eta_{\text{ges}}} = \frac{67,5 \text{ kW}}{0,6} = 112,5 \text{ kW} < 150 \text{ kW} = P_{\text{Mot}} \Rightarrow \text{reicht}$$

Über das erforderliche Moment am Motor:

$$P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_{\text{Mot}} = \frac{P_{\text{Mot}}}{2\pi \cdot n} = \frac{150 \text{ kW}}{2\pi \cdot 2500 \text{ min}^{-1}} = \frac{150 \text{ kW} \cdot 60 \text{ s}}{2\pi \cdot 2500} = 572,9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{Raderf}} = F_{\text{Hang}} \cdot \frac{d}{2} = (F_{G1} + F_{G2} + F_{G3}) \cdot \sin \alpha \cdot \frac{d}{2}$$

$$= (40 \text{ kN} + 70 \text{ kN} + 5) \cdot \sin 25^\circ \cdot \frac{1,53 \text{ m}}{2} = 48,6 \text{ kN} \cdot 0,765 \text{ m} = 37,2 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{Motorf}} = \frac{M_{\text{Raderf}}}{i_{\text{ges}} \cdot \eta_{\text{ges}}} = \frac{37,2 \text{ kNm}}{144 \cdot 0,6} = 430 \text{ Nm} < 572,9 \text{ Nm} = M_{\text{Mot}} \Rightarrow \text{reicht}$$

Über das angebotene Moment an den Rädern:

$$P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_{\text{Mot}} = \frac{P_{\text{Mot}}}{2\pi \cdot n} = \frac{150 \text{ kW}}{2\pi \cdot 2500 \text{ min}^{-1}} = \frac{150 \text{ kW} \cdot 60 \text{ s}}{2\pi \cdot 2500} = 572,9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{Rad}} = M_{\text{Mot}} \cdot i_{\text{ges}} \cdot \eta_{\text{ges}} = 572,9 \text{ Nm} \cdot 144 \cdot 0,6 = 49,5 \text{ kNm} > 37,2 \text{ kNm} = M_{\text{Raderf}} \Rightarrow \text{reicht}$$

bzw.

$$P_{\text{Rad}} = P_{\text{Mot}} \cdot \eta_{\text{ges}} = 150 \text{ kW} \cdot 0,6 = 90 \text{ kW}$$

$$M_{\text{Rad}} = \frac{P_{\text{Rad}}}{2\pi \cdot n_{\text{Rad, Wald}}} = \frac{90 \text{ kW}}{2\pi \cdot 0,289 \text{ s}^{-1}} = 49,5 \text{ kNm} > 37,2 \text{ kNm} = M_{\text{Raderf}} \Rightarrow \text{reicht}$$

Über die angebotene Kraft an den Rädern:

$$F_{\text{Rad}} = \frac{2 \cdot M_{\text{Rad}}}{d} = \frac{2 \cdot 49,5 \text{ kNm}}{1,53 \text{ m}} = 64,8 \text{ kN} > 48,6 \text{ kN} = F_{\text{Hangabtrieb}} \Rightarrow \text{reicht}$$

bzw.

$$F_{\text{Rad}} = \frac{P_{\text{Rad}}}{v_{\text{Rad, Wald}}} = \frac{90 \text{ kW}}{5 \text{ km/h}} = 64,8 \text{ kN} > 48,6 \text{ kN} = F_{\text{Hangabtrieb}} \Rightarrow \text{reicht}$$

uvam.



4 Antriebswelle

4.1 Durchmesser

$$\tau_{tF} = 0,7 \cdot R_e = 0,7 \cdot 590 \frac{N}{mm^2} = 413 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\tau_{tF}}{V} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow$$

$$\tau_{tzul} = \frac{\tau_{tF}}{V} = \frac{413 \frac{N}{mm^2}}{2,5} = 165,2 \frac{N}{mm^2}$$

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{8300 \text{ Nm}}{165,2 \frac{N}{mm^2}} = 50,2 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{W_{perf} \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{50,2 \text{ cm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 63,5 \text{ mm}$$

$$D_{erf} = d_{erf} + t_1 = 63,5 \text{ mm} + 7,5 \text{ mm} = 71 \text{ mm}$$

mit Tiefe der Passfedernut $t_1 = 7,5 \text{ mm}$ (\rightarrow [EuroTabM] „Passfeder“)

Gewählt: $D = 75 \text{ mm}$ (nächste Größe \rightarrow z.B. [EuroTabM] „Rundstahl, blank“)

4.2 Passfeder gegen Scherung (nur eine der Lösungen ist notwendig)

$$\tau_{vorh} = \tau_{azul} = 250 \frac{N}{mm^2}$$

$$S_{vorh} = b \cdot l = 20 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm} = 2000 \text{ mm}^2$$

$$F_{erf} = \frac{2 \cdot M}{D} = \frac{2 \cdot 8300 \text{ Nm}}{75 \text{ mm}} = 221,3 \text{ kN}$$

$$\frac{\tau_{aF}}{V} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{S} \Rightarrow \tau_{azul} = \frac{F}{S} \Rightarrow$$

$$\tau_{aerf} = \frac{F_{erf}}{S_{vorh}} = \frac{221,3 \text{ kN}}{2000 \text{ mm}^2} = 111 \frac{N}{mm^2} < 250 \frac{N}{mm^2} = \tau_{azul} \Rightarrow \text{schert nicht ab}$$

$$S_{erf} = \frac{F_{erf}}{\tau_{azul}} = \frac{221,3 \text{ kN}}{250 \frac{N}{mm^2}} = 885 \text{ mm}^2 < 2000 \text{ mm}^2 = S_{vor} \Rightarrow \text{schert nicht ab}$$

$$F_{vorh} = \tau_{azul} \cdot S_{vor} = 250 \frac{N}{mm^2} \cdot 2000 \text{ mm}^2 = 500 \text{ kN} > 221 \text{ kN} = F_{erf} \Rightarrow \text{schert nicht ab}$$



tgtm HP 2017/18-2: Specht & Wood GmbH

(Pflichtaufgabe)

Die Herren Moser und Seifner betreiben gemeinsam die Firma Specht & Wood als GmbH (Gesellschaft mit beschränkter Haftung). Sie beschäftigen aktuell 600 Mitarbeiter.

- 1 Nennen Sie zwei Gründe, die die beiden Gesellschafter veranlasst haben könnten, als Unternehmensform die GmbH zu wählen. 1,0
- 2 Stellen Sie vier Voraussetzungen dar, die bei der Gründung einer GmbH zu berücksichtigen sind. 2,0
- 3 Die Firma Specht & Wood GmbH wurde mit 100.000 € Stammkapital gegründet, wobei Herr Moser 60 % der Geschäftsanteile hält und Herr Seifner die restlichen Anteile. Im aktuellen Geschäftsjahr wurde nun ein Gewinn nach Steuern in Höhe von 1.200.000 € erwirtschaftet.
Begründen und berechnen Sie, welchen Gewinnanteil die Gesellschafter erhalten, wenn im Gesellschaftsvertrag hierzu nichts vereinbart wurde. 2,0
- 4 Beurteilen Sie ausführlich die unterschiedliche gesetzliche Aufteilung des Gewinns zwischen der OHG und der GmbH. 3,0
- 5 Bei der Specht & Wood GmbH wurde bisher ein bestimmter Arbeitsgang im Zeitlohn vergütet. Herr Seifner ist der Meinung, dass dieser künftig im Akkordlohn bezahlt werden sollte.
- 5.1 Nennen Sie vier Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, damit eine Akkordentlohnung durchführbar ist. 2,0
- 5.2 Bei den Vorarbeiten wird für 30 Stück einer Produktionseinheit eine Vorgabezeit von 1 Stunde (60-Minuten-Stunde) ermittelt. Der bisherige Stundenlohn liegt bei 11,00 EUR. Akkordzuschlag 10 %.
Bestimmen Sie
 - den Akkordrichtsatz
 - wie viele Minuten für ein Stück vorgegeben sind (Zeitakkordsatz)
 - den Stundenlohn für den Arbeiter Philipp Flott bei 32 Stück/Std.



- 6 Ende Mal 2018 möchte die Specht & Wood GmbH aufgrund der gestiegenen ökologischen Vorschriften vier Arbeitnehmern der Lackiererei kündigen, um diese Tätigkeiten an ein Spezialunternehmen auszulagern.

Verwenden Sie als Basis für Ihre Einschätzungen die folgenden Daten aus den Personalakten und begründen Sie ausführlich.

Mitarbeiter/innen	Geb.datum/ Beschäftigung	Zusatzinformationen
Herbert Schneider	geb. 17.09.1992 seit 01.04.2014 im Unternehmen beschäftigt	Holzmechaniker, ledig, keine Kinder Herr Schneider ist seit einem Skiunfall im Jahr 2012 zu 50 % schwerbehindert Letzte Beurteilung: „...zu unserer vollen Zufriedenheit...“
Marlen Hambach	geb. 23.02.1975 seit 01.01.2018 im Unternehmen beschäftigt	Industriekauffrau, verheiratet, 9-jährige Tochter Ihr Ehemann ist Prokurist im Einkauf Letzte Beurteilung: noch nicht erfolgt
Martin Winterkorn	geb. 02.06.1958 seit 01.01.2001 im Unternehmen beschäftigt	Produktionsmeister, ledig, keine Kinder, krankheitsbedingte kaufmännische Umschulung im Jahr 2011, Betriebsratsmitglied seit 2015 Letzte Beurteilung: „...stets zu unserer vollen Zufriedenheit...“
Hilde Meisner	geb. 13.12.1991 seit 01.01.2011 im Unternehmen beschäftigt	Absolvierte Ausbildung zur Malerin und Lackiererin in unserem Unternehmen und machte eine Weiterbildung zur Technikerin, verheiratet, 3 schulpflichtige Kinder. Ihr Ehemann ist arbeitslos. Aufgrund der angespannten Familiensituation kommt es häufiger zu Verspätungen bzw. zu einem höheren Nachhausegehen. Sie erledigt aber dennoch ihre Arbeit sehr sorgfältig. Letzte Beurteilung: „...stets zu unserer vollsten Zufriedenheit“

- 6.1 Bestimmen Sie die Kündigungsfristen, die bei den einzelnen Mitarbeitern prinzipiell einzuhalten sind. 2,0
- 6.2 Überprüfen Sie, ob den aufgeführten Mitarbeitern ohne Weiteres gekündigt werden kann. 3,0
- 6.3 Analysieren Sie die entsprechenden Leistungsbeurteilungen der einzelnen Mitarbeiter. 2,0

20,0

Lösungen

- keine -

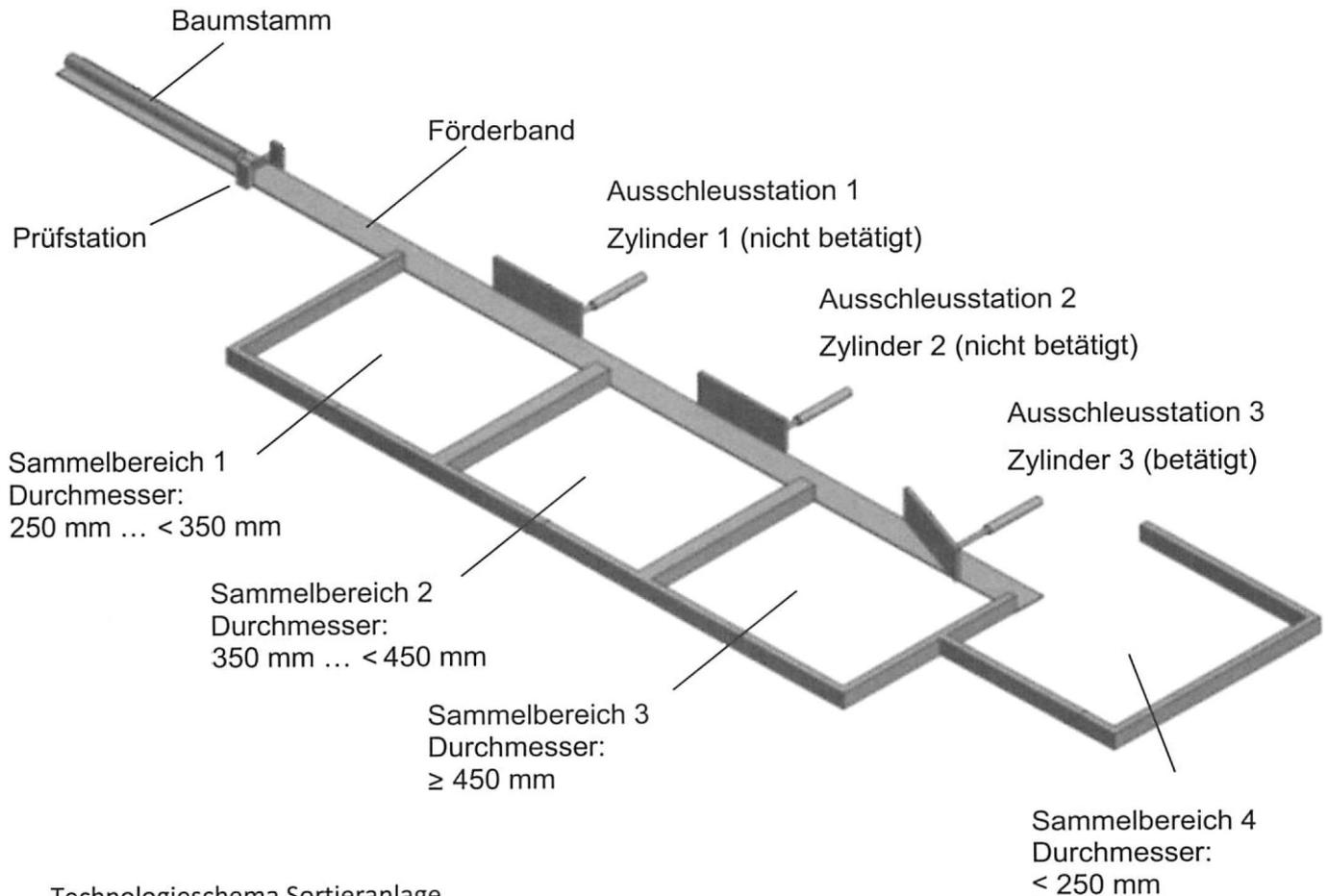


tgtm HP 2017/18-3: Baumstammsortieranlage

(Wahlaufgabe)

Im Sägewerk angekommen, werden die angelieferten Baumstämme einer Sortieranlage zugeführt und dabei einzeln auf einem Förderband abgelegt.

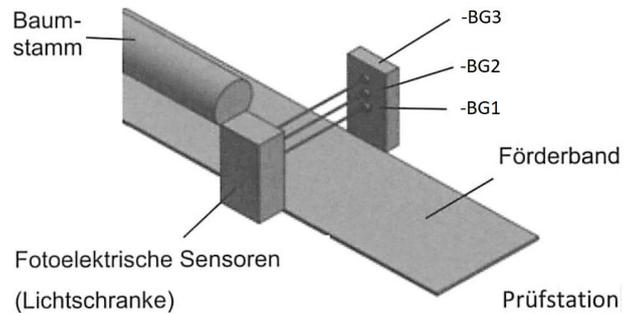
Auf dem Förderband gelangen die Stämme zu einer Prüfstation. Diese erkennt die Durchmesser der Stämme und teilt sie einer der drei nachfolgenden Ausschleusstationen zu. Zum Ausschleusen bewegt ein Pneumatikzylinder ein Leitblech, welches den Stamm in seinen Sammelbereich ausschleust. Nicht ausgeschleuste Baumstämme laufen durch bis in den Sammelbereich 4, um dort zu Hackschnitzeln weiterverarbeitet zu werden.



Bauteil	Funktion – Bemerkung	Anschluss
-BG1	Sensor 1, Lichtstrahl unterbrochen => 1-Signal	E0.1
-BG2	Sensor 2, Lichtstrahl unterbrochen => 1-Signal	E0.2
-BG3	Sensor 3, Lichtstrahl unterbrochen => 1-Signal	E0.3
-BG4	Vordere Endlage Zylinder 1, betätigt => 1-Signal	E0.4
-BG5	Vordere Endlage Zylinder 2, betätigt => 1-Signal	E0.5
-BG6	Vordere Endlage Zylinder 3, betätigt => 1-Signal	E0.6
-SF1	Taster für Entleerung, betätigt => 1-Signal	E0.7
-MM1	1-Signal => Zylinder 1 fährt aus	A0.1
-MM2	1-Signal => Zylinder 2 fährt aus	A0.2
-MM3	1-Signal => Zylinder 3 fährt aus	A0.3
-PF1	1-Signal => Kontrolllampe an	A0.4



1 An der Prüfstation soll der Durchmesser der ankommenden Baumstämme erfasst werden. Dazu sind drei Sensoren – wie abgebildet – in unterschiedlichen Höhen oberhalb des Förderbandes angeordnet.



- 1.1 Nennen Sie zwei Gründe, warum in diesem Fall fotoelektrische Sensoren verwendet werden. 2,0
- 1.2 Leiten Sie ab, in welchen Höhen zum Förderband die drei Sensoren -BG1, -BG2 und -BG3 jeweils anzubringen sind. 1,0
- 1.3 Entsprechend der Sensorsignale werden die Baumstämme ihren Sammelbereichen zugewiesen. 3,0

	Sammelbereich 1	Sammelbereich 2	Sammelbereich 3	Sammelbereich 4
Sensor -BG1				
Sensor -BG2				
Sensor -BG3				

Übernehmen Sie die oben dargestellte tabellarische Vorlage und ordnen Sie den einzelnen Sammelbereichen die entsprechenden Sensorsignale „0“ bzw. „1“ zu.

- 2 Jede Ausschleusstation verfügt über einen doppelwirkenden Zylinder mit Endlagensensor und elektromagnetisch betätigtem Wegeventil mit Federrückstellung. Die Steuerung der Sortieranlage muss folgende Randbedingungen erfüllen: 5,0
 - Das Ausfahren der entsprechenden Zylinder erfolgt, nachdem die Sensoren der Prüfstation den Baumstamm erfasst haben.
 - Das Einfahren der entsprechenden Zylinder soll 12 Sekunden nach dem vollständigen Ausfahren erfolgen.

Entwerfen Sie das SPS-Programm in Funktionsbausteinsprache exemplarisch für das Ausschleusen eines Baumstammes mit 400 mm Durchmesser.

- 3 Die Sammelbereiche 1 bis 3 können je maximal 500 Baumstämme aufnehmen. Ist einer der Sammelbereiche voll, so soll die Warnlampe -PF1 leuchten. Daraufhin werden alle Sammelbereiche vom Anlagenbediener manuell geleert und die vollzogene Entleerung durch Betätigung des Tasters -SF1 bestätigt. 5,0

Entwerfen Sie das entsprechende SPS-Programm in Funktionsbausteinsprache.

- 4 Der doppelwirkende Zylinder einer Ausschleusstation muss eine Haltekraft von 10 kN aufbringen. Der Wirkungsgrad des Zylinders beträgt 80 % bei einem Anlagendruck von 6,5 bar. 2,0

Bestimmen Sie den erforderlichen Normzylinder durch Berechnung.

- 5 Täglich werden 1500 Stämme sortiert. Der Kolbenhub eines doppelwirkenden Zylinders beträgt 500 mm. Ein Liter Druckluft kostet 1 Ct. 2,0

Berechnen Sie näherungsweise die Druckluftkosten der Anlage pro Tag in Euro und nennen Sie eine Möglichkeit, diese Kosten zu reduzieren.

20,0



- 6 Der Bereich Schreinerei der Specht & Wood GmbH stellt seit einigen Jahren Bier-tischgarnituren aus Holz, stabile hochwertige Holzbänke und -tische für den Privat-gebrauch sowie für die Gastronomie her. Zur Kalkulation künftiger Kundenaufträge muss ein Betriebsabrechnungsbogen für das 1. Halbjahr 2018 erstellt werden.
- 6.1 Unterscheiden Sie die Begriffe Einzelkosten und Gemeinkosten bei der Kosten-stellenrechnung und geben Sie jeweils zwei Beispiele an. 2,0
- 6.2 Ergänzen Sie den vorliegenden Betriebsabrechnungsbogen BAB (Arbeitsblatt 1) unter Berücksichtigung der Informationen aus dem internen Rechnungswesen (siehe unten Anlage 1). 3,0
- 6.3 Ermitteln Sie die Gemeinkosten-Zuschlagsätze (auf eine Dezimalstelle runden; Arbeitsblatt 1). Hinweis: Gehen Sie – unabhängig von Ihren hierfür in 6.2 errechneten Werten – von folgenden Zahlen aus: 2,0
- | | | |
|--------------------------------|---------------|-----------|
| Summen der Hauptkostenstellen: | Material: | 30.000 € |
| | Fertigung I: | 220.000 € |
| | Fertigung II: | 150.000 € |
| | Verwaltung: | 40.000 € |
| | Vertrieb: | 60.000 € |
- 7 Aus Wettbewerbsgründen hat die Specht & Wood GmbH festgelegt, dass die Biertischgarnitur BGS maximale Selbstkosten in Höhe von 300,00 € je Stück nicht überschreiten darf. Gehen Sie bei der Kalkulation von Materialkosten netto in Höhe von 90,00 € je Stück aus. Beachten Sie weiter die berechneten Fertigungslöhne I mit 35,00 € je Stück und Fertigungslöhne II mit 30,00 € je Stück. 2,0
- Kalkulieren Sie in einer übersichtlichen Darstellung die Selbstkosten für die Bier-tischgarnitur und beurteilen Sie Ihr Ergebnis. Hinweis: Verwenden Sie hierzu – unabhängig von Ihren hierfür in 6.3 errechneten Werten – folgende Zuschlagssätze:
- | | |
|-------|-------|
| MGK: | 12% |
| FGK1: | 216% |
| FGK2: | 96% |
| VwGK: | 4,5 % |
| VtGK: | 7,2 % |
- 8 Beurteilen Sie die Auswirkung eines Anstiegs des Mindestlohnes von 8,50 € auf 8,84 € pro Stunde im Jahr 2018 auf den Materialgemeinkostenzuschlagssatz. Gehen Sie hierbei davon aus, dass einige Mitarbeiter und Hilfskräfte nach diesem Mindestlohn in unserem Unternehmen entlohnt werden und im Weiteren die Bedingungen gleich bleiben. 1,0

Anlage 1

Informationen aus dem internen Rechnungswesen der Specht & Wood GmbH 1.Halbjahr 2018

Umlage allgemeine Hilfskostenstelle Kantine im Verhältnis 15:5:150:170:30:130 auf die anderen Kostenstellen gemäß der jeweiligen Mitarbeiteranzahl

Umlage Fertigungshilfskostenstelle (AV = Arbeitsvorbereitung) im Verhältnis 1:3

<i>Einzelkosten:</i>	<i>Fertigungsmaterial</i>	<i>259.200,00 €</i>
	<i>Fertigungslöhne I</i>	<i>118.845,00 €</i>
	<i>Fertigungslöhne II</i>	<i>166.625,00 €</i>
<i>Fertige Erzeugnisse:</i>	<i>Mehrbestand</i>	<i>46.550,00 €</i>

Zuschlagsgrundlagen für die Verwaltungsgemeinkosten: Herstellkosten der Produktion

Zuschlagsgrundlagen für die Vertriebsgemeinkosten: Herstellkosten des Umsatzes



Lösungen

1 Sensoren

1.1 Vorteile von Lichtschranken

- anwendbar für alle (optisch intransparente) Werkstoffe
- große Distanzen möglich
- Genauigkeit ausreichend für die Aufgabe
- Baumstämme müssen nicht genau positioniert sein, z.B. vor dem Sensor.

Hinweis 26: Hier genügt es nicht, die Merkmale aus dem (→ [EuroTabM] „Sensoren“) abzuschreiben, denn die dort beschriebenen fotoelektrischen Sensoren sind keine Lichtschranken. Man muss also selbst denken.

1.2 Einbauhöhen

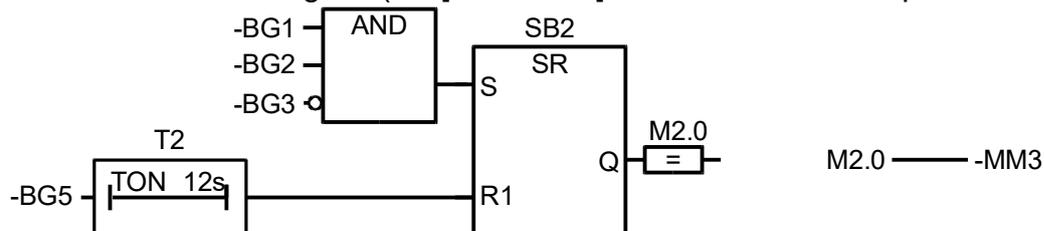
-BG1: 250 mm; -BG2: 350 mm; -BG3: 450 mm

1.3 Sensormatrix (die Visualisierung ist nicht gefragt)

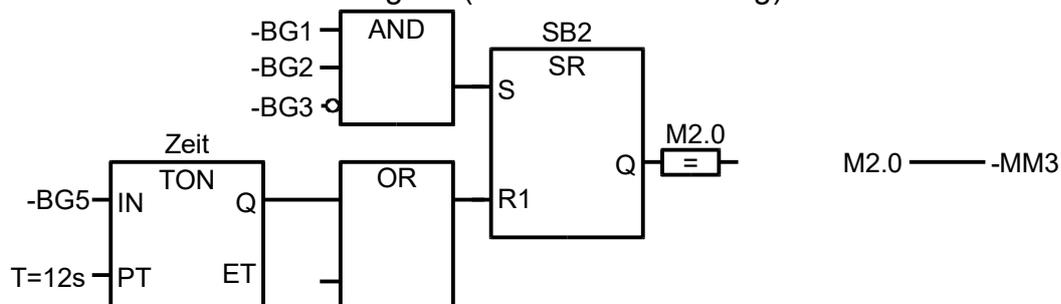
	Sammelbereich 1	Sammelbereich 2	Sammelbereich 3	Sammelbereich 4
Sensor -BG1	1	1	1	0
Sensor -BG2	0	1	1	0
Sensor -BG3	0	0	1	0

2 In Sammelbereich SB2 ausschleusen

mit vereinfachtem Zeitglied (→ [EuroTabM] „Funktionsbausteinsprache FBS“)



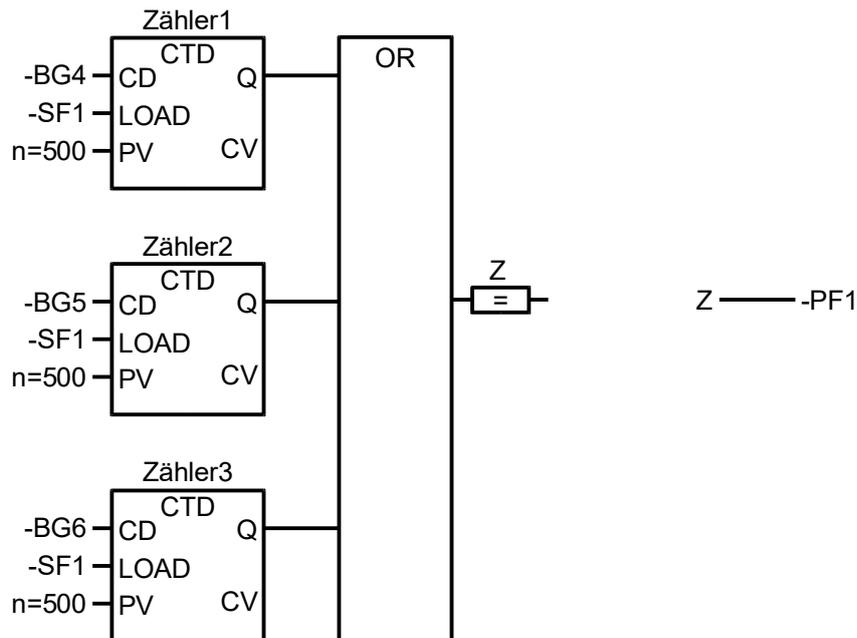
oder mit ausführlichem Zeitglied (→ Formelsammlung)



Hinweis 27: Wer sich hier fragt, was bei realen, nicht perfekt zylindrischen Baumstämmen mit einem Durchmesserbereich von z.B. 330 .. 370 mm passiert, steht kurz vor der Durchschnittsfalle: Die menschliche Welt ist für Durchschnitt gemacht, und auch wer zu viel denkt, kann Probleme bekommen – sogar in der Schule ;-)



3 Zähler für Entleerung (→ Formelsammlung)



4 Normzylinder

klassischer Ansatz: Reibung behindert das Ausfahren des Zylinders:

$$F = p_e \cdot A \cdot \eta \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F}{p \cdot \eta} = \frac{10 \text{ kN}}{6,5 \text{ bar} \cdot 0,8} = \frac{10 \cdot 1000 \text{ N}}{6,5 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,8} = 19230 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 19230 \text{ mm}^2}{\pi}} = 156,5 \text{ mm}$$

Gewählt: Normzylinder mit KolbenØ $d_1 = 160 \text{ mm}$ (und KolbenstangenØ $d_2 = 40 \text{ mm}$ → [EuroTabM] „Pneumatikzylinder, Abmessungen“)

kostenoptimierter Ansatz: Reibung unterstützt das Halten durch den Zylinder:

$$F \cdot \eta = p_e \cdot A \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F \cdot \eta}{p} = \frac{10 \text{ kN} \cdot 0,8}{6,5 \text{ bar}} = \frac{10 \cdot 1000 \text{ N} \cdot 0,8}{6,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 9846 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9846 \text{ mm}^2}{\pi}} = 112 \text{ mm}$$

Gewählt: Normzylinder mit KolbenØ $d_1 = 125 \text{ mm}$ (und KolbenstangenØ $d_2 = 32 \text{ mm}$ → [EuroTabM] „Pneumatikzylinder, Abmessungen“)

konservativer Ansatz: Reibung unterstützt das Halten durch den Zylinder zum Teil, und ohne Wirkungsgrad liegt man auf der sicheren Seite:

$$F = p_e \cdot A \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F}{p} = \frac{10 \text{ kN}}{6,5 \text{ bar}} = \frac{10 \cdot 1000 \text{ N}}{6,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 15385 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15385 \text{ mm}^2}{\pi}} = 139,96 \text{ mm}$$

Gewählt: Normzylinder mit KolbenØ $d_1 = 140 \text{ mm}$ (und KolbenstangenØ $d_2 = 40 \text{ mm}$ → [EuroTabM] „Pneumatikzylinder, Abmessungen“)



5 Druckluftkosten

Für KolbenØ $d_1 = 160 \text{ mm}$:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (160 \text{ mm})^2}{4} = 20106 \text{ mm}^2$$

$$Q \approx 2 \cdot A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{pe}} = 2 \cdot 20106 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ mm} \cdot \frac{1500}{\text{Tag}} \cdot \frac{6,5 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} = 226 \cdot 200 \frac{\text{dm}^3}{\text{Tag}}$$

$$\text{Kosten} = Q \cdot k = 226 \cdot 200 \frac{\text{dm}^3}{\text{Tag}} \cdot 1 \frac{\text{Ct}}{\text{dm}^3} = 226 \cdot 200 \frac{\text{Ct}}{\text{Tag}} = 2 \cdot 262 \frac{\text{€}}{\text{Tag}}$$

Für KolbenØ $d_1 = 140 \text{ mm}$:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (140 \text{ mm})^2}{4} = 15394 \text{ mm}^2$$

$$Q \approx 2 \cdot A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{pe}} = 2 \cdot 15394 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ mm} \cdot \frac{1500}{\text{Tag}} \cdot \frac{6,5 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} = 173 \cdot 200 \frac{\text{dm}^3}{\text{Tag}}$$

$$\text{Kosten} = Q \cdot k = 173 \cdot 200 \frac{\text{dm}^3}{\text{Tag}} \cdot 1 \frac{\text{Ct}}{\text{dm}^3} = 173200 \frac{\text{Ct}}{\text{Tag}} = 1 \cdot 732 \frac{\text{€}}{\text{Tag}}$$

Für KolbenØ $d_1 = 125 \text{ mm}$:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (125 \text{ mm})^2}{4} = 12271 \text{ mm}^2$$

$$Q \approx 2 \cdot A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{pe}} = 2 \cdot 12271 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ mm} \cdot \frac{1500}{\text{Tag}} \cdot \frac{6,5 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} = 138 \cdot 100 \frac{\text{dm}^3}{\text{Tag}}$$

$$\text{Kosten} = Q \cdot k = 138 \cdot 100 \frac{\text{dm}^3}{\text{Tag}} \cdot 1 \frac{\text{Ct}}{\text{dm}^3} = 138100 \frac{\text{Ct}}{\text{Tag}} = 1 \cdot 381 \frac{\text{€}}{\text{Tag}}$$

Maßnahmen zur Verringerung der Druckluftkosten:

- Einfachwirkende Zylinder verwenden
- Auf Hydraulik umstellen

– Baumstämme Ø500mm x 5m haben das Volumen $V = \frac{\pi \cdot (0,5 \text{ m})^2}{4} \cdot 5 \text{ m} \approx 1 \text{ m}^3$

Da die Dichte heimischer Hölzer etwas unter der von Wasser liegt, wiegt dieser Stamm eine knappe Tonne, und das bedeutet, dass die geforderte Haltekraft etwa so groß ist wie die Gewichtskraft der (großen) Stämme, bei den kleineren Stämmen weit über ihrer eigenen Gewichtskraft. Auf den ersten Blick ist das recht viel, deshalb sollte man die Mechanik der Ausschleusung überdenken. Z.B. könnte man die Zylinder nur zum Aus- und Einfahren der Ausschleusklappen verwenden, die große Haltekraft aber in einer mechanischen Verriegelung aufnehmen → geringere Kolbenkräfte → kleinere Kolben und/oder weniger Luftdruck erforderlich.

- Die erforderliche Haltekraft hängt vermutlich auch vom Gewicht der Stämme ab. Deshalb könnte man die Zylinder oder den Betriebsdruck nach Sammelbereich abstimmen. Außerdem sollte man nicht die dünnsten (=leichtesten) Stämme ohne Ausschleusung in ihren Sammelbereich durchlaufen lassen, sondern die schwersten.
- Entsprechende Internetportale berechnen Druckluftkosten mit rund 2 Ct/m³ bei modernen Anlagen. Demgegenüber ist der hier genannte Preis von 10 €/m³ exorbitant hoch, sodass dringend die Druckluftherzeugungsanlage geprüft werden sollte.

SPS (20 P): Sensor begründen und geeignet anordnen, FBS Verknüpfungssteuerung, Normzylinder auswählen; Luftverbrauch mit Kosten,

tgtm HP 2017/18-4: Adapterplatte



Folgende Werkzeuge sind im Werkzeugmagazin vorhanden:

	Bezeichnung	Schneidstoff	d [mm]	z	v_c [m/min]	a_p [mm]	f_z / f [mm]	n [min ⁻¹]	v_f [mm/min]
T01	Walzenstirnfräser	HSS beschichtet	80	12	70	15	0,1		
T02	Schaftfräser	HSS beschichtet	12	4	65	12	0,032	1724	221
T03	Bohmtenfräser	HSS beschichtet	6	3	65	6	0,020	3448	207
T04	Bohmtenfräser	HM beschichtet	6	3	120	10	0,032	6366	611
T05	Spiralbohrer	HM beschichtet		-	37	-	0,30	841	252
T06	Spiralbohrer	HM beschichtet	16	-	37	-	0,32	736	236
T07	Gewindebohrer	HSS unbeschichtet	M16	-	11	-		219	-
T08	90° Kegelsenker	HSS beschichtet	40	-	32	-	0,14	509	71

- 1 Berechnen Sie für das Werkzeug T01 die einzustellende Drehzahl n und die Vorschubgeschwindigkeit v_f . 2,0
- 2 Die drei Gewinde M16x20 sollen gefertigt werden.
- 2.1 Bestimmen Sie die entsprechenden fehlenden technologischen Daten für die Werkzeuge T05 und T07. 2,0
- 2.2 Erstellen Sie einen Arbeitsplan. 2,0

Übernehmen Sie dafür die dargestellte tabellarische Vorlage.

	Fertigungsschritt	Werkzeug
1		
2		
3		

- 2.3 Die zugehörigen Kernlochbohrungen sind gefertigt. 5,0
Entwickeln Sie den CNC-Programmteil für das Senken und Gewindebohren unter Verwendung geeigneter Zyklen beginnend mit dem Punkt P7. Starten und enden Sie am Werkzeugwechsellpunkt.
- 3 Wählen Sie für die Fertigung der Rechtecktasche das am besten geeignete Werkzeug aus dem Magazin aus und begründen Sie Ihre Wahl aus technologischer und wirtschaftlicher Sicht. 2,0
- 4 Die Außenkontur P1 bis P6 soll gefertigt werden. Der Walzenstirnfräser T01 ist bereits eingewechselt.

Folgender Programmteil des Hauptprogramms ist gegeben:

N08	G0	X-10	Y-45	Z100
N10	G0			Z1
N12	G22	L100	H2	
N14	...			

- 4.1 Ermitteln Sie die Koordinaten des Konturpunktes P3. 2,0
Dokumentieren Sie den Rechenweg und stellen Sie die geometrischen Gegebenheiten in einer Skizze dar.
- 4.2 Entwickeln Sie das Unterprogramm zur Fertigung der Außenkontur. 5,0

20,0



- | | | |
|-----|---|------|
| 5 | Die Specht & Wood GmbH möchte zukünftig als Zulieferer für die Möbelindustrie einsteigen und benötigt daher ein spezielles Dreh- und Fräszentrum. Für das erste Geschäftsjahr wird eine Abnahmemenge von 2.000 Stück prognostiziert. Für dieses spezielle Dreh- und Fräszentrum liegt bereits ein Angebot von der Pfaus GmbH vor (Anlage 3). Unsere Hausbank bietet zwei verschiedene Darlehensarten an (Anlage 4). Aufgrund der angespannten Liquiditätsslage bei der Specht & Wood GmbH wird der Nettopreis für das Dreh- und Fräszentrum zu 100 % fremdfinanziert. | |
| 5.1 | Entwerfen Sie die jeweiligen Tilgungspläne zu den zwei angebotenen Darlehensarten auf dem Arbeitsblatt 2. | 4,0 |
| 5.2 | Vergleichen Sie die Liquiditätsbelastung der zwei Darlehensangebote mit dem Leasingangebot (rechnerisch) für den Zeitraum von 4 Jahren. | 2,0 |
| 6 | In der augenblicklichen finanziellen Situation der Specht & Wood GmbH würde sich noch eine andere Darlehensart anbieten. Erläutern und begründen Sie diese. | 2,0 |
| 7 | Nennen Sie mindestens vier Gründe, die unabhängig von der Liquidität für die Leasingalternative sprechen. | 2,0 |
| | | 10,0 |

Anlage 3: Angebot

*Pfaus GmbH
Schönbaumallee 22
88400 Biberach*

*Empfänger:
Specht & Wood GmbH
Schlossgasse 12
70714 Stuttgart*

*Angebot Nr. 123 15.03.2018
Sehr geehrter Herr Mosner,*

*vielen Dank für Ihr Interesse an unseren Produkten und Dienstleistungen.
Hiermit unterbreiten wir Ihnen folgendes Angebot.*

FX399 Dreh- und Fräszentrum für technisch anspruchsvolle Werkstücke

Kaufpreis 420.000,00 € netto, zuzüglich 19 % Umsatzsteuer

Lieferung: Frei Haus

Zahlbar innerhalb 20 Tage rein netto

Alternativ bieten wir ihnen an:

Leasingvertrag

Bei einer unkündbaren Grundmietzeit von 3 Jahren betragen die monatlichen Leasingraten 12.999,99 €. Die Leasingrate sinkt auf monatlich 3.999,99 € bei Vertragsverlängerung.

Für weitere Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Über Ihren Auftrag würden wir uns freuen.

Mit freundlichen Grüßen

*Philipp Pfaus
Pfaus GmbH*



Anlage 4: Kreditangebot der Hausbank:

....können wir Ihnen folgendes Kreditangebot unterbreiten:

Darlehensarten:

Abzahlungsdarlehen	Zinssatz 5 %, Auszahlung 100 %, Kreditlaufzeit 4 Jahre, Zinsbindung 4 Jahre fest jährliche Tilgung am Jahresende
Annuitätendarlehen	Zinssatz 5 %, Auszahlung 100 %, Kreditlaufzeit 4 Jahre, Zinsbindung 4 Jahre fest, Tilgung im 1.Jahr 97.444,97 €.

Zu Aufgabe 4.5.1:

Abzahlungsdarlehen

Jahr	Kreditsumme am Jahresanfang in €	Tilgung in €	Zinsen in €	Mittelabfluss / Liquiditätsbelastung in €
	Summe In €			

Annuitätendarlehen

Jahr	Kreditsumme am Jahresanfang in €	Tilgung in €	Zinsen in €	Mittelabfluss / Liquiditätsbelastung in €
	Summe In €			



Lösungen

CNC (20 P): Einstellwerte aus vorgegebenen Schnittdaten, Werkzeugauswahl, Arbeitsplan für Sonderfall, Teilkreiszyklus, Unterprogramm für Kontur

1 Einstelldaten

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{70 \text{ m/min}}{\pi \cdot 80 \text{ mm}} = 278 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{U} \cdot \text{Zahn}} \cdot 12 \text{ Zahn} \cdot 278 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 334 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

2 Gewinde

2.1 Werkzeuge (→ [EuroTabM] „Gewinde“)

T05: d = 14 mm (= BohrerØ für Gewindekernloch M16)

T07: f = 2 mm (= Steigung eines Gewindes M16)

2.2 Arbeitsplan [EuroTabM] „Gewindebohren (Übersicht)“

Normalfall	Sonderfall HM-Spiralbohrer und 90°-Senker (ist gegeben)
1) Zentrieren + Ansenken mit T08 Senker 2) Vorbohren Ø14 mit T05 Spiralbohrer 3) Gewindebohren M16 mit T07	1) Vorbohren Ø14 mit T05 2) Zentrieren mit T08 3) Gewindebohren M16 mit T07

Hinweis 28: Hartmetall-Spiralbohrer vertragen sich nicht mit 90°-Senkungen, deshalb wird bei dieser Kombination ohne Zentrieren vorgebohrt und danach gesenkt.

Ein Korrektor sollte m.E. die Bedeutung solchen fachspezifischen Spezialwissens für die Allgemeine Hochschulreife in die Bewertung einfließen lassen.

2.3 Gewindebohrung

N.. G00 X-150 Y-150 Z-150 T08 S509 F71 M3 ; 90°-Kegelsenker
 N.. G00 X50 Y80 ; etwa 1. Bohrung
 N.. G00 Z2 ;
 N.. G81 ZA-10 V2 ; Bohrzyklus
 N.. G77 Z0 R55 AN115 AP205 AI45 O3 IA100 JA100 ; Teilkreiszyklusaufruf

N.. G00 X-150 Y-150 Z-150 T07 S219 F2 M3 ; Gewindebohrer
 N.. G00 X50 Y80 ; etwa 1. Bohrung
 N.. G00 Z2 ;
 N.. G84 ZA-20 F2 M3 V2 ; Gewindebohrzyklus
 N.. G77 Z0 R55 AN115 AP205 AI45 O3 IA100 JA100 ; Teilkreiszyklusaufruf

N.. G00 X-150 Y-150 Z-150 M15 ; Rücksturz zur Erde

Bemerkungen:

Im Teilkreiszyklus G77 entfällt eine der Adressen AN205, AP115, AI45 oder O3. Statt des Teilkreiszyklus G77 kann man die Zyklen auch einzeln aufrufen:

Polare Zyklusaufrufe:

N.. G78 IA100 JA100 Z0 RP55 AP205
 N.. G78 IA100 JA100 Z0 RP55 AP160
 N.. G78 IA100 JA100 Z0 RP55 AP115

Kartesische Zyklusaufrufe (Koordinaten müssen berechnet werden):

N.. G79 X50,153 Y77,756 Z0
 N.. G79 X48,317 Y118,811 Z0
 N.. G79 X76,756 Y149,847 Z0



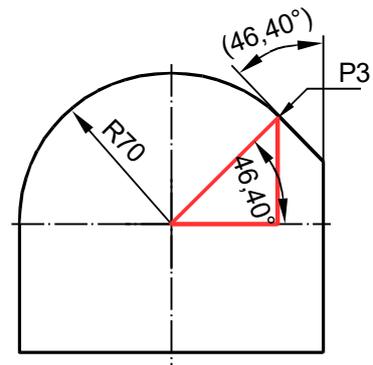
- 3 Grundsätzlich sind für die Rechtecktasche 40x60 mit den Ecken R8 die Bohrnutenfräser $\varnothing 6$ und der Schafffräser $\varnothing 12$ geeignet. Die Bohrnutenfräser haben den Vorteil, dass sie senkrecht eintauchen können, aber das ist in der Rechtecktasche nicht zwingend erforderlich.

Das Werkzeug T04 aus HM erlaubt wegen der 2,7fach möglichen Vorschubgeschwindigkeit v_f etwas schnelleres Arbeiten als T02 Schafffräser mit dem doppelten Durchmesser, die kleinere Schnitttiefe spielt hier keine Rolle, da in beiden Fällen 3 Schnitte erforderlich sind. Für T03 und insbesondere T02 sprechen der geringere Preis der Werkzeuge.

Hinweis 29: Bei solchen Fragen kommt es nicht darauf an, die einzig richtige Antwort zu geben, sondern eine vernünftige Begründung für seine Wahl zu finden, die mit der Aufgabe zusammenhängt. Welches die wirklich beste Wahl ist, stellt sich auch in der Praxis oft erst dann heraus, wenn die realen Probleme auftreten ...

4 Außenkontur

- 4.1 $P3_x = 100 + R70 \cdot \cos 46,40^\circ = 148,273 \text{ mm}$
 $P3_y = 100 + R70 \cdot \sin 46,40^\circ = 150,692 \text{ mm}$



4.2

Hauptprogramm

N.. G00 X-10 Y-45 ; Verlängerung P1-P2
 N.. G00 Z1 ;
 N.. G22 L100 H2 ; ruft 2x das Unterprogramm L100 auf

Unterprogramm L100 (hier in absoluten Werten, ist auch inkremental möglich)

N.. G41 ; Bahnkorrektur links
 N.. G00 ZI-13 ; In 2 Schnitten von ZA1 auf ZA-25
 N.. G01 X30 Y40 ; P1
 N.. G01 Y100 ; P2
 N.. G02 X148,273 Y150,692 R70 ; P3
 N.. G01 X170 Y130 ; P4
 N.. G01 Y40 ; P5
 N.. G01 X-2 ; P6 und weiter
 N.. G01 X-10 Y45 ; Startpunkt
 N.. G40
 N.. M17 ; Unterprogramm Ende



tgtn HP 2016/17-0: Sägeautomat

Szenario

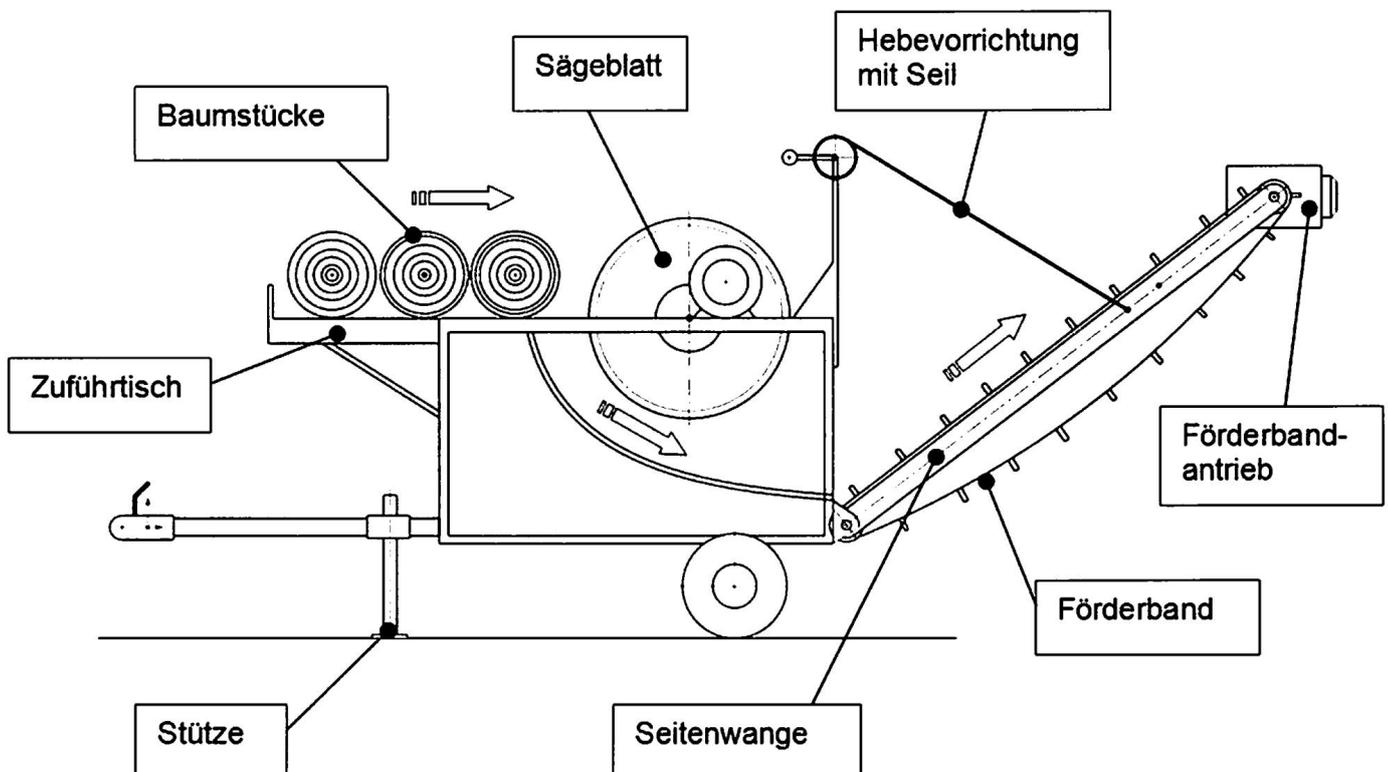
Alle Aufgaben beziehen sich auf das nachfolgend skizzierte Unternehmen.

Die Firma Edwin Holzer e.K. hat 40 Mitarbeiter und ist Hersteller von Maschinen für den Brennholzbedarf. Hauptsächlich werden mobile Sägeautomaten für Baumstücke und Verpackungsstationen für Holzbriketts hergestellt.

Unten dargestellter Sägeautomat verfügt über eine Kreissäge und ein Förderband über welches die zersägten Baumstücke in einen Container weiterbefördert werden.

Die gesamte Einheit ist auf einem einachsigen Anhänger montiert.

Steht der Anhänger auf seiner Stütze, werden vom Bediener Baumstücke auf den Zuführtisch gelegt und durch die Kreissäge halbiert. Durch eine Rutsche gelangen die zerteilten Stücke auf das Förderband und werden abtransportiert. Das Förderband kann mittels einer Hebevorrichtung der Containerhöhe angepasst werden.

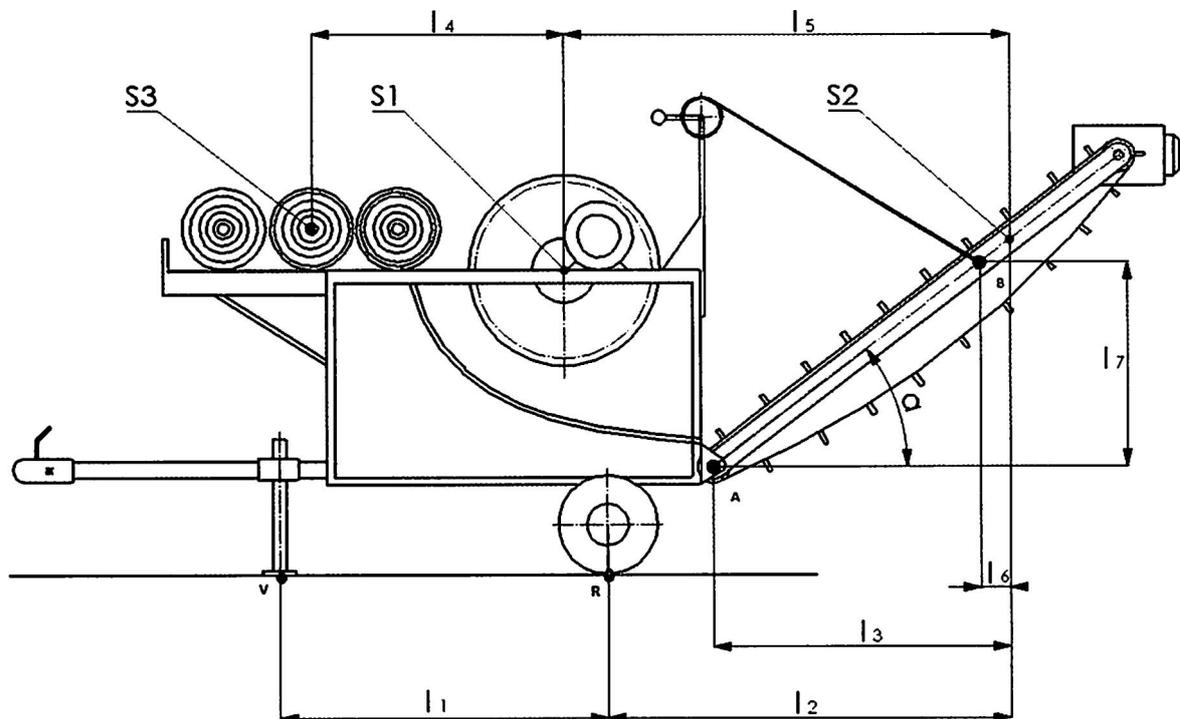




tgtm HP 2016/17-1: Sägeautomat

(Pflichtaufgabe)

In seiner Grundstellung steht der Sägeautomat auf zwei Rädern und einer Stütze in waagerechter Position.



Daten

Sägeautomat: $F_{G1} = 4500 \text{ N}$ in S1
 Förderband: $F_{G2} = 1150 \text{ N}$ in S2
 Baumstücke: $F_{G3} = 1800 \text{ N}$ in S3

Abmessungen: $l_1 = 1750 \text{ mm}$
 $l_2 = 1880 \text{ mm}$
 $l_3 = 1450 \text{ mm}$
 $l_4 = 1100 \text{ mm}$
 $l_5 = 2400 \text{ mm}$
 $l_6 = 200 \text{ mm}$
 $l_7 = 920 \text{ mm}$

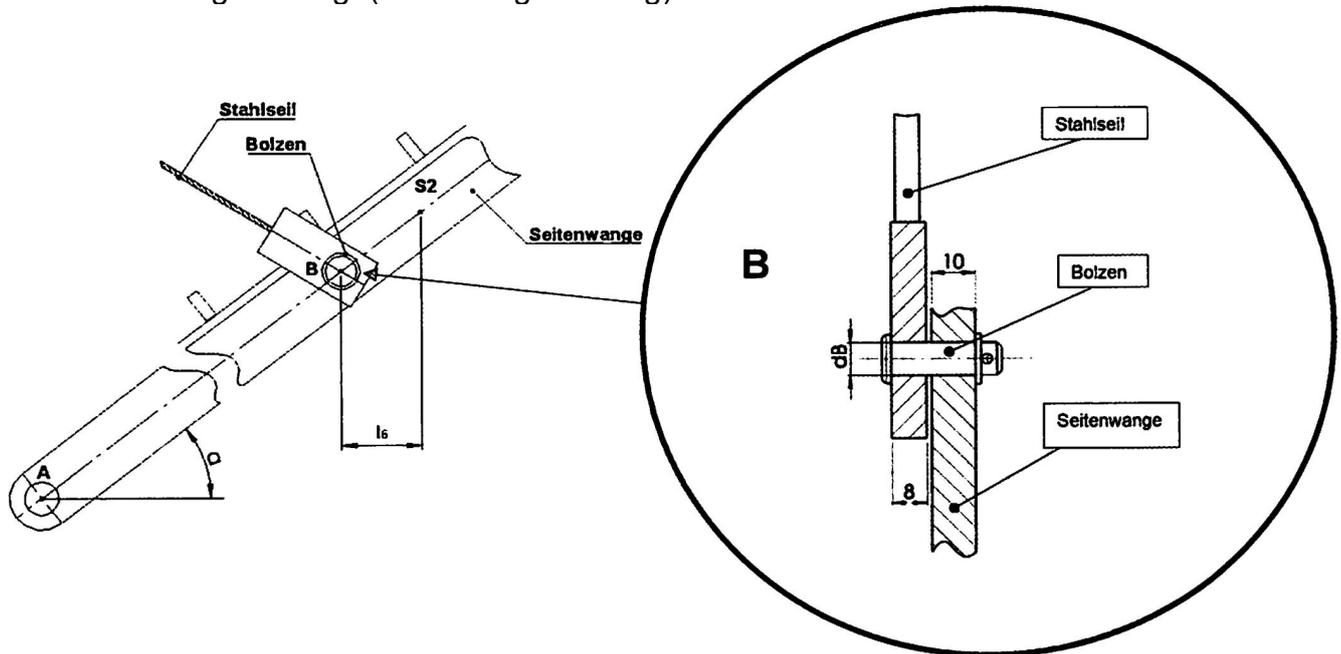
Sägeautomat

- 1 Machen Sie den Sägeautomat in seiner Grundstellung frei. 2,0
- 2 Berechnen Sie die Achskraft F_R , sowie die Stützkraft F_V . 3,0
- 3 Für Wartungsarbeiten wird das Förderband mit Hilfe der Hebevorrichtung abgesenkt. Währenddessen liegen keine Baumstücke auf dem Zuführtisch ($F_{G3} = 0$).
 - 3.1 Berechnen Sie, welche Länge $l_{3\text{neu}}$ zulässig ist, ohne dass der Anhänger kippt. 3,0
 - 3.2 Bestimmen Sie den Neigungswinkel α_{kippt} , wenn $l_{3\text{neu}} = 1600 \text{ mm}$ beträgt. Dokumentieren Sie den Lösungsweg. 3,0



Förderbandbefestigung

Das Förderband kann durch eine Hebevorrichtung in seiner Neigung α verstellt werden. Hierzu ist an den beiden Seitenwangen des Förderbandes im Punkt B je ein Stahlseil mit Hilfe einer Bolzenverbindung befestigt (siehe Vergrößerung).



Daten des Bolzens ISO 2341 B

Zulässige Flächenpressung:	$p_{zul} = 60 \text{ N/mm}^2$
Scherfließgrenze:	$T_{aF} = 141 \text{ N/mm}^2$
Sicherheit gegen Abscheren:	$v = 3$

Daten der Stahlseilaufhängung

Maximale Haltekraft pro Seil:	$F_{s,max} = 1200 \text{ N}$
Durchmesser Einzeldraht:	$d = 0,5 \text{ mm}$
Streckgrenze des Stahlseils:	$R_e = 1100 \text{ N/mm}^2$
Sicherheit gegen plastische Verformung:	$v = 6$

Daten der Seitenwange in der momentanen Stellung

Gewichtskraft (beladen) je Wange in S2:	$F_{G2,max} = 1050 \text{ N}$
Winkel des Förderbands:	$\alpha = 36^\circ$
Werkstoff der Seitenwange:	S235JR
Sicherheit gegen Verbiegen:	$v = 5$
Längenmaß:	$l_6 = 200 \text{ mm}$

4 Stahlseil und dessen Befestigung

4.1 Dimensionieren Sie den erforderlichen genormten Bolzendurchmesser d_B bei einer maximal auftretenden Kraft pro Seil von $F_{s,max} = 1200 \text{ N}$. 4,0

4.2 Berechnen Sie die erforderliche Anzahl der Einzeldrähte eines Seils. 3,0

5 Seitenwange des Förderbands

5.1 Bestimmen Sie die Lage und berechnen Sie den Betrag des maximalen Biegemoments $M_{b,max}$ in einer Seitenwange. 4,0

5.2 Die Seitenwangen werden aus einem Rechteckprofil hergestellt. 3,0

Dimensionieren Sie für $M_{b,max} = 210 \text{ Nm}$ die Höhe des Profils einer Seitenwange und wählen Sie einen geeigneten warmgewalzten Flachstahl aus.



Lagerung der Sägeblattwelle

6 Die Sägeblattwelle verbindet Sägeblatt mit Elektromotor. Sie ist mittels Fest-Los-Lagerung gelagert.

Folgende Lager sind verbaut:

- Rillenkugellager DIN 625-6010
- Zylinderrollenlager DIN 5412-NU 1010

6.1 Erläutern Sie die grundsätzliche Notwendigkeit einer Fest-Los-Lagerung. 1,0

6.2 Begründen Sie, welches der beiden Lager zwingend die Aufgabe des Loslagers übernehmen muss. 2,0

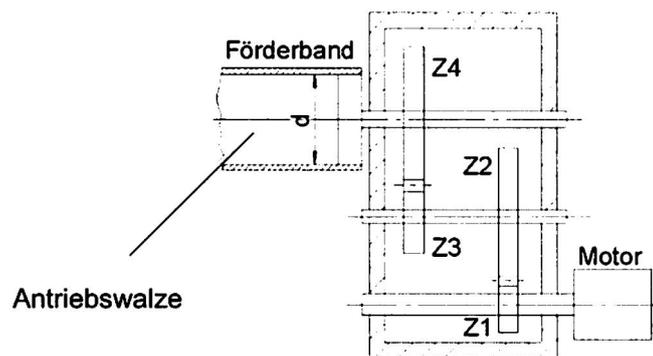
6.3 Für das eingebaute Zylinderrollenlager sind folgende Angaben zu berücksichtigen: 3,0

- Drehzahl der Welle: $n_w = 1450 \text{ min}^{-1}$
- Radiale Lagerbelastung: $F_R = 1925 \text{ N}$
- Nominelle Lebensdauer: $L_{10h} = 8000 \text{ h}$

Weisen Sie nach, dass das Zylinderrollenlager der Belastung standhält.

Förderbandantrieb

7 Das Förderband wird durch einen Elektromotor über ein zweistufiges Getriebe angetrieben.



Daten des Förderantriebs

Motordrehzahl:	$n_M = 900 \text{ min}^{-1}$
Maximal zulässige Bandgeschwindigkeit:	$V_{B,max} = 0,4 \text{ m/S}$
Gesamtübersetzung:	$i_{ges} = 15$
Zähnezahlen:	$z_1 = 14, z_2 = 56$
Umfangskraft am Band:	$F_B = 850 \text{ N}$
Wirkungsgrade: Band	$\eta_B = 0,7$
Getriebe	$\eta_G = 0,92$
Motor	$\eta_M = 0,9$

7.1 Für die zweite Getriebestufe stehen vier unterschiedliche Zahnräder zu Verfügung. 3,0
Mögliche Zähnezahlen: $z = 24; z = 20; z = 75; z = 90$.

Bestimmen Sie die geeigneten Zähnezahlen z_3 und z_4 unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten und begründen Sie Ihre Wahl.

7.2 Dimensionieren Sie den Durchmesser d der Antriebswalze am Förderband, wenn vom Zulieferer zwei Walzenvarianten von 120 mm und 130 mm Durchmesser lieferbar sind. 3,0

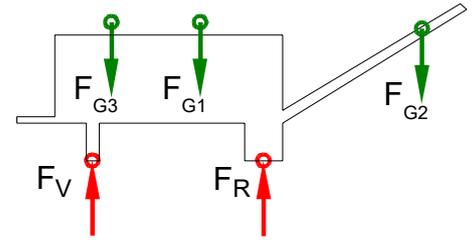
7.3 Ermitteln Sie die vom Motor aufzunehmende elektrische Leistung P_{el} . 3,0

40,0



Lösungen

Statik (11 P): Benannte BG freimachen; Auflagerkräfte, Kippen (eigenwillige Bemaßung, korrekturfunktion); Dreieck berechnen (umständlich)
 Festigkeit (14 P): BolzenØ; Drahtseil, Mbmax (einfach); Profil gegen Biegen
 ME (6 P): Fest-/Loslager begründen; Wälzlager überprüfen
 Getriebe (9 P): Diverse; Zahnradpaarungen auswählen



- 1 Lageskizze Sägeautomat mit Baumstücken
 Hinweis 30: In der Aufgabe sind die Baumstücke (F_{G3}) nicht ausdrücklich gefordert, man könnte sie also weglassen.

$$\begin{aligned} \Sigma M_V = 0 &= -F_{G3} \cdot (l_1 + l_2 - l_4 - l_5) - F_{G1} \cdot (l_1 + l_2 - l_5) - F_{G2} \cdot (l_1 + l_2) + F_R \cdot l_1 \Rightarrow \\ F_R &= \frac{F_{G3} \cdot (l_1 + l_2 - l_4 - l_5) + F_{G1} \cdot (l_1 + l_2 - l_5) + F_{G2} \cdot (l_1 + l_2)}{l_1} \\ &= \frac{1800 \text{ N} \cdot (1,75 + 1,88 - 1,1 - 2,4) + 4500 \text{ N} \cdot (1,75 + 1,88 - 2,4) + 1150 \text{ N} \cdot (1,75 + 1,88)}{1,75} \\ &= \frac{1800 \text{ N} \cdot 130 \text{ mm} + 4500 \text{ N} \cdot 1230 \text{ mm} + 1150 \text{ N} \cdot 3630 \text{ mm}}{1750 \text{ mm}} = 5682 \text{ N} \end{aligned}$$

oder

$$\begin{aligned} \Sigma M_R = 0 &= -F_V \cdot l_1 + F_{G3} \cdot (l_4 + l_5 - l_2) + F_{G1} \cdot (l_5 - l_2) - F_{G2} \cdot l_2 \Rightarrow \\ F_V &= \frac{+F_{G3} \cdot (l_4 + l_5 - l_2) + F_{G1} \cdot (l_5 - l_2) - F_{G2} \cdot l_2}{l_1} \\ &= \frac{+1800 \text{ N} \cdot (1100 + 2400 - 1880) \text{ mm} + 4500 \text{ N} \cdot (2400 - 1880) \text{ mm} - 1150 \text{ N} \cdot 1880 \text{ mm}}{1750 \text{ mm}} \\ &= \frac{+1800 \text{ N} \cdot 1620 \text{ mm} + 4500 \text{ N} \cdot 520 \text{ mm} - 1150 \text{ N} \cdot 1880 \text{ mm}}{1750 \text{ mm}} = 1768 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_V + F_R - F_{G1} - F_2 - F_G \Rightarrow$$

$$F_R = F_{G1} + F_2 + F_G - F_V = 4500 \text{ N} + 1150 \text{ N} + 1800 \text{ N} - 1768 \text{ N} = 5682 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Vx}$$

- 3 Im Moment des Kippens ist $F_V = 0$

$$3.1 \quad \Sigma M_R = 0 = +F_{G1} \cdot (l_5 - l_2) - F_{G2} \cdot l_{2\text{neu}} \Rightarrow$$

$$l_{2\text{neu}} = (l_5 - l_2) \cdot \frac{F_{G1}}{F_{G2}} = (2400 - 1880) \text{ mm} \cdot \frac{4500 \text{ N}}{1150 \text{ N}} = 2034,8 \text{ mm}$$

$$\Delta l_{\text{neu}} = l_{2\text{neu}} - l_2 = 2034,8 \text{ mm} - 1880 \text{ mm} = 154,8 \text{ mm}$$

$$l_{3\text{neu}} = l_3 + \Delta l_{\text{neu}} = 1450 \text{ mm} + 154,8 \text{ mm} = 1605 \text{ mm}$$

- 3.2 Länge l von A bis S₂:

$$\alpha = \arctan \frac{l_7}{l_3 - l_6} = \arctan \frac{920 \text{ mm}}{1450 \text{ mm} - 200 \text{ mm}} = 36,35^\circ$$

$$l_{A-S2} = \frac{l_3}{\cos \alpha} = \frac{1450 \text{ mm}}{\cos 36,35^\circ} = 1800,4 \text{ mm}$$

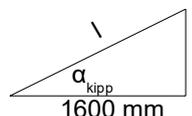
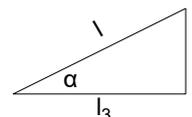
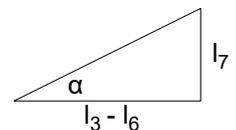
oder

$$l_{A-B} = \sqrt{(l_3 - l_6)^2 + l_7^2} = \sqrt{(1450 - 200)^2 + 920^2} \text{ mm} = 1552,1 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{A-S2}}{l_{A-B}} = \frac{l_3}{l_3 - l_6} \Rightarrow l_{A-S2} = \frac{l_3}{l_3 - l_6} \cdot l_{A-B} = \frac{1450 \text{ mm}}{1450 \text{ mm} - 200 \text{ mm}} \cdot 1552,1 \text{ mm} = 1800,4 \text{ mm}$$

Kippwinkel α_{Kipp}

$$\alpha_{\text{Kipp}} = \arccos \frac{1600 \text{ mm}}{1800,4 \text{ mm}} = 27,3^\circ$$





4 Stahlseil

4.1 Bolzendurchmesser

gegen Flächenpressung :

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F}{p_{zul}} = \frac{1200 \text{ N}}{60 \text{ N/mm}^2} = 20 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot s \Rightarrow d_{erf} = \frac{A}{b} = \frac{20 \text{ mm}^2}{8 \text{ mm}} = 2,5 \text{ mm}$$

gegen Scherung

$$\frac{\tau_{aF}}{V} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aF}}{V} = \frac{141 \text{ N/mm}^2}{3} = 47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_{Smax}}{\tau_{azul}} = \frac{1200 \text{ N}}{47 \text{ N/mm}^2} = 25,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 25,5 \text{ mm}^2}{\pi}} = 5,7 \text{ mm}$$

Maßgeblich ist der größere Durchmesser 5,7 mm

Gewählt: Bolzen ISO 2341 – B – 6x22 mit $d_B = 6 \text{ mm}$

Hinweis 31: Es ist nur der genormte Durchmesser gefordert, nicht die genormte Angabe des ganzen Bolzens.

4.2 Drahtseil

$$S_{Draht} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,5 \text{ mm})^2}{4} = 0,196 \text{ mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{zlim}}{V} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_m}{V} = \frac{1100 \text{ N/mm}^2}{6} = 183,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F}{\sigma_{zzul}} = \frac{1200 \text{ N}}{183,3 \text{ N/mm}^2} = 6,55 \text{ mm}^2$$

$$n_{erf} = \frac{S_{erf}}{S_{Draht}} = \frac{6,55 \text{ mm}^2}{0,196 \text{ mm}^2} = 33,3 \approx 34$$

Erforderlich sind mindestens 34 Einzeldrähte.



5 Biegemoment

- 5.1 Das maximale Biegemoment kann nur an einem inneren Kräfteinleitungspunkt liegen, also nur an der Stelle B.

$$M_{bB} = F_{G2max} \cdot l_6 = 1050 \text{ N} \cdot 200 \text{ mm} = 210 \text{ Nm}$$

5.2 Rechteckprofil wählen

$R_e = 235 \text{ N/mm}^2$ (aus der Bezeichnung von S235)

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

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{V} = \frac{282 \text{ N/mm}^2}{5} = 56,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{210 \text{ Nm}}{56,4 \text{ N/mm}^2} = 3,72 \text{ cm}^3$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} \Rightarrow$$

$$h_{erf} = \sqrt{\frac{6 \cdot W_{erf}}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 3,72 \text{ cm}^3}{10 \text{ mm}}} = 47,3 \text{ mm}$$

Gewählt: Flachstahl EN 10058 – 50 x 10 – S235JR

Hinweis 32: In der Formel für das Widerstandsmoment und in der Bezeichnung von Flachstählen werden die Abkürzungen b und h unterschiedlich verwendet.

6 Sägeblattwelle

- 6.1 Bauteile wie Wellen und Brücken müssen an einem Ort fixiert sein, aber auch Längenänderungen in sich oder z.B. durch Temperaturschwankungen ermöglichen. Festlager sind axial unbeweglich (übertragen Axialkräfte) und fixieren die Teile in axialer Richtung.

Loslager sind axial beweglich (= nehmen keine Axialkräfte auf) und notwendig, damit sich Wellen (Brücken..) unter Wärmeeinfluss o.ä. axial ausdehnen können.

- 6.2 Zylinderrollenlager DIN 5412 (Form N ohne Bord) können in sich keine Axialkräfte übertragen und sind deshalb ausschließlich für Loslager geeignet.

Hinweis 33 (nicht gefragt): Rillenkugellager sind diesbezüglich flexibler, da sie axiale Kräfte übertragen können, aber bei geeigneter Einbaupassung nicht müssen.



- 6.3 Tragzahl C = 29 kN (aus Wälzlagertabelle, Lagerart Reihe NU10, Kennziffer 10)
 Äquivalente Belastung P = 1 · 1925 N + 0 = 1950 N (reine Radiallast)

Hinweis 34: Die nominelle Lebensdauer L_{10h} kann man mit einer ingenieurs-typischen Zahlenwertgleichung berechnen: Darin setzt man Werte in vorgegebenen Einheiten ein und rechnet danach mit den Zahlen ohne die Einheiten zu beachten. Die Einheiten, die nicht umgerechnet werden dürfen (!), sind hier mit [eckigen Klammern] gekennzeichnet.

$$L_{10h} = \left(\frac{16666}{n} \right) \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p = \left(\frac{16666}{1450 [\text{min}^{-1}]} \right) \cdot \left(\frac{29 \text{ kN}}{1,925 \text{ kN}} \right)^{\frac{10}{3}} = 97056 [h] > 8000 h \Rightarrow \text{reicht aus!}$$

oder

$$n_{zul} = \left(\frac{16666}{L_{10h}} \right) \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p = \left(\frac{16666}{8000 [h]} \right) \cdot \left(\frac{29 \text{ kN}}{1,925 \text{ kN}} \right)^{\frac{10}{3}} = 17600 [\text{min}^{-1}] > 1450 \text{ min}^{-1} \Rightarrow \text{reicht aus!}$$

oder

$$C_{erf} = P \cdot \sqrt[p]{\frac{L_{10h} \cdot n}{16666}} = 1,925 \text{ kN} \cdot \sqrt[\frac{10}{3}]{\frac{8000 [h] \cdot 1450 [\text{min}^{-1}]}{16666}} = 13,7 \text{ kN} < 29 \text{ kN} \Rightarrow \text{reicht aus!}$$

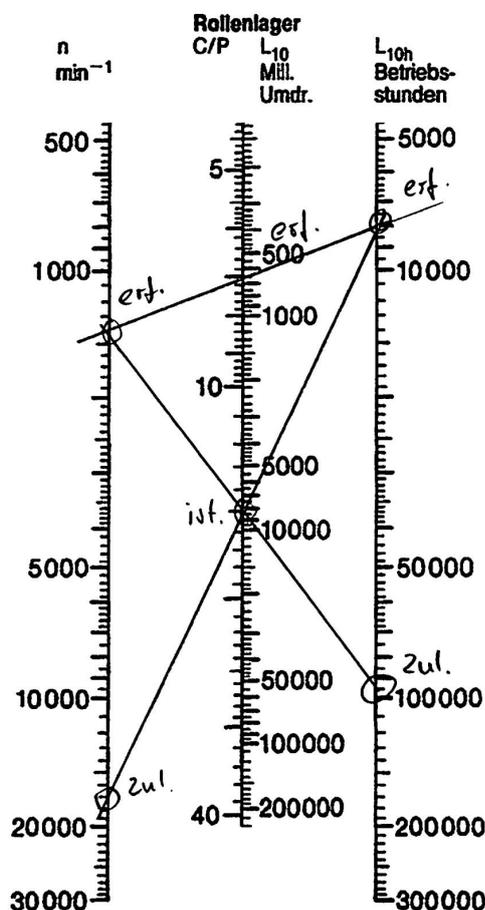
oder

$$\left(\frac{C}{P} \right)_{erf} = \sqrt[p]{\frac{L_{10h} \cdot n}{16666}} = \sqrt[\frac{10}{3}]{\frac{8000 [h] \cdot 1450 [\text{min}^{-1}]}{16666}} = 7,125 < 15 = \left(\frac{C}{P} \right) = \left(\frac{29 \text{ kN}}{1,925 \text{ kN}} \right) \Rightarrow \text{reicht aus!}$$

oder

$$P = C \cdot \sqrt[p]{\frac{16666}{n \cdot L_{10h}}} = 29 \text{ kN} \cdot \sqrt[\frac{10}{3}]{\frac{16666}{1450 [\text{min}^{-1}] \cdot 8000 [h]}} = 4,07 \text{ kN} > 1925 \text{ N} = F_R = P_{erf} \Rightarrow \text{reicht aus!}$$

oder eine der Linien in der Leitertafel: Immer liegt der vorhandene oder zulässige Wert über dem erforderlichen.





7 Getriebe

$$7.1 \quad i_1 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{56}{14} = 4$$

$$i_{ges} = i_1 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{i_{ges}}{i_1} = \frac{15}{4} = 3,75$$

$$i_2 = \frac{z_4}{z_3} \Rightarrow z_4 = 3,75 \cdot z_3$$

Gewählt:

Das kleinere Paar $z_3 = 20$ und $z_4 = 75$: weniger Kosten, Platzbedarf, Gewicht ...
oder

Das größere Paar $z_3 = 24$ und $z_4 = 90$, weil es langsamer verschleißt und geringere Wartungskosten verursacht.

Hinweis 35: Bei solchen Aufgaben kommt es weniger auf die konkrete Entscheidung als mehr auf die passende Begründung an.

$$7.2 \quad i_1 = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} \Rightarrow n_B = \frac{n_M}{i_{ges}} = \frac{900 \text{ min}^{-1}}{15} = 60 \text{ min}^{-1} = 1 \text{ s}^{-1}$$

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow d_{max} = \frac{v_{max}}{\pi \cdot n_B} = \frac{0,4 \text{ m/s}}{\pi \cdot 60 \text{ min}^{-1}} = \frac{0,4 \text{ m/s}}{\pi \cdot 1 \text{ s}^{-1}} = 127 \text{ mm}$$

Gewählt: $d = 120 \text{ mm}$ (mit $d = 130 \text{ mm}$ wird die zulässige Bandgeschwindigkeit überschritten)

$$7.3 \quad \eta_{ges} = \eta_B \cdot \eta_G \cdot \eta_M = 0,7 \cdot 0,92 \cdot 0,9 = 0,5796$$

$$v_B = \pi \cdot n_B \cdot d_{gewählt} = \pi \cdot \frac{1}{s} \cdot 120 \text{ mm} = 377 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$P_B = F_B \cdot v_B = 850 \text{ N} \cdot 0,377 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 320,4 \text{ W}$$

$$\eta_{ges} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{el} = \frac{P_B}{\eta_{ges}} = \frac{320,4 \text{ W}}{0,5796} = 552,9 \text{ W}$$

oder

$$M_B = \frac{F_B \cdot d}{2} = \frac{850 \text{ N} \cdot 0,120 \text{ m}}{2} = 51 \text{ Nm}$$

$$P_B = 2 \cdot \pi \cdot M_B \cdot n_B = 2 \cdot \pi \cdot 51 \text{ Nm} \cdot 60 \text{ min}^{-1} = 320,4 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{el} = \frac{P_B}{\eta_{ges}} = \frac{320,4 \text{ W}}{0,5796} = 552,9 \text{ W}$$

oder

$$M_B = \frac{F_B \cdot d}{2} = \frac{850 \text{ N} \cdot 0,120 \text{ m}}{2} = 51 \text{ Nm}$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow M_M = \frac{M_B}{i_{ges} \cdot \eta_B \cdot \eta_G} = \frac{51 \text{ Nm}}{15 \cdot 0,7 \cdot 0,92} = \frac{51 \text{ Nm}}{15 \cdot 0,644} = 5,28 \text{ Nm}$$

$$P_M = 2 \cdot \pi \cdot M_M \cdot n_M = 2 \cdot \pi \cdot 5,28 \text{ Nm} \cdot 900 \text{ min}^{-1} = 497,6 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{el} = \frac{P_M}{\eta_M} = \frac{497,6 \text{ W}}{0,9} = 552,9 \text{ W}$$

Hinweis 36: Den Umweg über Motormoment und Motorleistung könnte man sich sparen. Es gibt zwar kein „elektrisches Moment“, aber Mathematik ist manchmal nicht pingelig und liefert trotzdem die richtigen Ergebnisse.



tgtm HP 2016/17-2: Edwin Holzer e.K.

(Pflichtaufgabe)

Die Abnehmer der Sägeautomaten der Edwin Holzer e.K. sind vornehmlich deutsche Sägewerke. Der Absatz der Sägeautomaten ist in den letzten Jahren stetig gewachsen und die Nachfrage ausländischer Sägewerke nimmt ebenfalls stark zu. Um die nötige Finanzkraft für die weitere Expansion seines Unternehmens zu sichern, will Edwin Holzer zwei weitere Gesellschafter in sein Unternehmen aufnehmen und dieses in eine GmbH umwandeln.

Der Gesellschaftsvertrag der GmbH enthält folgende Regelungen und Inhalte:

- § 1 Firma und Sitz der Gesellschaft:
Edwin Holzer GmbH mit Sitz in Bietigheim-Bissingen
 - § 2 Gegenstand des Unternehmens:
Geschäftszweck der GmbH ist die Herstellung und der Vertrieb von Sägeautomaten und Verpackungsstationen.
 - § 3 Stammkapital: 1.000.000,00 €
 - § 4 Nennbeträge der Geschäftsanteile:
Edwin Holzer 600.000,00 €
Julia Schmidt 300.000,00 €
Adrian Klein 100.000,00 €
 - § 5 Geschäftsführung und Vertretung:
Als Geschäftsführer wird Edwin Holzer eingesetzt, der Einzelgeschäftsführungs- und Einzelvertretungsbefugnis erhält.
- Bietigheim-Bissingen, den 02.01.2016

Hinweis: Für im Gesellschaftsvertrag nicht weitergehend erfasste Regelungen und Inhalte soll das GmbHG herangezogen werden.

- 1 Nennen Sie die für die Edwin Holzer GmbH zwingend notwendigen Organe und beschreiben Sie kurz zwei grundlegende Aufgaben des jeweiligen Organs. 3,0
- 2 Erläutern Sie zwei Vorteile, die sich für Edwin Holzer durch die Umwandlung seines Unternehmens in eine GmbH ergeben. 3,0
Bei der Lösung folgender Fälle können Sie die Gesetzestexte zu Hilfe nehmen.
- 3 Die notarielle Beurkundung des Gesellschaftsvertrages erfolgte am 11.01.2016. 2,0
Die Handelsregistereintragung am 20.01.2016.
Beurteilen Sie, wann die GmbH entstanden ist.
- 4 Der Jahresgewinn 2016 beträgt 80.000,00 €. 2,0
Entwickeln Sie rechnerisch einen Gewinnverteilungsvorschlag und begründen Sie Ihr Vorgehen.



- 5 Edwin Holzer möchte den Geschäftszweck der GmbH zur Ergänzung der Produktpalette durch den Aufbau eines Arbeitsbekleidungs- und Werkzeughandels erweitern. Julia Schmidt ist anderer Meinung. 2,0
- Beurteilen Sie, ob Julia Schmidt das Vorhaben von Edwin Holzer verhindern kann.

GmbHG: § 53 Form der Satzungsänderung

Form der Satzungsänderung

- (1) Eine Abänderung des Gesellschaftsvertrages kann nur durch Beschluss der Gesellschafter erfolgen.
- (2) Der Beschluss muss notariell beurkundet werden, derselbe bedarf einer Mehrheit von drei Vierteln der abgegebenen Stimmen. Der Gesellschaftsvertrag kann noch andere Erfordernisse aufstellen.
- (3) Eine Vermehrung der den Gesellschaftern nach dem Gesellschaftsvertrag obliegenden Leistungen kann nur mit Zustimmung sämtlicher beteiligter Gesellschafter beschlossen werden.

- 6 Zur Finanzierung eines neuen Lieferwagens mit dem Anschaffungswert von 120.000,00 € soll ein Kredit aufgenommen werden. Der GmbH liegen folgende Angebote vor:
- Mittelstandsbank eG:
Ratentilgungsdarlehen, Zinssatz 7%, Laufzeit 6 Jahre
 - KfV-BankAG:
Annuitätendarlehen, Zinssatz 7%, Laufzeit 6 Jahre,
Tilgung im 1. Jahr: 16.775,50 €
- 6.1 Vergleichen Sie die beiden Kreditangebote rechnerisch (Rundung auf zwei Nachkommastellen). 5,0
- 6.2 Begründen Sie, warum das Unternehmen möglicherweise den teureren Kredit in Anspruch nehmen könnte. 1,0
- 7 Alternativ wäre es möglich, den Lieferwagen zu leasen. 2,0
- Erläutern Sie zwei grundsätzliche Vorteile des Leasings gegenüber der Kreditfinanzierung.



tgtm HP 2016/17-3: Holzbriketts

(Wahlaufgabe)

Die abgebildete Verpackungsstation der Edwin Holzer GmbH dient zur Kommissionierung von Holzbriketts.

Die obere Darstellung zeigt die Verpackungsstation beim Befüllen, die untere beim Entleeren.

Technologieschema Verpackungsstation

Befüllen

- Der Zylinder -MM2 ist eingefahren.
- Der Schwenkbehälter ist durch Zylinder -MM1 verriegelt.
- In dieser Position werden Briketts zugeführt.
- Sensor -BG5 meldet vorbeirutschende Briketts an den Zähler.
- Nach 100 Stück endet die Befüllung.

Entleeren

- Nach dem Ende der Befüllung fährt Zylinder -MM1 zur Entriegelung vollständig ein.
- Zylinder -MM2 fährt zum Entleeren vollständig aus.
- Zähler wird genullt.
- 5 Sekunden nach Erreichen der Entleer-Position fährt Zylinder -MM2 vollständig ein.
- Zylinder -MM1 verriegelt den Behälter.



Bauteil	Funktion - Bemerkung	Anschluss
-BG1	Zylinder -MM1 hintere Endlage, 1-Signal	E 0.1
-BG2	Zylinder -MM1 vordere Endlage, 1-Signal	E 0.2
-BG3	Zylinder -MM2 hintere Endlage, 1-Signal	E 0.3
-BG4	Zylinder -MM2 vordere Endlage, 1-Signal	E 0.4
-BG5	Optischer Sensor: Holzbrikett erkannt, 1-Signal	E 0.5
-MB1	1-Signal, Zylinder -MM1 fährt ein und entriegelt den Behälter	A 0.1
-MB3	1-Signal, Zylinder -MM2 fährt aus, Zylinder schwenkt in Entleer-Position	A 0.2
-MB4	1-Signal, Zylinder -MM2 fährt ein, Zylinder schwenkt in Füll- Position	A 0.3

- 1 Für die Ausführung der Sensoren -BG1 bis -BG4 stehen wahlweise magnetische Sensoren (Reed-Kontakte) oder mechanische Sensoren (Rollenstößel) zur Verfügung. 2,0
Stellen Sie je einen Vorteil beider Sensoren für diese Anlage dar.
- 2 Für die Ein- und Ausfahrbewegung des Schwenkzylinders -MM2 wird eine Mindestkraft $F_{\min} = 380 \text{ N}$ benötigt. Der Wirkungsgrad des Zylinders beträgt 84 % bei einem Anlagendruck von $p_e = 4,5 \text{ bar}$. 3,0
Bestimmen Sie durch Berechnung den erforderlichen Normzylinder aus dem Tabellenbuch.
- 3 Die Ansteuerung der Zylinder erfolgt durch elektromagnetische Wegeventile. Dabei soll die Aus- und Einfahrgeschwindigkeit des Schwenkzylinders -MM2 einstellbar sein. 5,0
Stellen Sie den Pneumatikplan für beide Zylinder mit den Endlagensensoren dar. Die Wartungseinheit und das Hauptabsperrventil sind einzuzuzeichnen und die Bauteile normgerecht zu kennzeichnen.
- 4 Entwerfen Sie das SPS - Programm in Funktionsbausteinsprache für folgende Teilschritte:
 - 4.1 Das Abzählen der 100 Holzbriketts. 2,0
 - 4.2 Die Zeitmessung der 5 Sekunden. 2,0
 - 4.3 Das Entriegeln des Schwenkbehälters. 2,0
 - 4.4 Das Schwenken in Entleer-Position. 2,0
 - 4.5 Das Zurückschwenken in Befüll-Position. 2,0



Edwin Holzer hat soeben als Geschäftsführer der Edwin Holzer GmbH ein Gespräch mit dem technischen Leiter eines ausländischen Sägewerks beendet. Dieser informierte sich über die Kosten der Herstellung einer leistungsfähigeren, hydraulischen Verpackungsstation. Die vorzunehmenden Modifikationen erhöhen die Einzelkosten der Verpackungsstation beträchtlich, so dass Edwin Holzer zunächst eine genaue Kostenrechnung vornehmen muss.

Für die Berechnung der Selbstkosten der hydraulischen Verpackungsstation geht Edwin Holzer von folgenden Kosten aus:

- Materialeinzelkosten: 60.000,00 €
- Fertigungslöhne: 12.000,00 €
- Zuschlagssätze der Kostenstellen:
Material 10%, Fertigung 120%, Verwaltung 8%, Vertrieb 6%.
Die Gemeinkosten sind in voller Höhe Fixkosten.

- | | | |
|---|--|-----|
| 5 | Unterscheiden Sie folgende Begriffspaare: | 2,0 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Einzelkosten und Gemeinkosten • Fixe Kosten und variable Kosten | |
| 6 | Da Edwin Holzer den ausländischen Kunden unbedingt gewinnen möchte, ist er bereit, diesem die hydraulische Verpackungsstation zum Selbstkostenpreis anzubieten.

Berechnen Sie die Selbstkosten. | 4,0 |
| 7 | Nach Rücksprache mit seinen Vorgesetzten teilt der ausländische Kunde Edwin Holzer mit, dass diese nicht gewillt sind, den in 3.6 berechneten Preis zu bezahlen, da bisher noch keine Erfahrungswerte mit den Produkten der Edwin Holzer GmbH vorliegen.

Analysieren Sie mit Hilfe der Teilkostenrechnung, welcher preispolitische Spielraum Edwin Holzer noch zur Verfügung steht. | 2,0 |
| 8 | Untersuchen Sie zwei weitere Möglichkeiten, wie Edwin Holzer die ausländischen Kunden von der Qualität seiner hydraulischen Verpackungsstation überzeugen kann. | 2,0 |



Lösungsvorschläge

SPS (20 P): Merkmale von Sensoren; Zylinder wählen (Kolbenstange); Pneumatikschaltplan; FBS in Einzelfragen

- 1 Magnetische Sensoren, Reed-Kontakte: Geeignet in rauer Umgebung, hohe Lebensdauer

Mechanische Schalter: Niedriger Preis, robust

Hinweis: Die Antworten müssen nur aus dem [EuroTabM] abgeschrieben werden. Wer auch Vorteile mit Bezug auf „Hochfrequenz“ oder „Fremdfelder“ abschreibt, tut dies gedankenlos und muss mit Abzügen rechnen, weil diese Antworten keine „Vorteil(e) für diese Anlage“ (Briketts abfüllen) sind.

- 2 Auswahl des Zylinders

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F}{p \cdot \eta} = \frac{380 \text{ N}}{4,5 \text{ bar} \cdot 84 \%} = \frac{380 \text{ N}}{4,5 \cdot \frac{\text{N}}{10 \text{ mm}^2} \cdot 0,84} = 1005 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d_{\text{min}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1005 \text{ mm}^2}{\pi}} = 35,8 \text{ mm}$$

Gewählt: Normzylinder mit KolbenØ $d_1 = 40 \text{ mm}$ und KolbenstangenØ $d_2 = 16 \text{ mm}$ (→ [EuroTabM] „Pneumatikzylinder, Abmessungen“)

Kontrolle (reicht die Fläche zum Einfahren?)

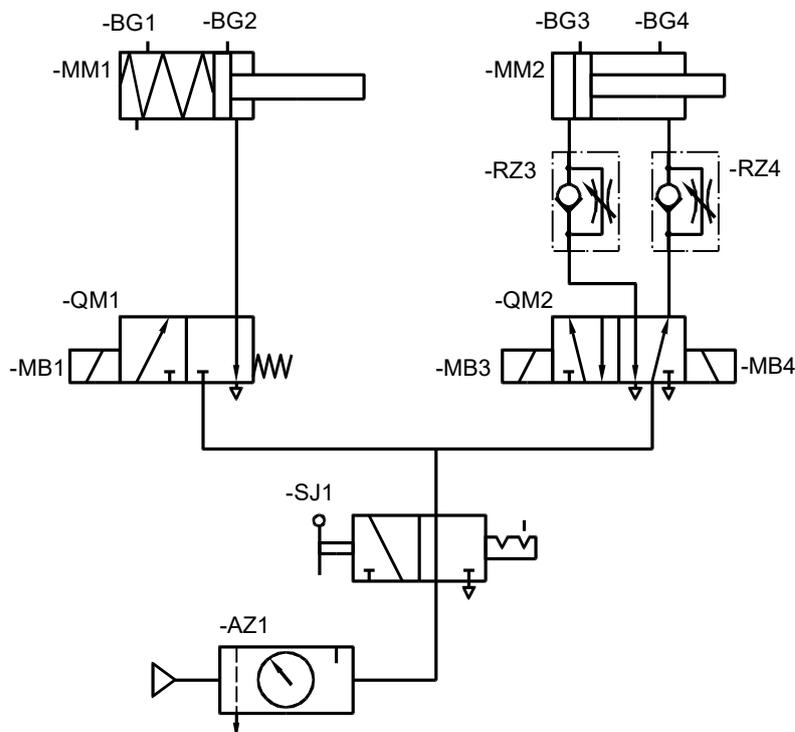
$$A_{\text{ist}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 - d_2^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (40^2 - 16^2) \text{ mm}^2 = 1055 \text{ mm}^2 > 1005 \text{ mm}^2 = A_{\text{erf}} \Rightarrow \text{reicht!}$$

oder

Kontrolle (reicht die Kraft zum Einfahren?)

$$F_{\text{Einfahren}} = p \cdot A_{\text{ist}} \cdot \eta = \frac{4,5 \text{ N}}{10 \text{ mm}^2} \cdot 1055 \text{ mm}^2 \cdot 0,84 = 399 \text{ N} > 380 \text{ N} \Rightarrow \text{reicht!}$$

- 3 Pneumatikplan

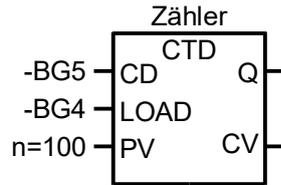


Hinweis 37: Die Federrückstellung des Stellgliedes -QM1 ist nicht eindeutig. -MB2 fehlt zwar in der Zuordnungsliste, aber der Aufgabentext lautet: „die Ansteuerung der Zylinder erfolgt über elektromagnetische Wegeventile“ – ohne Ausnahme!

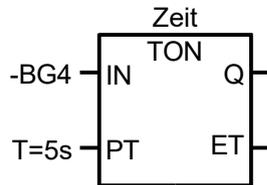


4 SPS-Programm in Funktionsbausteinsprache

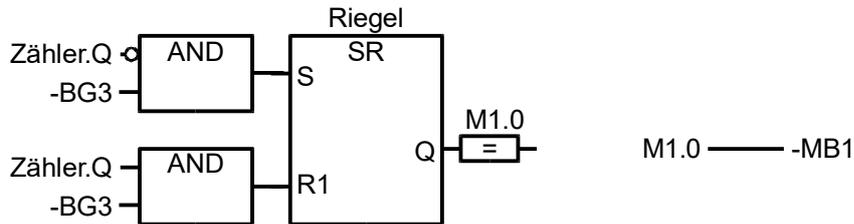
4.1



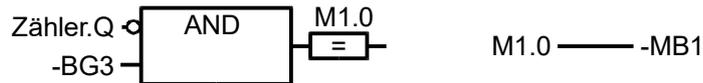
4.2



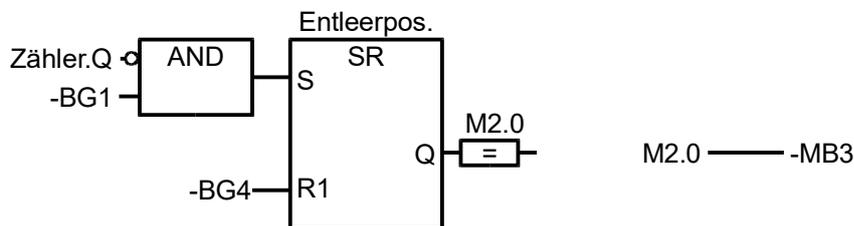
4.3 Für -QM1 mit Federrückstellung:



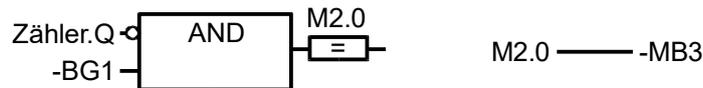
oder (mit Speicherung im Stellglied ohne Federrückstellung):



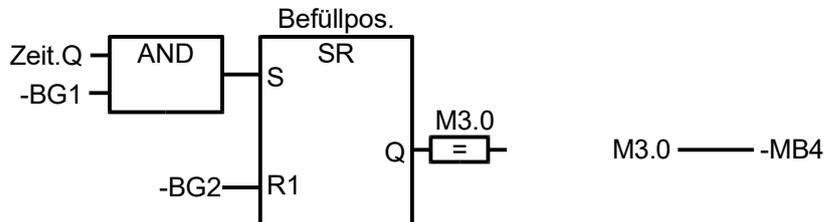
4.4



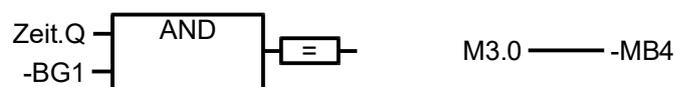
oder (mit Speicherung im Stellglied):



4.5



oder (mit Speicherung im Stellglied):





Folgende Werkzeuge sind im Werkzeugmagazin vorhanden:

Werkzeug	Nr.	d [mm]	z	v_c [m/min]	Vorschub f_z bzw. f [mm]	maximale Schnitttiefe a_{pmax} [mm]
HSS-Schaftfräser	T01	6	2	65	0,1	4
HSS-Schaftfräser	T02	20	4	65	0,1	5
HSS-Spiralbohrer	T03	6,6	2	37	0,08	-
HSS-Flachsenker mit Zapfen	T04	11/6,6	--	----	----	-
HSS-Bohrnutenfräser	T05	6	2	65	0,1	4
HSS-Bohrnutenfräser	T06	15	4	85	0,2	4

		Punkte
1	Nehmen Sie Stellung zur Lage des Werkstücknullpunktes.	1,0
2	Berechnen Sie für das Werkzeug T01 die einzustellende Drehzahl n und die Vorschubgeschwindigkeit v_f .	2,0
3	Ermitteln Sie die Koordinaten der Konturpunkte P2 und P3. Dokumentieren Sie den Rechenweg und stellen Sie die geometrischen Gegebenheiten in einer Skizze dar.	4,0
4	Wählen Sie für die Fertigung der Rechtecktasche das geeignete Werkzeug aus dem Magazin aus und begründen Sie Ihre Wahl.	2,0
5	Die Rechtecktasche soll mit einem Zyklus gefräst werden. Der Werkzeugwechsel ist bereits erfolgt. Erstellen Sie das Teilprogramm mit abschließender Rückfahrt an den Werkzeugwechsellpunkt und Spindelhalt.	3,0
6	Die sechs L-förmigen Nuten auf der linken Seite der Rastplatte sollen mit einem Unterprogramm hergestellt werden. Das Werkzeug T01 ist bereits eingewechselt und steht am Werkzeugwechsellpunkt.	
6.1	Schreiben Sie den CNC-Programmteil bis zum Aufruf des Unterprogramms.	2,0
6.2	Entwickeln Sie das Unterprogramm.	3,0
7	Die sechs Bohrungen $\varnothing 6,6$ mm sind vorzentriert und sollen mit T03 durchgebohrt werden. Der Werkzeugwechsel ist bereits erfolgt. Berechnen Sie die erforderliche Bohrungstiefe und schreiben Sie das CNC-Programm	3,0



Die Edwin Holzer GmbH gehört zu den tarifgebundenen Arbeitgebern.

In der Tageszeitung erschien kürzlich folgende Meldung:

Tarifverhandlungen im Südwesten gescheitert. Die Verhandlungen zwischen der Südwestmetall und der IG Metall sind gestern in Stuttgart ergebnislos zu Ende gegangen. Die Forderung der IG-Metall von 5% mehr Lohn und Einmalzahlungen von mindestens 100 € gehen dem Arbeitgeberverband zu weit.

- | | | |
|-------|---|------|
| 8 | Beschreiben Sie einen weiteren möglichen Verlauf der Tarifverhandlung, indem Sie folgende Begriffe in Ihre Ausführungen integrieren:
Schlichterspruch, Urabstimmung, Aussperrung. | 3,0 |
| 9 | Begründen Sie (mit Paragrafenangabe) die Rechtslage in folgenden Fällen: | |
| 9.1 | Herr Müller als langjähriger Mitarbeiter und Gewerkschaftsmitglied beschwert sich darüber, dass sein Jahresurlaub laut Arbeitsvertrag lediglich 26 Tage beträgt, obwohl tariflich 28 Tage Jahresurlaub vereinbart wurden. | 2,0 |
| 9.2 | Die Belegschaft der Edwin Holzer GmbH beschließt einen Betriebsrat zu wählen. Unklarheit herrscht in <ul style="list-style-type: none">• der Frage, ob die Errichtung eines Betriebsrats in der Edwin Holzer GmbH möglich ist,• der Anzahl der Betriebsratsmitglieder. | 2,0 |
| 10 | Edwin Holzer besucht eine Fachtagung über das Wettbewerbsverbot. Untersuchen Sie anhand von drei selbst gewählten Kriterien die Unterschiede zwischen dem vertraglichen und gesetzlichen Wettbewerbsverbot. | 2,0 |
| <hr/> | | |
| | | 30,0 |



Lösungsvorschläge

CNC (20 P): Werkstücknullpunkt begründen; Einstelldaten berechnen; Koordinaten berechnen; Werkzeug auswählen; CNC-Programm, Unterprogramm, Zyklus

- 1 Der Werkstücknullpunkt liegt auf der Oberseite der Rastplatte mittig zur kurzen Seite und unten an der langen Seite. oder
 Der Werkstücknullpunkt liegt bei Y0 günstig, weil von dort die Bemaßung ausgeht, und mit X0 in der Mitte günstig zur Symmetrie. oder

2
$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{65 \text{ m/min}}{\pi \cdot 6 \text{ mm}} = 3448 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{U} \cdot \text{Zahn}} \cdot 2 \text{ Zahn} \cdot 3448 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 689,7 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

3
$$P_{2x} = -\frac{100 \text{ mm}}{2} = -50 \text{ mm}$$

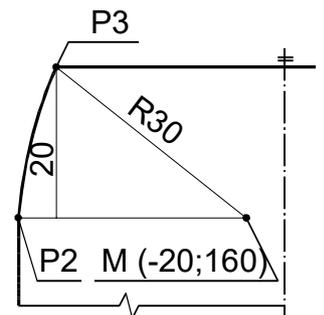
$$P_{2y} = 180 \text{ mm} - 20 \text{ mm} = 160 \text{ mm}$$

$$M_x = P_{2x} + R30 = -50 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = -20 \text{ mm} \quad (\text{Mittelpunkt von R30})$$

$$P_{3x} = M_x - \sqrt{R30^2 - 20^2} \text{ mm} = -20 \text{ mm} - 22,361 \text{ mm} = -42,361 \text{ mm}$$

$$P_{3y} = 180 \text{ mm}$$

$$P_{2z} = P_{3z} = 0$$



- 4 Laut [EuroTabM] „Fräsverfahren“ sind Bohrnuten- und Schafffräser möglich, für die Eckenrundungen R6 darf Ø12 nicht überschritten werden. Gewählt: Bohrnutenfräser T5 mit Ø6 (kann senkrecht eintauchen) oder Schafffräser T1 mit Ø6 (muss schräg eintauchen).
- 5
- | | | | | | | | | |
|------|-----|-------|-------|------|-----|----|-----|------------------|
| N100 | G72 | ZA-10 | LP28 | BP50 | D4 | V2 | RN6 | ; Rechtecktasche |
| N110 | G79 | X0 | Y140 | Z1 | AR0 | | | ; Zyklusaufruf |
| N120 | G00 | | | Z150 | | | | |
| N130 | G00 | X-150 | Y-150 | | M5 | | | |
- 6 Unterprogramm
- 6.1
- | | | | | | | | | |
|------|-----|-------|-------|------|-----|-------|------|--------------------------|
| N200 | G00 | X-150 | Y-150 | Z150 | T01 | S3448 | F689 | M03 |
| N210 | G00 | X-55 | Y37 | | | | | ; 2mm neben untere L-Nut |
| N220 | G00 | | | Z-4 | | | | |
| N230 | G22 | L0815 | H6 | | | | | |
- 6.2 Unterprogramm 0815
- | | | | | | | | | |
|------|-----|------|-----|------|--|-----|--|----------------------|
| N300 | G91 | | | | | | | |
| N310 | G01 | X15 | | | | | | ; nach rechts fräsen |
| N320 | G01 | | Y-8 | | | | | ; nach unten fräsen |
| N330 | G01 | | | ZA1 | | | | ; aus der Nut |
| N340 | G00 | X-15 | Y28 | | | | | ; Eilgang zur oberen |
| N350 | G00 | | | ZA-4 | | | | ; 2 mm neben L-Nut |
| N360 | G90 | | | | | M17 | | ; U-Ende |
- 7 Bohrungstiefe L:
 $L = l + l_s + l_u = 25 \text{ mm} + 0,3 \cdot 6,6 \text{ mm} + 1 \text{ mm} \approx 28 \text{ mm}$; ohne Anlauf l_a
- Programm:
- | | | | | | | | | |
|------|-----|--------|------|----|------|-----|--|----------------------------|
| N400 | G81 | ZA-28 | | | V1 | | | ; Bohrzyklus |
| N410 | G76 | X-27,5 | Y15 | Z1 | AS90 | D65 | | O3 ; links per Lochreihe |
| N420 | G79 | X27,5 | Y15 | Z1 | | | | ; rechts per Einzelaufrufe |
| N430 | G79 | X27,5 | Y80 | Z1 | | | | ; |
| N440 | G79 | X27,5 | Y145 | Z1 | | | | ; |



tgtm HP 2015/16-1: Bergbahn

(Pflichtaufgabe)

Bei der Bergbahn e.K. soll ein neuer Wagentyp einer Standseilbahn überprüft werden. Die Abmessungen des Wagens lassen sich der abgebildeten Schemadarstellung in Seitenansicht entnehmen.

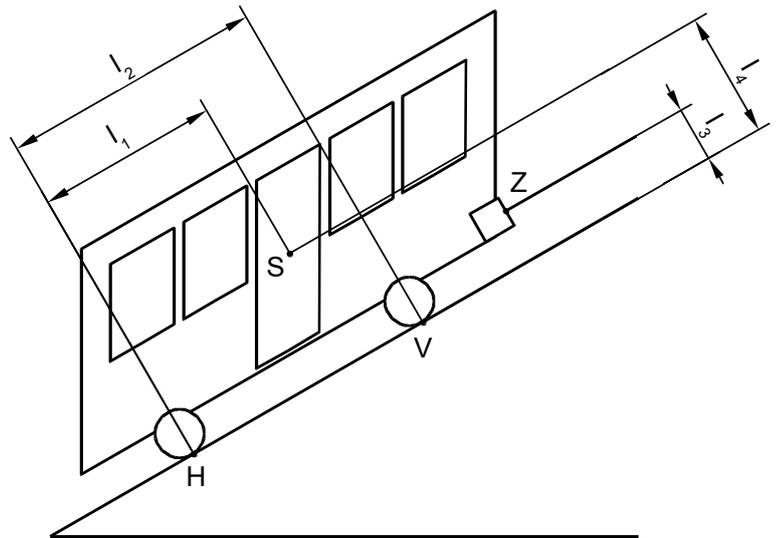
Daten des Wagens

Abmessungen:

$$\begin{aligned} l_1 &= 3 \text{ m} \\ l_2 &= 7 \text{ m} \\ l_3 &= 0,1 \text{ m} \\ l_4 &= 0,8 \text{ m} \\ \alpha &= 30^\circ \end{aligned}$$

Gewichtskraft im Schwerpunkt S:

$$F_G = 50 \text{ kN}$$



Darstellung unmaßstäblich

1 Wagen

Der Wagen steht am Hang und wird durch die Seilkraft F_Z in Punkt Z gehalten.

1.1 Machen Sie den Wagen frei.

2,0

1.2 Berechnen Sie die Seilkraft F_Z , sowie die Achslasten F_H und F_V .

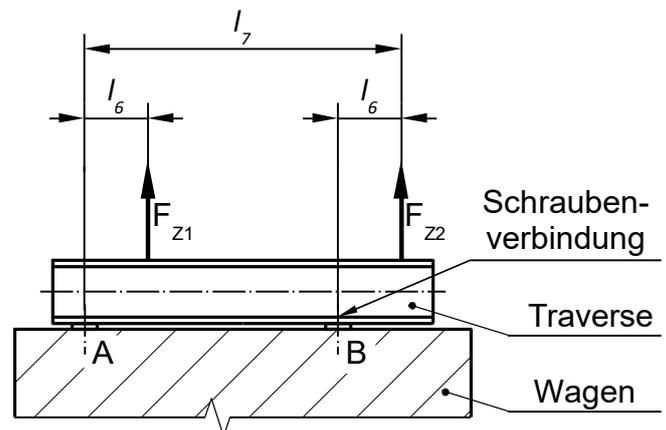
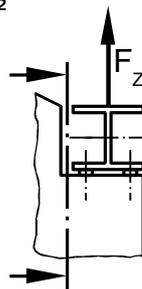
3,0

2 Seilaufhängung

Als Traverse ist an der vorderen Stirnwand des Wagens ein IPE-Träger befestigt. An den Stellen A und B befinden sich je zwei Schrauben. Konstruktionsbedingt wird der Wagen von zwei Zugseilen mit unterschiedlichen Kräften gezogen. Gemäß der dargestellten Ansicht greifen die beiden Zugkräfte F_{Z1} und F_{Z2} versetzt an der Traverse an.

Daten der Zugseile

$$\begin{aligned} \text{Werkstoff:} & \quad \text{X2CrNi12} \\ \text{Zugfestigkeit:} & \quad R_m = 450 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Streckgrenze:} & \quad R_{p0,2} = 250 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Zugkraft 1:} & \quad F_{Z1} = 15 \text{ kN} \\ \text{Zugkraft 2:} & \quad F_{Z2} = 10 \text{ kN} \end{aligned}$$



Darstellung unmaßstäblich

Daten der Traverse

$$\begin{aligned} \text{Werkstoff:} & \quad \text{S235JR} \\ \text{Abmessungen:} & \quad l_6 = 0,5 \text{ m} \\ & \quad l_7 = 2 \text{ m} \end{aligned}$$

Profil: Mittelbreiter I-Träger (IPE) – DIN 1025-5

Daten der Schrauben

$$\begin{aligned} \text{Durchgangs-Schrauben mit metrischem ISO-Regelgewinde} \\ \text{Festigkeitsklasse nach DIN EN ISO 898:} & \quad 8.8 \\ \text{Sicherheit gegen bleibende Verformung:} & \quad v = 5 \end{aligned}$$



- 2.1 Schneiden Sie die Traverse frei und bestimmen Sie die Lagerkräfte in den Punkten A und B. 4,0
- 2.2 Bestimmen Sie die Lage des maximalen Biegemoments in der Traverse und berechnen Sie den Betrag. 3,0
- 2.3 Beurteilen und begründen Sie, warum die Einbaulage des IPE-Profils gemäß Skizze sinnvoll ist. 2,0
- 2.4 Das maximale Biegemoment am IPE-Profil ist mit $M_{bmax} = 5 \text{ kNm}$ anzunehmen. Ermitteln Sie das geeignete IPE-Profil, wenn eine 4-fache Sicherheit gegen Biegung gewährleistet sein soll. 4,0
- 2.5 Zur Traversenbefestigung werden vier baugleiche Schrauben verwendet. Dimensionieren Sie das metrische Gewinde der zu verwendenden Schrauben. 4,0
- 2.6 Die beiden Zugseile sollen die gleichen Abmessungen haben. Sie bestehen aus mehreren Einzeldrähten des Durchmessers $d = 1,3 \text{ mm}$ und sollen eine 1,5-fache Sicherheit gegen unzulässige Verformung gewährleisten. 4,0
- Weisen Sie durch Berechnung die erforderliche Anzahl der Einzeldrähte nach.

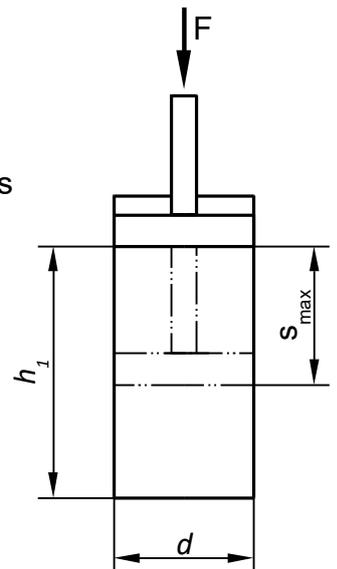
3 Achsfederung mit Gasdruckfeder

Die Achsen der Standseilbahn sind zur Federung mit zylindrischen Gasdruckfedern ausgestattet. Sie sind mit reiner Luft gefüllt und werden bei Belastung zusammengedrückt, wodurch sich das Volumen verringert. Dieser Vorgang soll näherungsweise als idealer Gasprozess ohne Wärmeaustausch angenommen werden. (Darstellung unmaßstäblich)

Daten des luftgefüllten Raumes bei unbelasteter Gasdruckfeder

Durchmesser:	$d = 100 \text{ mm}$
Höhe:	$h_1 = 150 \text{ mm}$
Temperatur der Luftfüllung:	$t_1 = 20 \text{ °C}$
Druck:	$p_1 = 2 \text{ bar}$

Eine Gasdruckfeder kann bei maximaler Belastung um den Hub $s_{max} = 30 \text{ mm}$ zusammengedrückt werden.



- 3.1 Bestimmen Sie die Zustandsänderung und skizzieren Sie qualitativ das p-V-Diagramm mit Nummerierung und Angabe der Richtung. 2,0
- 3.2 Berechnen Sie die Masse m der Luft in einer Gasdruckfeder in Gramm. 3,0
- 3.3 Weisen Sie rechnerisch den Druck p_2 und die Temperatur T_2 bei maximaler Belastung nach. 4,0
- 3.4 Berechnen Sie die dabei anfallende Kompressionsarbeit in Joule. 3,0
- 3.5 Bei einem Federvorgang muss die maximale Achslast von 30 kN über mehrere Gasdruckfedern aufgenommen werden. Überprüfen Sie rechnerisch, ob 12 Gasdruckfedern ausreichen. 2,0

40,0



Lösungsvorschläge

Statik (9 P): Benannte BG freimachen; schiefe Ebene,
 Festigkeit (17 P): M_{bmax} ; Biegefestigkeit; IPE Verständnisfrage Biegung; Schrauben, Drahtseil
 Energie (14 P): kein Kreisprozess; Zustandsänderungen bestimmen und berechnen; pV-Diagramm zeichnen; Luftmasse;
 Kompressionsarbeit; alles adiabatisch; Zylinderkraft

1 Bergbahn¹²

1.1 LS Bergbahn siehe rechts

$$1.2 \quad F_{Gx} = F_G \cdot \sin \alpha = 50 \text{ kN} \cdot \sin 30^\circ = 25 \text{ kN}$$

$$F_{Gy} = F_G \cdot \cos \alpha = 50 \text{ kN} \cdot \cos 30^\circ = 43,30 \text{ kN}$$

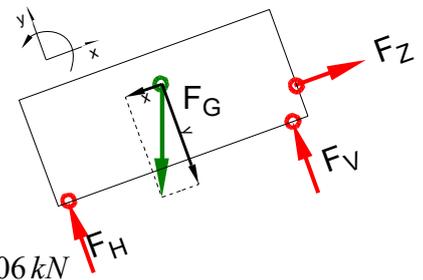
$$\Sigma M_{HZ} = 0 = -F_{Gy} \cdot l_1 + F_{Gx} \cdot (l_4 - l_3) + F_V \cdot l_2 \Rightarrow$$

$$F_V = \frac{F_{Gy} \cdot l_1 - F_{Gx} \cdot (l_4 - l_3)}{l_2} = \frac{43,3 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m} - 25 \text{ kN} \cdot (0,8 - 0,1) \text{ m}}{7 \text{ m}} = 16,06 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_H - F_{Gy} + F_V \Rightarrow$$

$$F_H = F_{Gy} - F_V = 43,30 \text{ kN} - 16,06 \text{ kN} = 27,24 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_Z - F_{Gx} \Rightarrow F_Z = F_{Gx} = 25,0 \text{ kN}$$



Hinweis 38: Der Drehpunkt für das Drehmomentgleichgewicht liegt in den Schnittpunkt der Wirklinien von F_H und F_Z , damit diese Kräfte aus der Gleichung fallen.

2 Traverse¹³

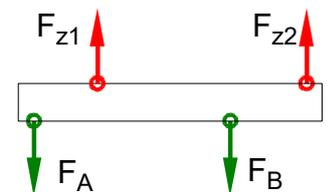
2.1 LS Traverse siehe rechts

$$\Sigma M_A = 0 = F_{z1} \cdot l_6 - F_B \cdot (l_7 - l_6) + F_{z2} \cdot l_7 \Rightarrow$$

$$F_B = \frac{F_{z1} \cdot l_6 + F_{z2} \cdot l_7}{(l_7 - l_6)} = \frac{15 \text{ kN} \cdot 0,5 \text{ m} + 10 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m}}{(2 - 0,5) \text{ m}} = 18,33 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = -F_A + F_{z1} - F_B + F_{z2} \Rightarrow$$

$$F_A = F_{z1} + F_{z2} - F_B = 15 \text{ kN} + 10 \text{ kN} - 18,33 \text{ kN} = 6,67 \text{ kN}$$



2.2 M_{bmax} kann nur an einem inneren Kräfteinleitungspunkt liegen, also bei F_{z1} oder F_B .

$$\Sigma M_{bz1} (\text{links}) = F_A \cdot l_6 = 6,67 \text{ kN} \cdot 0,5 \text{ m} = 3,33 \text{ kNm}$$

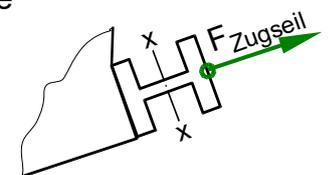
$$\Sigma M_{bB} (\text{rechts}) = F_{z2} \cdot l_6 = 10 \text{ kN} \cdot 0,5 \text{ m} = 5 \text{ kNm}$$

M_{bmax} beträgt 5 kNm und wirkt an der Stelle B

2.3 Die Einbaulage in Verbindung mit der Krafrichtung von F_Z sorgt für eine Biegung um die x-Achse des IPE-Profiles. Da dessen Widerstandsmoment W_x deutlich größer als W_y ist, kann das IPE-Profil so mehr Biegemoment aufnehmen als wenn es um 90° gedreht wäre.

Hinweis 39 (für zukünftige Konstrukteure, nicht für die Lösung): Das Biegemoment im Träger könnte gesenkt werden, indem die Befestigungen A und B und die Zugseile 1 und 2 einander angenähert würden.

(\rightarrow [EuroTabM] „DIN 1025“ oder „IPE-Träger“)



12 In der Originalaufgabe ist die Traverse nicht parallel zu den Schienen, sondern waagrecht angeordnet.

13 In der Originalaufgabe wurde die für Schraubenverbindungen verbreitete, aber nicht genormte symbolische Darstellung x---x verwendet.



2.4 $R_e = 235 \text{ N/mm}^2$ (aus der Bezeichnung von S235)

$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 282 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{Formel} \rightarrow [\text{EuroTabM}] \text{ „Biegebeanspruchung“})$$

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \frac{282 \text{ N/mm}^2}{4} = 70,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{xerf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{5 \text{ kNm}}{70,5 \text{ N/mm}^2} = 70,9 \text{ cm}^3$$

gewählt: IPE 140 mit $W_x = 77,3 \text{ cm}^3$ (\rightarrow [EuroTabM] „DIN 1025“ oder „IPE-Träger“)

2.5 Gerechnet wird an der Stelle B, weil dort die größere Belastung F_B wirkt.¹⁴

$$R_e = 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ aus der Festigkeitsklasse 8.8}$$

$$\frac{\sigma_{zlim}}{\nu} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F_{Schraube}}{S} = \frac{F_B}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_e}{\nu} = \frac{640 \text{ N/mm}^2}{5} = 128 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_B}{2 \cdot \sigma_{zzul}} = \frac{18,33 \text{ kN}}{2 \cdot 128 \text{ N/mm}^2} = \frac{9,17 \text{ kN}}{128 \text{ N/mm}^2} = 71,6 \text{ mm}^2$$

Gewählt: M12 mit $S = 84,3 \text{ mm}^2$

2.6 Berechnet wird das Seil 1, weil seine Belastung $F_{Z1} = 15 \text{ kN}$ größer als F_{Z2} ist.

Annahme 40: Mit „unzulässige Verformung“ ist vermutlich „plastische Verformung“ gemeint.¹⁵

$$\frac{\sigma_{zlim}}{\nu} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F_{Schraube}}{S} = \frac{F_B}{n \cdot S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_{p0,2}}{\nu} = \frac{250 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 166,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{gesamt} = \frac{F_{Z1}}{\sigma_{zzul}} = \frac{15 \text{ kN}}{166,6 \text{ N/mm}^2} = 90 \text{ mm}^2$$

$$S_O = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (1,3 \text{ mm})^2}{4} = 1,33 \text{ mm}^2$$

$$n \approx \frac{S_{gesamt}}{S_O} = \frac{90 \text{ mm}^2}{1,33 \text{ mm}^2} = 67,8$$

Gewählt: $n = 68$ oder größer

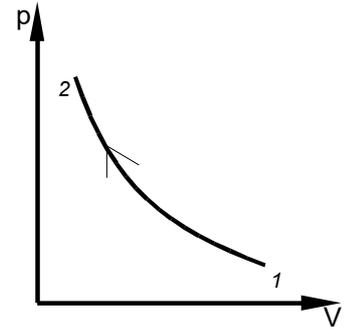
14 In der Originalaufgabe wurde nach dem „Gewinde-Nenndurchmesser“ gefragt.

15 Irgendwie muss man den Aufgabentext ja so interpretieren, dass man die Aufgabe mit Schülermitteln lösen kann. In der Praxis ist bei Drahtseilen (Seilwinden, Hängebrücken ..) ein gewisses Maß an plastischer Verlängerung zulässig, bevor sie ausgetauscht werden müssen.



3 Achsfederung mit Gasdruckfeder ¹⁶

3.1 „Ohne Wärmeaustausch“ bedeutet definitionsgemäß adiabatische Zustandsänderung. Das pV-Diagramm befindet sich rechts:



$$3.2 \quad V_1 = A_{\text{Kolben}} \cdot h_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_1 = \frac{\pi \cdot (100 \text{ mm})^2}{4} \cdot h_1 = 7854 \text{ mm}^2 \cdot 150 \text{ mm} = 1,178 \text{ dm}^3$$

$$p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T \Rightarrow$$

$$m = \frac{p_1 \cdot V_1}{R_i \cdot T_1} = \frac{2 \text{ bar} \cdot 1,178 \text{ dm}^3}{0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot (273,15 + 20) \text{ K}} = \frac{2 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 1,178 \cdot (0,1 \text{ m})^3}{0,287 \frac{\text{Nm}}{\text{g}} \cdot 293} = 2,8 \text{ g}$$

$$3.3 \quad V_2 = A_{\text{Kolben}} \cdot h_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_2 = \frac{\pi \cdot (100 \text{ mm})^2}{4} \cdot (150 - 30) \text{ mm} = 7854 \text{ mm}^2 \cdot 120 \text{ mm} = 0,9425 \text{ dm}^3$$

$$\left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa-1} \Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa} = p_1 \cdot \left(\frac{h_1 \cdot A}{h_2 \cdot A} \right)^{\kappa} = 2 \text{ bar} \cdot \left(\frac{150 \text{ mm}}{120 \text{ mm}} \right)^{1,40} = 2,73 \text{ bar}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} = T_1 \cdot \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^{\kappa-1} = (273 + 20) \text{ K} \cdot \left(\frac{150}{120} \right)^{1,40-1} = 320 \text{ K}$$

3.4 Kompressionsarbeit W_{12} :

$$W_{12} = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{1 - \kappa} \cdot \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} - 1 \right] = -\frac{2,8 \text{ g} \cdot 287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273 + 20) \text{ K}}{1 - 1,4} \cdot \left[\left(\frac{150}{120} \right)^{1,4-1} - 1 \right] = +54,9 \text{ J}$$

oder (ungenauer wegen abgeleiteter Werte):

$$W_{12} = -\frac{m \cdot R_i}{1 - \kappa} \cdot [T_2 - T_1] = -\frac{2,8 \text{ g} \cdot 287 \text{ J/kgK}}{1 - 1,4} \cdot [320 - (273 + 20)] \text{ K} = +54,2 \text{ J}$$

oder (ungenauer wegen abgeleiteter Werte):

$$W_{12} = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{1 - \kappa} \cdot \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] = -\frac{2,8 \text{ g} \cdot 287 \text{ J/kgK} \cdot 293 \text{ K}}{1 - 1,4} \cdot \left[\left(\frac{2,73 \text{ bar}}{2 \text{ bar}} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right] = +54,7 \text{ J}$$

$$3.5 \quad A_{\text{Kolben}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (100 \text{ mm})^2}{4} = 7854 \text{ mm}^2$$

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow F_{\text{Kolben}} = p_2 \cdot A_{\text{Kolben}} = 2,73 \text{ bar} \cdot 7854 \text{ mm}^2 = 2,73 \frac{\text{N}}{10 \text{ mm}^2} \cdot 7854 \text{ mm}^2 = 2144 \text{ N}$$

$$n_{\text{erf}} = \frac{F_{\text{Achse}}}{F_{\text{Kolben}}} = \frac{30 \text{ kN}}{2,144 \text{ kN}} = 14 > 12 = n_{\text{vorhanden}} \Rightarrow \text{nicht ausreichend}$$

oder

$$p_3 = \frac{F_{\text{Achse}}}{12 \cdot A_{\text{Kolben}}} = \frac{30 \text{ kN}}{12 \cdot 7854 \text{ mm}^2} = 0,318 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 3,18 \text{ bar} > 2,73 \text{ bar} = p_2 \Rightarrow \text{nicht ausreichend}$$

oder

$$W_{13} = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{1 - \kappa} \cdot \left[\left(\frac{p_3}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] = -\frac{2,8 \text{ g} \cdot 287 \text{ J/kgK} \cdot 293 \text{ K}}{1 - 1,4} \cdot \left[\left(\frac{3,18 \text{ bar}}{2 \text{ bar}} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right] = +83,6 \text{ J}$$

$$= 83,6 \text{ J} > 54,7 \text{ J} = W_{12} \Rightarrow \text{nicht ausreichend}$$

16 In der Originalaufgabe wurde der Begriff „Gasdruckdämpfer“ verwendet.



tgtm HP 2015/16-2: Bergbahn e.K.

(Pflichtaufgabe)

Bei der Bergbahn e.K. wird eine intensive Kostenrechnung betrieben. Einzelne Bauteile werden auch in Seilbahnen anderer Hersteller verbaut und an diese verkauft.

- 1 Erläutern Sie, nach welchen Kriterien Kostenstellen üblicherweise gebildet werden. 2,0
- 2 Beschreiben Sie zwei Aufgaben der Kostenstellenrechnung. 2,0
- 3 Da sich die Bergbahn e.K. bei öffentlichen Ausschreibungen gegen starke Konkurrenz behaupten muss, ist eine genaue Kalkulation der Verkaufspreise unerlässlich.
- 3.1 In der letzten Abrechnungsperiode sind im Bereich „Technik und Forschung“ 65.000 Euro für Material angefallen, sowie Fertigungslöhne in Höhe von 87.000 Euro entstanden. 2,0
Der Betriebsabrechnungsbogen weist zusätzlich folgende Werte auf:
 - Gemeinkosten Material 3.700 Euro,
 - Gemeinkosten Fertigung 71.500 Euro,
 - Gemeinkosten Vertrieb 17.000 Euro,
 - Gemeinkosten Verwaltung 28.400 Euro.Berechnen Sie die Gemeinkostenzuschlagssätze auf zwei Nachkommastellen genau.
- 3.2 Für Fertigungsmaterial wird 1.900 Euro benötigt und die Fertigungslöhne betragen 2.200 Euro. 4,0
Den Kunden der Bergbahn e.K. wird 2% Skonto und 5% Rabatt gewährt. Zusätzlich soll ein Gewinn von 20% erzielt werden.
Führen Sie die Kalkulation für ein Türöffnungsbauteil bis zum Listenverkaufspreis (netto) durch.



- 4 Auch die elektrischen Türöffner der Bergbahn e.K. werden in Kabinen anderer Hersteller verbaut. Die maximale Kapazität dieser Produktionslinie beträgt 600 Stück pro Monat. Bisher wurden im Rahmen dieser Produktionslinie die Modelle A, B und C produziert. Das neue Hochleistungsmodell D soll zukünftig ebenfalls in dieser Produktionslinie produziert werden.

Modell	Motordrehmoment [Nm]	Produktions- und Absatzmenge [Stück/Monat]	Verkaufspreis netto [€/Stück]	Variable Stückkosten [€/Stück]
A	20	200	1400	500
B	30	200	1800	700
C	40	200	2400	1600
D	44	200	2800	2050

Die monatlichen Fixkosten betragen 400.000 €.

- 4.1 Ermitteln Sie mit Hilfe der Deckungsbeitragsrechnung das Betriebsergebnis pro Monat, wenn die bisherigen Modelle A, B und C jeweils in voller Stückzahl produziert und verkauft werden. 4,0
- 4.2 Beurteilen Sie für welches Produktionsprogramm sich das Unternehmen bei gegebenen Bedingungen entscheiden müsste, wenn zukünftig auf jeden Fall das neue Modell D in voller Stückzahl produziert und verkauft werden soll. 1,0
- 4.3 Gehen Sie - durch die Maßnahme aus 2.4.2 - von einer Verschlechterung des Betriebsergebnisses aus und entwickeln Sie einen Vorschlag zur Erreichung oder Verbesserung des bisherigen Betriebsergebnisses.
- 5 Bei der Bergbahn e.K. sind in der Produktion u.a. auch Produktionshelfer beschäftigt, deren Lohn durch eine Tarifänderung auf einen branchenweiten Mindestlohn angehoben wurde. 2,0
- 6 Untersuchen Sie mögliche Auswirkungen des Mindestlohnes, sowohl aus Arbeitgeber-, als auch aus Arbeitnehmersicht mit je zwei Argumenten. 3,0



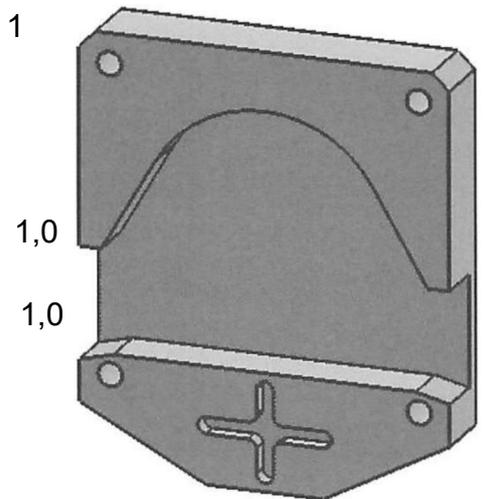
tgtm HP 2015/16-3: Halteplatte

(Wahlaufgabe)

Die rechts dargestellte Halteplatte des Seilbahnwagens aus S235JR dient zur Befestigung der Seilrolle. Die Halteplatte soll mithilfe eines CNC-Programms auf einer Fräsmaschine hergestellt werden.

Die technische Zeichnung der Halteplatte ist auf dem Arbeitsblatt 1 dargestellt.

Die Außenkontur der Halteplatte ist bereits gefertigt und nicht Gegenstand dieser Aufgabe.



1 Der Werkstücknullpunkt befindet sich an der auf dem in Arbeitsblatt 1 dargestellten Position. Erläutern Sie, ob diese Lage sinnvoll ist.

2 Zur vollständigen Fertigung stehen ausschließlich vier Werkzeuge (Arbeitsblatt 2) zur Verfügung. Die Abfolge der durchzuführenden Fertigungsschritte ist:

- Kernlochbohrung der vier Gewinde
- Gewindeschneiden
- Fräsen der Innenkontur
- Fräsen des Kreuzes

Ordnen Sie die Werkzeuge aus Arbeitsblatt 2 den jeweiligen Fertigungsschritten zu.

3 Zum Fräsen der Innenkontur muss der Durchmesser des Werkzeuges ausgewählt werden. 1,0

Dokumentieren Sie auf dem Arbeitsblatt 2 den geeignetsten ganzzahligen Durchmesser und begründen Sie Ihre Auswahl unter

- wirtschaftlichen und
- fertigungstechnischen Aspekten.

4 Berechnen Sie die technologischen Daten für das Werkzeug T20 und geben Sie diese auf dem Arbeitsblatt 2 an. 2,0

5 Wählen Sie den Durchmesser für das Werkzeug T30 und tragen Sie diesen in das Arbeitsblatt 2 ein. 1,0

6 Zum Bohren des Gewindes kann nicht mit der Vorschubgeschwindigkeit in mm/min gearbeitet werden. 2,0

Begründen Sie, warum das so ist, und geben Sie den einzustellenden Vorschubwert mit Einheit im Arbeitsblatt 2 an.

7 Vervollständigen Sie die fehlenden Punkte P3 bis P10 auf dem Arbeitsblatt 1 in der vorgegebenen Reihenfolge. 5,0

Bestimmen Sie die fehlenden Koordinaten dieser Punkte und tragen Sie diese in der Tabelle auf dem Arbeitsblatt 2 ein.

Dokumentieren Sie die Berechnungen für die Konturpunkte auf Ihrem Lösungsblatt, welche nicht direkt aus der Zeichnung abgelesen werden können.

8 Zum Fertigen der Kernlochbohrungen für die Gewinde M16 sollen geeignete Zyklen verwendet werden.

Entwickeln Sie den entsprechenden Programmteil beginnend mit dem Anfahren des Werkzeugwechselfunktes. 3,0

9 Die kreuzförmige Kontur soll 10 mm tief eingefräst werden. Dazu erfolgt im Hauptprogramm der folgende Unterprogrammaufruf: 4,0

N80 G0 X110 Y60 Z1

N90 G22 L911 H1

Schreiben Sie das zugehörige Unterprogramm.



10 Für die Lieferung von Seilbahnkomponenten muss die Bergbahn e.K. die Eingangsrechnung Nr. 370 (= ER Nr. 370) vom 8. März in Höhe von 20.000 € begleichen. Die Zahlungsbedingungen lauten: 2% Skonto innerhalb von 10 Tagen oder 20 Tage netto.

Das Girokonto der Bergbahn e.K. weist am 8. März ein Guthaben von 8.000 € auf. Ferner wird von folgenden Kontoveränderungen ausgegangen:

Datum	Vorgang	Belastungen	Gutschriften
10.März	Begleichung der ER Nr. 369	2.000 €	
28.März	Ein Kunde begleicht die Ausgangsrechnung (AR Nr. 230)		20.000 €

- 10.1 Stellen Sie alle Zahlungsvorgänge mit der Variante „Bezahlung der ER Nr. 370 netto“ (bei Ausnutzung des Zahlungsziels) in der Tabelle auf Arbeitsblatt 3 dar. 2,0
- 10.2 Zur Ausnutzung des Skontos überlegt die Firma einen Kontokorrentkredit in Anspruch zu nehmen. 2,0
 Erläutern Sie, was man unter einem Kontokorrentkredit versteht und geben Sie je einen Vor- und Nachteil an.
- 10.3 Stellen Sie alle Zahlungsvorgänge für den Fall der Skontoausnutzung bei der ER Nr. 370 (führt zur Kontoüberziehung) in der Tabelle auf Arbeitsblatt 3 dar. 1,0
- 10.4 Untersuchen Sie rechnerisch, welchen Betrag die Bergbahn e.K. bei Skontoausnutzung im Vergleich zur Bezahlung „netto“ sparen kann, wenn die Girokontoüberziehung mit einem Sollzinssatz von 8 % pro Jahr finanziert werden muss. Rechnen Sie das Jahr mit 360 Tagen. 2,0
- 11 Die Bergbahn e.K. beabsichtigt die Montage ihrer Türkomponenten aus der Großstadt zu verlegen. Die Montage erfolgte bisher in verschiedenen Werkstätten, verteilt auf die ganze Stadt. 3,0
 Untersuchen Sie mögliche Gründe für die geplante Standortverlegung und analysieren Sie, welche darüber hinausgehenden Bedingungen der neue Standort erfüllen sollte.

30,0



Arbeitsblatt 2

Zu den Aufgaben 2 bis 6: Belegungsliste Magazin

Werkzeug		d [mm]	z	v_c [m/min]	f bzw. f_z [mm]	n [min ⁻¹]	v_f [mm/min]
HSS - Schaftfräser	T15		6	60	0,1	-	-
HSS - Bohrnutenfräser	T20	10	3	60	0,1		
HSS - Spiralbohrer	T30		-	40	0,14	910	128
HSS - Gewindebohrer	T35	M16	-	20		-	-

Zu Aufgabe 7: Koordinatenplan

Punkt	X	Y	Z	I	J
P0	-100	-100	100		
P1	0	65	-30		
P2	20	70	-30		
P3			-30		
P4			-30		
P5			-30		
P6			-30		
P7			-30		
P8			-30		
P9			-30		
P10			-30		



Lösungsvorschläge

CNC (20 P): Werkstücknullpunkt begründen; Werkzeuge auswählen bzw. begründen (mehrfach); Einstelldaten berechnen, Koordinatenberechnung (sehr schwierig); Zyklus und Unterprogramm programmieren; Verständnisfrage Gewindebohrer

- 1 Die Lage des WNP für die Programmierung ist sinnvoll, weil ..
 - in Y-Richtung die Bemaßung nicht umgerechnet werden muss
 - auch in X-Richtung keine negativen Maße auftreten
 oder¹⁷
 - in X-Richtung ergäbe die Verschiebung auf die Mittelachse symmetrische Maße, für die man weniger rechnen muss.
- 2 Werkzeuge¹⁸
 - Kernloch: T30 (Spiralbohrer)
 - Gewinde: T35 (Gewindebohrer)
 - Innenkontur: T15 (Schafffräser)
 - Kreuznut: T20 (Bohrnutenfräser)
- 3 Wirtschaftliche Aspekte: Kleine Durchmesser sind billiger, große Durchmesser verringern die Bearbeitungszeit,
 Technische Aspekte: Kleine Durchmesser sind vielseitiger einsetzbar, große Durchmesser haben eine höhere Spanleistung und Standzeit.
 Der Durchgang zwischen P2 und P10 begrenzt den Durchmesser auf max. Ø62.
 Wenn der Durchmesser kleiner ist, kann man beide Seiten des Durchganges im Gleichlauf fräsen → bessere Oberfläche. Gewählt: Ø60
- 4 Hinweis 43: Mit „technologischen Daten für das Werkzeug“ sind hier Schnittdaten gemeint. Andere technologische Daten wie Schaftmaße, Werkzeugwinkel, Schneidhärte, Legierungen, Beschichtungen .. können vernachlässigt werden.

$$v = \pi \cdot n \cdot d \quad \Rightarrow \quad n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{60 \text{ m/min}}{\pi \cdot 10 \text{ mm}} = 1910 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \text{ mm} \cdot 3 \cdot 1910 \text{ min}^{-1} = 573 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

- 5 T30 soll das Kernloch für das Gewinde M16 bohren = 14 mm (→ [EuroTabM] „Gewinde“).
 Man kann den Durchmesser auch „rückwärts“ aus der Belegungsliste rechnen:

$$v = \pi \cdot n \cdot d \quad \Rightarrow \quad d = \frac{v_c}{\pi \cdot n} = \frac{40 \text{ m/min}}{\pi \cdot 910 / \text{min}} = 14 \text{ mm}$$

17 Hinweis 41: Bei solchen Aufgaben kommt es weniger auf die richtige Antwort als auf die passende Begründung an.
 18 Hinweis 42: Zur vollständigen Fertigung fehlt noch Ansenken im Arbeitsplan und ein NC-Ansenker im Magazin.



- 6 Beim Gewindebohren¹⁹ müssen Vorschub und Umdrehung synchronisiert sein, und das ist mit mehr oder weniger gerundeten Angaben von v_c und v_f nicht erreichbar. Deshalb gibt man für Gewindebohrer den Vorschub je Umdrehung an, der gleich der Steigung P des Gewindes ist. Für M16 beträgt der Vorschub $F = 2 \text{ mm/Umdr.}$

Werkzeug		d [mm]	z	v_c [m/min]	f bzw. f_z [mm]	n [min ⁻¹]	v_f [mm/min]
HSS - Schafffräser	T15	60	6	60	0,1	-	-
HSS - Bohrnutenfräser	T20	10	3	60	0,1	1910	573
HSS - Spiralbohrer	T30	14	-	40	0,14	910	128
HSS - Gewindebohrer	T35	M16	-	20	2	-	-

- 7 Koordinatenplan²⁰

Alle Maße in mm.

Berechnung von P6 bzw. P9 aus:

$$c = \sqrt{(P6x - Mx)^2 + (P6y - My)^2}$$

$$= \sqrt{(206,995 - 110)^2 + (132 - 150)^2} = 98,651$$

$$d = \sqrt{c^2 - R75^2} = \sqrt{981,651^2 - 75^2} = 64,086$$

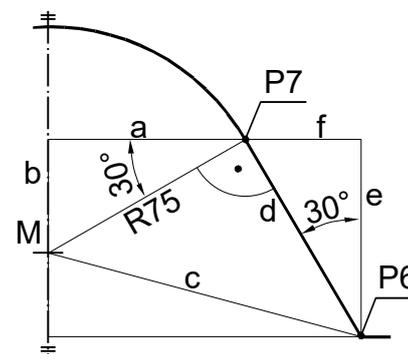
$$e = d \cdot \cos 30^\circ = 64,086 \cdot \cos 30^\circ = 55,500$$

$$f = d \cdot \sin 30^\circ = 64,086 \cdot \sin 30^\circ = 32,043$$

$$P7x = P6x - d = 206,995 - 32,043 = 174,952$$

$$P8x = P9x + d = 13,005 + 32,043 = 45,048$$

$$P7y = P8y = P6y + e = 132 + 37,5 = 187,500$$



Berechnung vom Kreismittelpunkt M aus:

$$a = R75 \cdot \cos 30^\circ = 64,952$$

$$b = R75 \cdot \sin 30^\circ = 37,5$$

$$P7x = Mx - a = 110 - 64,952 = 45,048$$

$$P8x = Mx + a = 110 + 64,952 = 174,952$$

$$P7y = P8y = My + b = 150 + 37,5 = 187,500$$

Die Mittelpunktskoordinaten I und J werden im Aufgabentext nicht verlangt.²¹

Pkt.	X	Y	Z	I	J
P0	-100	-100	100		
P1	0	65	-30		
P2	20	70	-30		
P3	200	70	-30		
P4	220	65	-30		
P5	220	132	-30		
P6	206,995	132	-30		
P7	174,952	187,500	-30		
P8	45,048	187,500	-30	-64,952	-37,5
P9	13,005	132	-30		
P10	0	132	-30		

19 Die Originalaufgabe verwendet den Begriff „Gewindeschneiden“.

20 In der Originalaufgabe ist statt des Hilfsmaßes 13,005 mm ein Maß 13 mm angegeben ohne die Klammern, die ein Hilfsmaß kennzeichnen. Der Übergang von der Geraden 30° zum Kreis R75 ist in der Originalaufgabe nicht tangential gezeichnet, dazu passend enthält die Schnittansicht eine sichtbare Kante statt einer Lichtkante; ohne den tangentialen Übergang entfallen die Winkel 30° im Dreieck a-b-R75 und 90° im Dreieck c-d-R75. In einer Prüfung würde ich bei solch schwierigen Lösungen erst alle anderen Aufgaben bearbeiten – und dann vielleicht einige Zeichnungsdetails „übersehen“ und aus verschiedenen Gründen trotzdem viele bis alle Punkte erhalten.

21 Hinweis 44: In aktuellen PAL-Versionen sind weder die Mittelpunktskoordinaten I und J noch P6 oder P7 nötig:
 N..1 G01 XP5 YP5 N..2 G01 X110 AS120 RN+75 N..3 G01 XP8 YP8 ..



8 Kernlochbohrungen (Kreisbogen) 5,0

Hinweis 45: Aufgrund der vorigen Aufgabenstellungen (Arbeitsplan, Magazin) kann/muss man auf das Ansenken vor dem Bohren verzichten.

```
N100      G00   X-100 Y-100 Z100
           T30   S910 F128  M3           ; Werkzeugwechsel
N110      G00   X110  Y150
N120      G00
           Z2           ; Anfahrt
N130      G81           ZA-45 V2       ; Bohrzyklus
```

```
N140      G77   R130  AN45  AP-45  AI90  O4   ; Zyklusaufruf
Lochkreis
           (eine der Adressen AN, AP, AI oder O kann entfallen)
```

```
oder
N140      G79   X201,924      Y58,076      ; Einzelaufufe
kartesisch
N150      G79   X201,924      Y241,924      ;
N160      G79   X18,076       Y201,924
N160      G79   X18,076       Y58,076
```

```
oder
N140      G78   RP130         AP45         ; Einzelaufufe polar
N150      G78   RP130         AP135
N160      G78   RP130         AP225
N160      G78   RP130         AP315
```

9 Unterprogramm für die Kreuznut 5,0

Das Hauptprogramm positioniert das Werkzeug über dem oberen Radienmittelpunkt der Kreuznut und ruft einmal das Unterprogramm %911 auf. Das Werkzeug T20 mit Ø10 entspricht der Nutbreite.

```
%911
N200      G91           ; Relativkoordinaten
N210      G01           ; Eintauchen
N220      G01           Y-25 RN5 ; nach unten
N230      G01   X-35           ; nach links
N240      G01   X35           RN5 ; und zurück
N250      G01           Y-25           ; nach unten
N260      G01           Y25  RN5 ; und zurück
N270      G01   X35           ; nach rechts
N280      G01   X-35           RN5 ; und zurück
N290      G01           Y25           ; zurück in Ausgangsstellung X, Y
N300      G01           ZA1          ; zurück in Ausgangsstellung Z
N300      G90
N310      M17           ; Unterprogramm Ende
```

10 und folgende: Hier keine Lösungen

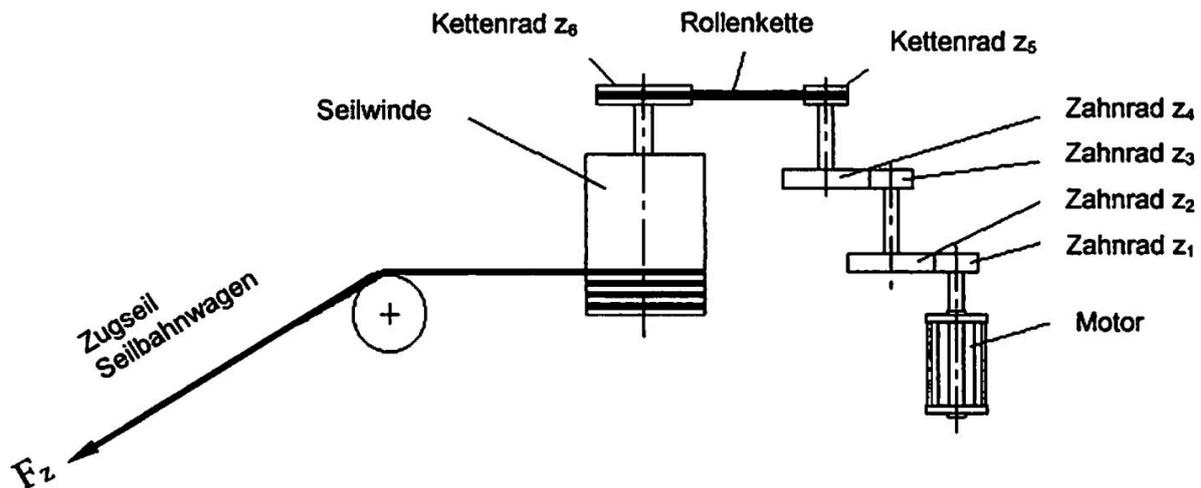


tgtn HP 2015/16-4: Standseilbahn

(Wahlaufgabe)

Als Mitarbeiter der Bergbahn e.K. sind Sie mit der Vordimensionierung des Antriebs für die Standseilbahn betraut. Dieser soll sich in der Bergstation befinden und aus einer Seilwinde, einem Getriebe und einem Antriebsmotor bestehen.

Das mehrstufige Getriebe soll sich aus vier geradzahnten Zahnrädern (Stirnräder $z_1 - z_4$), sowie einem Kettentrieb $z_5 - z_6$ zusammensetzen.



Daten des Motors

Leistung: $P_M = 70 \text{ kW}$
 Drehzahl: $n_M = 1500 \text{ min}^{-1}$
 Motorwirkungsgrad: $\eta_M = 0,9$

Daten des Getriebes

Zahnrad 1: $z_1 = 12$
 Zahnrad 2: $z_2 = 67$
 Zahnrad 4: $z_4 = 55$
 Kettenrad 1: $z_5 = 22$
 Kettenrad 2: $z_6 = 72$
 Gesamtwirkungsgrad Getriebe: $\eta_G = 0,8$

Daten des Seilbahnwagens

Maximale Fahrgeschwindigkeit: $v_{\max} = 2 \text{ m/s}$
 Zugkraft: $F_Z = 25 \text{ kN}$

Daten der Seilwinde

Durchmesser: $D_{Tr} = 1 \text{ m}$

- 1 Nennen Sie zwei wesentliche Aufgaben von Getrieben. 2,0
- 2 Berechnen Sie die Drehzahl n der Seilwinde in 1/min bei maximaler Fahrgeschwindigkeit der Seilbahn. 1,0
- 3 Ermitteln Sie das erforderliche Gesamtübersetzungsverhältnis des Getriebes. 1,0
- 4 Bestimmen Sie die Zähnezahl z_3 , wenn die maximale Fahrgeschwindigkeit keinesfalls überschritten werden darf. 2,0
- 5 Berechnen Sie die erforderliche elektrische Anschlussleistung des Antriebsmotors, wenn sich der Wagen der Seilbahn mit maximaler Geschwindigkeit bewegt. 2,0
- 6 Das Gesamtübersetzungsverhältnis des Getriebes soll $i_{\text{ges}} = 40$ betragen. Weisen Sie nach, dass das Drehmoment des Motors ausreicht, um die Zugkraft F_Z zu erzeugen. 3,0



SPS-gesteuerte Wagentür

Die Wagentür der Standseilbahn wird mit einem Elektromotor bewegt. Die Ansteuerung des Elektromotors erfolgt über eine SPS mit den Relais -KF1 (Rechtslauf -Tür auf) und -KF2 (Linkslauf - Tür zu).

Die Endlagen der Tür werden durch zwei kapazitive Sensoren -BG1 (Tür auf) und -BG2 (Tür zu) gemeldet.

Die Positionen des Seilbahnwagens werden über zwei mechanische Grenztaster -BG3 (Talstation) und -BG4 (Bergstation) überwacht.

Befindet sich der Wagen in der Tal- oder in der Bergstation, so lässt sich die Tür mit dem Taster -SF1 öffnen. Dabei läuft der Motor im Rechtslauf bis die Tür vollständig geöffnet ist.

Das Schließen der Tür erfolgt fünf Sekunden nach dem vollständigen Öffnen automatisch, vorausgesetzt, die eingebaute Lichtschranke -BG5 im Türrahmen meldet kein Signal. Dabei läuft der Motor im Linkslauf bis die Tür vollständig geschlossen ist.

- | | | |
|----|---|-----|
| 7 | Vervollständigen Sie die Zuordnungstabelle auf dem Arbeitsblatt 4. | 1,0 |
| 8 | Erklären Sie, warum bei -BG5 ein Öffner verwendet wird. | 1,0 |
| 9 | Zeichnen Sie auf dem Arbeitsblatt 4 das Anschlussbild für die SPS unter Berücksichtigung der genormten Symbole. | 2,0 |
| 10 | Entwerfen Sie für das Öffnen und Schließen der Tür je einen SPS-Programmteil in Funktionsbausteinsprache. | 5,0 |



- 11 Aufgrund der gestiegenen Anzahl an Frästeilen für die Wagen plant die Bergbahn e.K. den Erwerb einer zusätzlichen CNC-Fräsmaschine. Sie soll bei einer Insolvenzauktion meistbietend ersteigert werden. 4,0

Die Maschine soll über eine Nutzungsdauer von drei Jahren eingesetzt werden. Danach soll sie verkauft werden.

Alle Werte (nachsüssige Zahlungen) sind in der nebenstehenden Tabelle zusammengefasst.

Der Kalkulationszinssatz beträgt 10%.

Abzinsungsfaktor = $1/(1+i)^n$; i =

Kalkulationszinssatz/100; n = Jahre

Jahr	Einnahmen in €	Ausgaben in €
1	300.000	100.000
2	350.000	100.000
3	300.000	150.000
3	Liquidationserlös 15.000 €	

Geben Sie dem Einkäufer der Bergbahn e.K. mithilfe der Kapitalwertmethode eine rechnerische Grundlage, bis zu welchem Höchstbetrag (maximaler Kaufpreis) er unter den angegebenen Annahmen mitsteigern kann, damit eine gewünschte Mindestverzinsung von 10% erreicht wird.

Erstellen Sie hierzu eine Tabelle nach folgender Struktur:

Jahr	Abzinsungsfaktor (gerundet auf 4 Nachkommastellen)	Einnahmen	Ausgaben	Überschüsse	Barwerte (gerundet auf 2 Nachkommastellen)
.					
.					

Erläutern Sie das rechnerische Ergebnis.

- 12 Dem Chef und Einzelunternehmer der Bergbahn e.K. Herr Müller, ist die alleinige Firmenleitung zu anstrengend und kräftezehrend geworden. Deswegen möchte er Teile der Firmenleitung abgeben. Außerdem möchte er die Eigenkapitalbasis der Firma wegen der Erweiterung vergrößern. Als mögliche Unternehmensformen favorisiert er die OHG und die GmbH. 2,0
- 12.1 Erstellen Sie eine Tabelle, die von diesen beiden Unternehmensformen die folgenden Aspekte miteinander vergleicht: 2,0
- Mindestkapital bei Gründung
 - Haftung
- 12.2 Beurteilen Sie beide Unternehmensformen hinsichtlich der Fremdkapitalbeschaffung von Banken. 1,0
- 12.3 Angenommen die Firma besteht zukünftig aus 3 Gesellschaftern - Herrn Müller als bisherigem Firmeninhaber und zwei weiteren Gesellschaftern A und B – und erzielt einen Gewinn von 900.000 € pro Jahr. 3,0
- Die eingebrachten Kapitaleinlagen sind dabei folgende:
- Müller: 2.500.000 €
 - Gesellschafter A: 300.000 €
 - Gesellschafter B: 150.000 €

Analysieren Sie für diesen Fall in Form einer tabellarischen Gegenüberstellung die gesetzlich geregelte Gewinnverteilung (es wurde „nichts weiter“ vereinbart) sowohl für die OHG, als auch für die GmbH.

Geben Sie dabei auch die entsprechenden Paragraphen an.

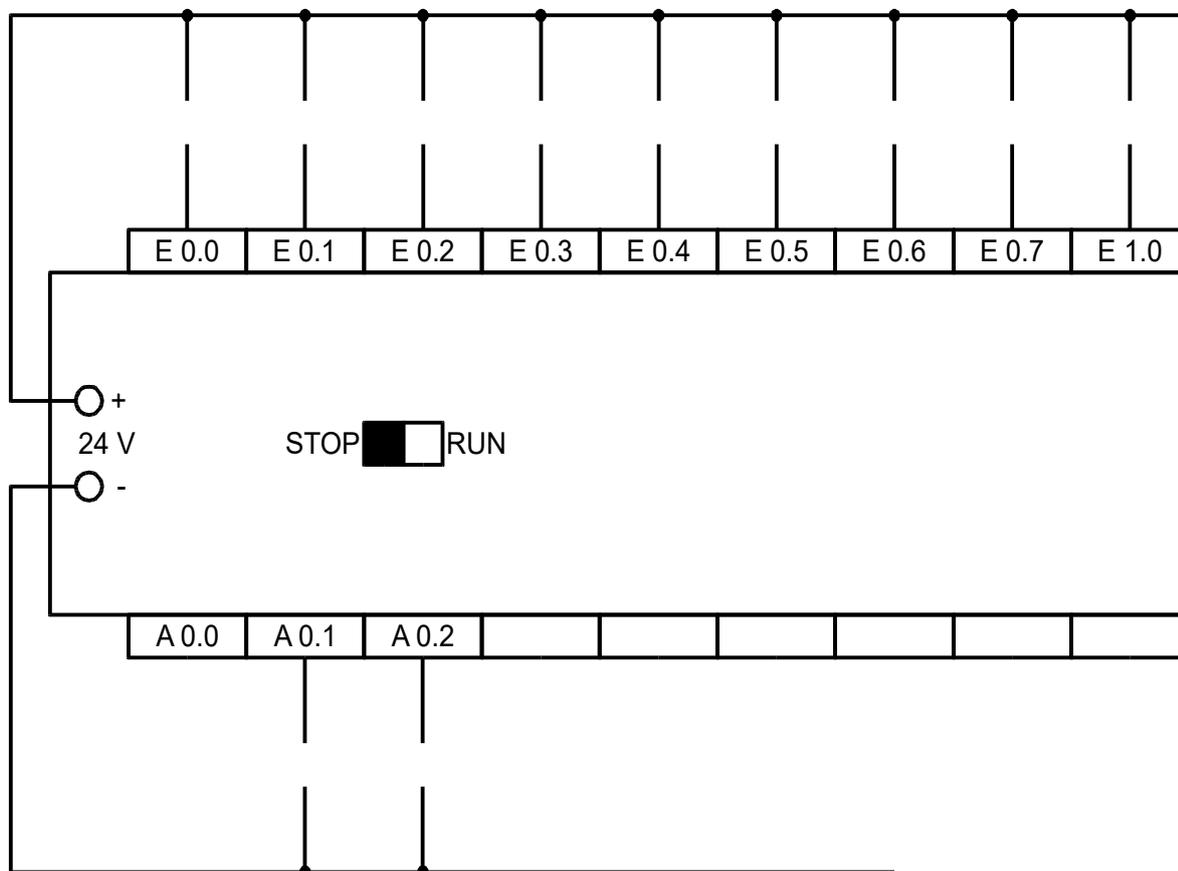


Arbeitsblatt 1

zu Aufgabe 7: Belegungsliste

Beschreibung	Symbol	Logische Zuordnung	Adresse
	-SF1	Betätigt -SF1 = 1 (Schließer)	E0.0
	-BG1	Betätigt -BG1 = 1 (Schließer)	E0.1
	-BG2	Betätigt -BG2 = 1 (Schließer)	E0.2
	-BG3	Betätigt -BG3 = 1 (Schließer)	E0.3
	-BG4	Betätigt -BG4 = 1 (Schließer)	E0.4
	-BG5	Betätigt -BG5 = 0 (Öffner)	E0.5
Beschreibung	Symbol	Logische Zuordnung	Adresse
	-KF1	Angezogen -KF1 = 1	A0.1
	-KF2	Angezogen -KF2 = 1	A0.2

zu Aufgabe 9: Anschlussbild





Lösungsvorschläge

Getriebe (11 P): Vortriebskraft; Technikfragen (Getriebe)

SPS (9 P): Belegungsliste; Anschlussbild; FBS; Verständnisfrage Sicherheitsschaltung

Umgestellt auf [EuroTabM47]f

1 Getriebe können die folgenden Aufgaben haben

- Drehmoment ändern
- Drehzahl ändern
- Drehsinn ändern
- Achsabstände überbrücken
- Übertragungsrichtung ändern
- Die optimale Drehzahl für den Motor ermöglichen (s.o.)²²

$$2 \quad v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{Winde} = \frac{v_{max}}{\pi \cdot D_{Tr}} = \frac{2 \text{ m/s}}{\pi \cdot 1 \text{ m}} = 0,637 \frac{1}{s} = 38,2 \frac{1}{min}$$

$$3 \quad i_{erf} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_M}{n_{Winde}} = \frac{1500 / min}{38,2 / min} = 39,27$$

$$4 \quad i_{erf} < i = \frac{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6}{z_1 \cdot z_3 \cdot z_5} \Rightarrow z_3 < \frac{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6}{z_1 \cdot i_{erf} \cdot z_5} = \frac{67 \cdot 55 \cdot 72}{12 \cdot 39,27 \cdot 22} = 25,6 \Rightarrow \text{gewählt: } z_3 = 25$$

Das in der Übersetzungsstufe 3-4 treibende Zahnrad z_3 muss kleiner sein, weil sonst z_4 schneller dreht.²³

$$5 \quad P_{Winde} = F_z \cdot v_{max} = 25 \text{ kN} \cdot 2 \frac{m}{s} = 50 \text{ kW}$$

$$\eta_{ges} = \eta_M \cdot \eta_G = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{el} = \frac{P_{Winde}}{\eta_{ges}} = \frac{50 \text{ kW}}{0,72} = 69,4 \text{ kW}$$

oder (ungenau, da nicht über Geschwindigkeit)

$$M_{Winde} = F_z \cdot \frac{D_{Tr}}{2} = 25 \text{ kN} \cdot \frac{1 \text{ m}}{2} = 12,5 \text{ kNm}$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} \Rightarrow M_{Motor} = \frac{M_{Winde}}{i_{ges} \cdot \eta_G} = \frac{12,5 \text{ kNm}}{39,27 \cdot 0,8} = 397,9 \text{ kNm}$$

$$P_{Motor} = 2 \pi \cdot M \cdot n = 2 \pi \cdot 397,9 \text{ kNm} \cdot 1500 / min = 62,5 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{el} = \frac{P_{Motor}}{\eta_M} = \frac{62,5 \text{ kW}}{0,9} = 69,4 \text{ kW}$$

22 Die „optimale Motordrehzahl ermöglichen“ ergibt sich zwar aus „Drehzahl ändern“ und „Drehmoment ändern“, aber wenn man dem Korrektor nichts anbietet, kann der auch keine Punkte verteilen ;-)

23 In der Praxis versucht man Übersetzungsstufen wie $z_4:z_3 = 25:55$ zu vermeiden, denn gemeinsame Teiler bedeuten, dass die gleichen Zahnpaare häufiger aufeinander treffen → niedrigere Lebensdauer.



6 Vortriebskraft

Hinweis 46: Bei Maschinen ist oft nicht eindeutig festgelegt, worauf sich Leistungsangaben bezieht; P_M kann also die elektrische oder die mechanische Leistung sein²⁴. Ähnlichkeiten mit den Werten einer anderen Aufgabe spielen da keine Rolle.

Über Drehmomente und Kräfte berechnet mit $P_M =$ elektrische Leistung:

$$P_{mech} = P_{el} \cdot \eta_M = 70 \text{ kW} \cdot 0,9 = 63 \text{ kW}$$

$$P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_M = \frac{P_{mech}}{2\pi \cdot n_M} = \frac{63 \text{ kW}}{2\pi \cdot 1500/\text{min}} = 401,1 \text{ Nm}$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} \Rightarrow M_{Winde} = i_{ges} \cdot \eta_G \cdot M_{mech} = 40 \cdot 0,8 \cdot 401,1 \text{ Nm} = 12,8 \text{ kNm} > 12,5 \text{ kNm} \Rightarrow \text{reicht aus!}$$

$$M = F \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow F_{z, Angebot} = \frac{2 \cdot M_{Winde}}{D_{Tr}} = \frac{2 \cdot 12,8 \text{ kNm}}{1 \text{ m}} = 25,7 \text{ kN} > 25 \text{ kN} \Rightarrow \text{reicht aus!}$$

Über Drehmomente und Kräfte berechnet mit $P_M =$ mechanische Leistung:

$$P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_M = \frac{P_M}{2\pi \cdot n_M} = \frac{70 \text{ kW}}{2\pi \cdot 1500/\text{min}} = 445,6 \text{ Nm}$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} \Rightarrow M_{Winde} = i_{ges} \cdot \eta_{ges} \cdot M_M = 40 \cdot 0,8 \cdot 445,6 \text{ Nm} = 14,25 \text{ kNm} > 12,5 \text{ kNm} \Rightarrow \text{reicht aus!}$$

$$M = F \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow F_{z, Angebot} = \frac{2 \cdot M_{Winde}}{D_{Tr}} = \frac{2 \cdot 14,25 \text{ kNm}}{1 \text{ m}} = 28,5 \text{ kN} > 25 \text{ kN} \Rightarrow \text{reicht aus!}$$

Über Leistungen und Drehzahlen berechnet mit $P_M =$ mechanische Leistung:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_{Winde} = \frac{n_M}{i_{ges}} = \frac{1500/\text{min}}{40} = 37,5 \frac{1}{\text{min}} = 0,625 \frac{1}{s}$$

$$v_{Winde} = \pi \cdot D_{Tr} \cdot n_{Winde} = \pi \cdot 1 \text{ m} \cdot 0,625 \frac{1}{s} = 1,96 \frac{\text{m}}{s}$$

$$P_{Winde, Bedarf} = F_z \cdot v_{Winde} = 25 \text{ kN} \cdot 1,96 \frac{\text{m}}{s} = 49,1 \text{ kW}$$

$$P_{Winde, Angebot} = P_M \cdot \eta_G = 70 \text{ kW} \cdot 0,8 = 56 \text{ kW} > 49,1 \text{ kW} \Rightarrow \text{reicht aus}$$

7 Belegungsliste

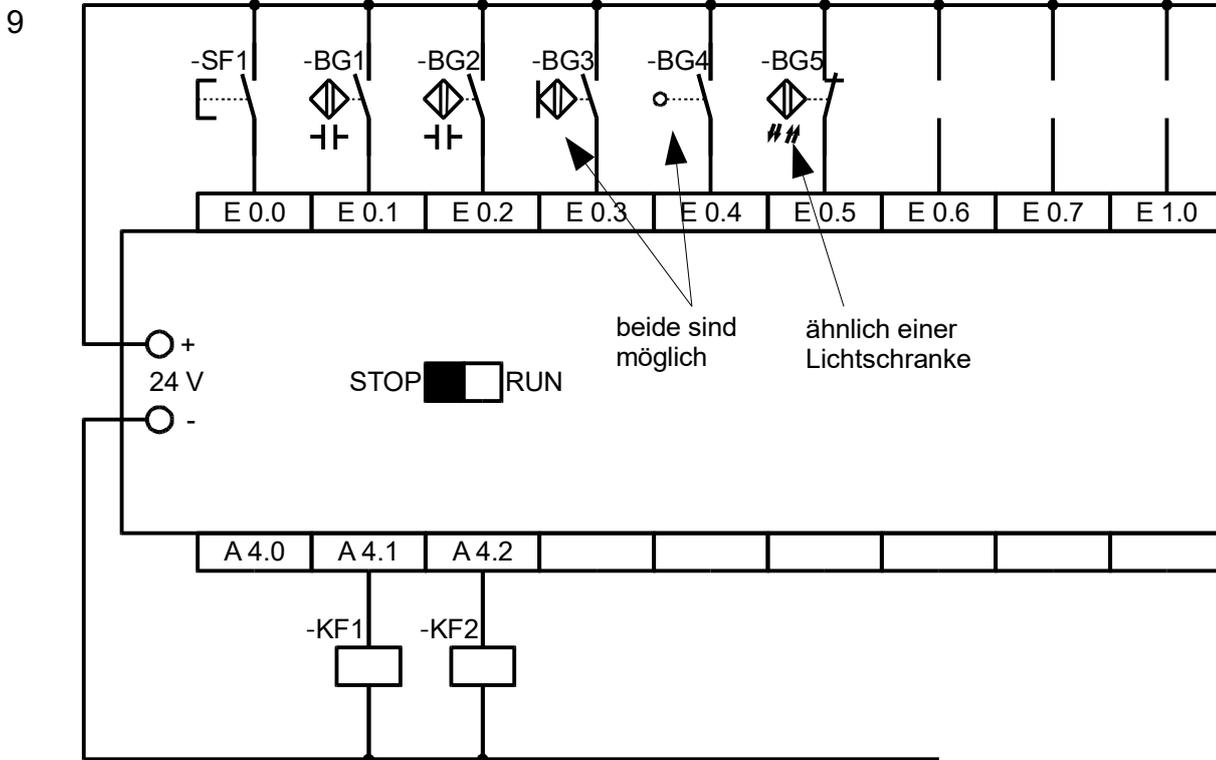
Beschreibung	Symbol	Logische Zuordnung	Adresse
Taster: Tür öffnen	-SF1	Betätigt -SF1 = 1 (Schließer)	E0.0
Sensor: Tür geöffnet	-BG1	Betätigt -BG1 = 1 (Schließer)	E0.1
Sensor: Tür geschlossen	-BG2	Betätigt -BG2 = 1 (Schließer)	E0.2
Grenztaster: Talstation	-BG3	Betätigt -BG3 = 1 (Schließer)	E0.3
Grenztaster: Bergstation	-BG4	Betätigt -BG4 = 1 (Schließer)	E0.4
Lichtschranke im Türrahmen	-BG5	Betätigt -BG5 = 0 (Öffner)	E0.5

Beschreibung	Symbol	Logische Zuordnung	Adresse
Relais: Rechtslauf – Tür öffnen	-KF1	Angezogen -KF1 = 1	A0.1
Relais: Linkslauf – Tür schließen	-KF2	Angezogen -KF2 = 1	A0.2

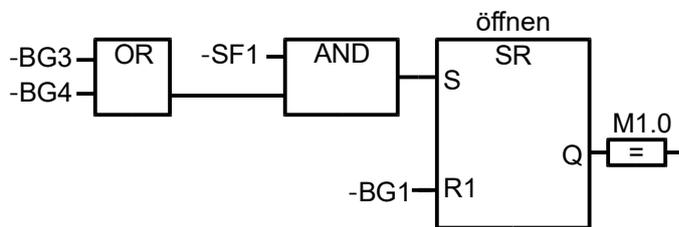
24 In diesen Zeiten, da scheinbar nur noch Marktschreier und Selbstdarsteller unterwegs sind und der Schein wichtiger als das Sein scheint, muss man eher damit rechnen, dass die elektrische Leistung angegeben ist. Damit kann man zwar weniger anfangen, aber die Zahl ist größer, und das sieht besser aus!



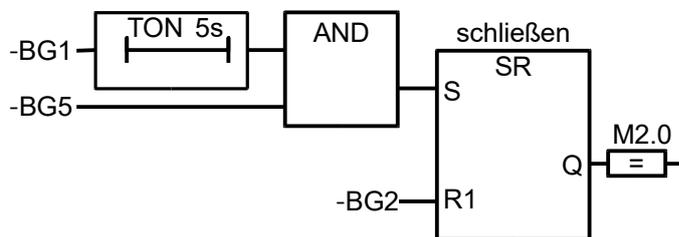
8 -BG5 muss aus Sicherheitsgründen ein Öffner sein. Zwar liefert ein defekter Öffner kein Signal (0) mehr und verhindert hier das Schließen der Türe, aber das ist besser, als wenn ein Defekt erst im Notfall bemerkt würde.



10 Schritt 1: Tür öffnen



Schritt 2: Tür schließen



Befehlsausgabe:

M1.0 ————— -KF1

M2.0 ————— -KF2

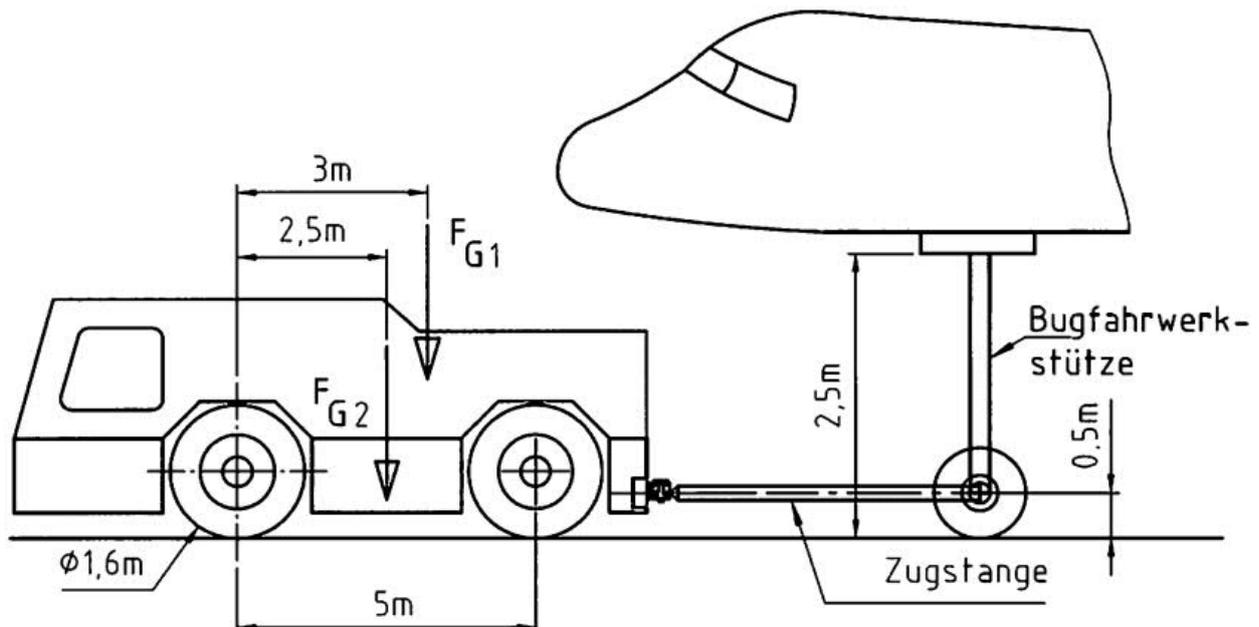


tgtm HP 2014/15-1: Flugzeugschlepper

(Pflichtaufgabe)

Der hinterradgetriebene Flugzeugschlepper bewegt Flugzeuge auf einem Flughafen. Hierzu wird die Bugfahrwerkstütze des Flugzeugs über eine Zugstange mit dem Flugzeugschlepper verbunden. Um genügend Reibung aufbauen zu können, wurde der Schlepper mit einem Zusatzgewicht F_{G1} ausgestattet.

Die Gewichtskräfte der Zugstange und der Bugfahrwerkstütze bleiben in den weiteren Betrachtungen unberücksichtigt.



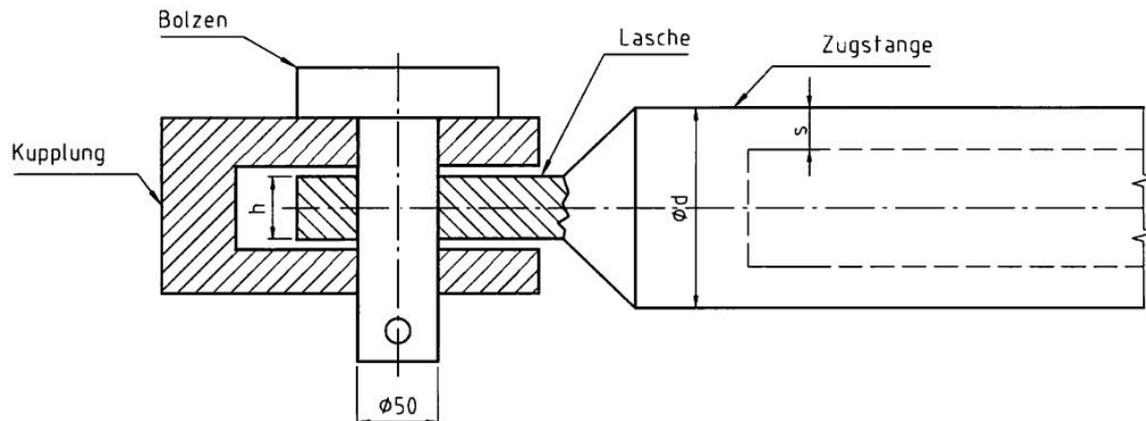
Gewichtskraft Zusatzgewicht: $F_{G1} = 180 \text{ kN}$
 Gewichtskraft Schlepper: $F_{G2} = 320 \text{ kN}$

- 1 Flugzeugschlepper
 - 1.1 Schneiden Sie den stehenden Flugzeugschlepper frei. 4,0
 Berechnen Sie die Aufstandskräfte an der Vorder- und Hinterachse.
 - 1.2 Um Lenken zu können, darf beim Schleppen das Vorderrad nicht abheben. 4,0
 Weisen Sie rechnerisch nach, dass der Flugzeugschlepper bei einer maximalen Zugkraft an der Zugstange von $F_{zmax} = 200 \text{ kN}$ mit hoher Sicherheit nicht abhebt.



2 Zugstange

Die Zugstange ist mit einer Bolzenverbindung am Flugzeugschlepper befestigt und soll hinsichtlich der vorgegebenen Zugkraft F_z ausgelegt werden.



Zugkraft:	F_z	=	200 kN
Bolzen:	$p_{zul \text{ Bolzen}}$	=	120 N/mm ²
	$T_{azul \text{ Bolzen}}$	=	85 N/mm ²
Rohr:	DIN EN 10297-1	R_e	= 305 N/mm ²
	Sicherheit gegen Zug	v	= 3

- 2.1 Ermitteln Sie die notwendige Höhe h der Lasche hinsichtlich einer Belastung auf Flächenpressung bei $p_{zul \text{ Lasche}} = 80 \text{ N/mm}^2$. 2,0
- 2.2 Überprüfen Sie den Bolzendurchmesser und beurteilen Sie das Ergebnis. 4,0
- 2.3 Aus Gewichtsgründen soll die Zugstange im mittleren Bereich als Rohr ausgeführt werden. 3,0

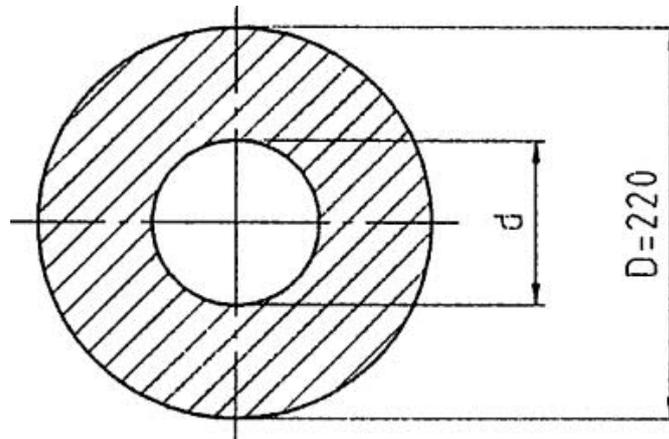
Dimensionieren Sie den erforderlichen Rohrquerschnitt und geben Sie das Rohr normgerecht an.



3 Bugfahrwerkstütze

Die Bugfahrwerkstütze kann als einseitig eingespannter Träger angesehen werden. Reibkräfte am Rad der Bugfahrwerkstütze bleiben unberücksichtigt. Die vom Flugzeugschlepper ausgeübte Zugkraft ist mit $F_z = 200 \text{ kN}$ anzunehmen.

- 3.1 Berechnen Sie das maximale Biegemoment in der Bugfahrwerkstütze. 2,0
- 3.2 Die Bugfahrwerkstütze ist - wie unten dargestellt - als Rohrquerschnitt ausgelegt. Sie besteht aus einer Titanlegierung mit einer Biegegrenzspannung von $\sigma_{bF} = 895 \text{ N/mm}^2$. Die Sicherheit gegen Verbiegung soll $v = 1,5$ betragen. 4,0



Bestimmen Sie den erforderlichen Innendurchmesser d der Bugfahrwerkstütze.

- 3.3 Im Betrieb ist die Bugfahrwerkstütze weiteren Belastungen ausgesetzt. 2,0
 Untersuchen Sie, im Sinne einer Beschreibung, die Bugfahrwerkstütze hinsichtlich von zwei weiteren möglichen Beanspruchungen und analysieren Sie deren Ursache.
- 3.4 Rohre aus Titanlegierungen sind ca. 30 bis 35 mal teurer als Stähle vergleichbarer Festigkeit. 2,0
 Erläutern Sie, warum Flugzeugbauer bei mechanisch belasteten Bauteilen wie z.B. Komponenten des Fahrwerks trotzdem Titanlegierungen einsetzen.



4 Dieselmotor

Der Flugzeugschlepper soll durch einen Dieselmotor mit folgenden Zustandsgrößen angetrieben werden.

Zustandsgrößen des Kreisprozesses:

	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4
V [Liter]	1,6	0,08	0,1812	1,6
p [bar]	0,9	59,7	59,7	2,8
t [°C]	20	698,1	1927	647,6

- 4.1 Stellen Sie das p-V-Diagramm für den idealisierten Dieselprozess ohne Ladungswechselschleife dar. 3,0
 Skizzieren Sie die zu- und abgeführten Arbeiten und Wärmen.
 Kennzeichnen Sie die Nutzarbeit.
 Nummerieren Sie die Eckpunkte gemäß oben angegebenen Zustandsgrößen.
- 4.2 Berechnen Sie die Masse der angesaugten Luft. 2,0
- 4.3 Bestimmen Sie die Nutzarbeit des Dieselprozesses in Joule, wenn 1,7 g Luft angesaugt werden. 3,0
- 4.4 Der Dieselmotor soll bei einer Drehzahl von 4000 min^{-1} eine Leistung von 80 kW erbringen. 3,0
 Überprüfen Sie, ob diese Leistung tatsächlich erbracht wird.
- 4.5 Die Nutzarbeit soll gesteigert werden. 2,0
 Analysieren und dokumentieren Sie hierzu zwei technische Möglichkeiten.

40,0



Lösungsvorschläge

Statik (8 P): Benannte BG freimachen; Aufstandskräfte; Kippen;
 Festigkeit (15 P): BolzenØ (Flächenpressung, Scherung); Rohr (Zug, Biegung); Mbmax;
 Technik (4 P): Beanspruchung; Gründe für Werkstoff
 Energie (13 P): Diesel; p, v-Diagramm; Luftmasse; Nutzarbeit; Leistung aus Nutzarbeit berechnen; Verständnisfragen zu Formeln

1 Flugzeugschlepper

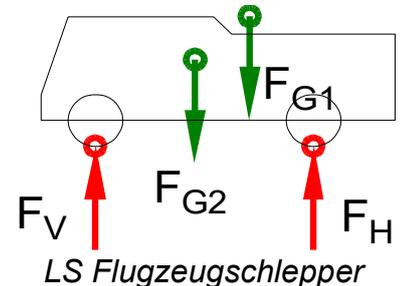
1.1 Aufstandskräfte:

$$\Sigma M_H = 0 = -F_V \cdot 5 \text{ m} + F_{G2} \cdot (5 - 2,5) \text{ m} + F_{G1} \cdot (5 - 3) \text{ m} \Rightarrow$$

$$F_V = \frac{F_{G2} \cdot 2,5 \text{ m} + F_{G1} \cdot 2 \text{ m}}{5 \text{ m}} = \frac{320 \text{ kN} \cdot 2,5 + 180 \text{ kN} \cdot 2}{5} = 232 \text{ kN}$$

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

$$F_H = -F_V + F_{G2} + F_{G1} = -232 \text{ kN} + 320 \text{ kN} + 180 \text{ kN} = 268 \text{ kN}$$



Hinweis 47: Der Begriff „stehend“ im Aufgabentext weist darauf hin, dass keine Zugkraft F_z wirkt.

Hinweis 48: RadØ spielen bei Statikaufgaben selten eine Rolle, auch hier nicht.

Hinweis 49: Wenn man den Drehpunkt um die Vorderachse wählt, wird die Berechnung der Hebelarme etwas einfacher, aber diesen Ansatz kann man nicht in die folgende Aufgabe übertragen.

Hinweis 50: In meinem Ansatz kommt F_{G2} vor F_{G1} , weil ich die Lageskizze systematisch von links nach rechts durchgehe. Systematisches Vorgehen ist immer ein gutes Mittel, um die eigene Fehlerquote zu senken.

1.2 Abheben

Berechnung über die zulässige Kraft F_{zzul} ($F_V = 0$):

Beim Abheben wird die Vorderachskraft $F_V = 0$.

$$\Sigma M_H = 0 = +F_{G2} \cdot (5 - 2,5) \text{ m} + F_{G1} \cdot (5 - 3) \text{ m} - F_{zzul} \cdot 0,5 \text{ m} \Rightarrow$$

$$F_{zzul} = \frac{F_{G2} \cdot 2,5 \text{ m} + F_{G1} \cdot 2 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} = \frac{320 \text{ kN} \cdot 2,5 + 180 \text{ kN} \cdot 2}{0,5} = 2320 \text{ kN}$$

$F_{zzul} = 2320 \text{ kN} > 200 \text{ kN} = F_{zmax}$ bedeutet, dass der Schlepper nicht abhebt.

Berechnung über die (Rest-)Kraft an der Vorderachse F_V :

$$\Sigma M_H = 0 = -F_A \cdot 5 \text{ m} + F_{G2} \cdot (5 - 2,5) \text{ m} + F_{G1} \cdot (5 - 3) \text{ m} - F_{zmax} \cdot 0,5 \text{ m} \Rightarrow$$

$$F_V = \frac{F_{G2} \cdot 2,5 \text{ m} + F_{G1} \cdot 2 \text{ m} - F_{zmax} \cdot 0,5 \text{ m}}{5 \text{ m}} = \frac{320 \text{ kN} \cdot 2,5 + 180 \text{ kN} \cdot 2 - 200 \text{ kN} \cdot 0,5}{5} = 212 \text{ kN}$$

$F_V = 212 \text{ kN} > 0$ bedeutet, dass die Vorderachse noch nicht abhebt.

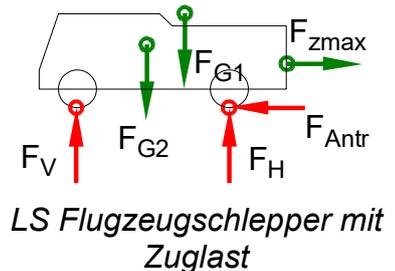
Berechnung über den Kippsicherheitsfaktor:

Der Kippsicherheitsfaktor γ ist der Quotient aus der Summe der haltenden (hier: linksdrehenden) Momente zu den kippenden (hier: rechtsdrehenden) Momenten (hier: um die Hinterradauflage).

$$\gamma = 0 = \frac{|\Sigma M_{Links}|}{|\Sigma M_{Rechts}|} = \frac{|F_{G2} \cdot (5 - 2,5) \text{ m} + F_{G1} \cdot (5 - 3) \text{ m}|}{| - F_{zzul} \cdot 0,5 \text{ m} |} = \frac{320 \text{ kN} \cdot 2,5 + 180 \text{ kN} \cdot 2}{200 \text{ kN} \cdot 0,5 \text{ m}} = 11,6$$

$\gamma > 1$ bedeutet, dass der Schlepper nicht abhebt.

Hinweis 51: Ob die Bedingung „hohe Sicherheit“ erfüllt ist, kann man in keinem Fall sicher beurteilen, weil man keine Definition für „hoch“ hat. ²⁵



25 Da beim Landen des Flugzeuges die Belastungen auf das Fahrwerk vermutlich wesentlich höher sind, kann man annehmen, dass die Sicherheiten im Bodenbetrieb hoch sind.



2 Zugstange

2.1 Laschenhöhe h

Hinweis 52: Die Flächenpressung findet an der Lasche und am Bolzen statt; gerechnet werden muss nur die Lasche, weil ihr Werkstoff die niedrigere zulässige Flächenpressung p_{zul} hat.

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F}{p_{zul}} = \frac{200 \text{ kN}}{80 \text{ N/mm}^2} = 2500 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot h \Rightarrow h_{notwendig} = \frac{A}{d} = \frac{2500 \text{ mm}^2}{50 \text{ mm}} = 50 \text{ mm}$$

2.2 Bolzendurchmesser

Auf Biegung kann man den Bolzen nicht berechnen, weil das Spaltmaß zwischen Lasche und Kupplung nicht bekannt ist. Bei kleinen Spaltmaßen muss die Biegung auch nicht berechnet werden.

Auf Flächenpressung muss man den Bolzen nicht berechnen, wenn in Aufg. 2.1 die Laschenhöhe auf $p_{zul, Lasche} = 80 \text{ MPa}$ ausgelegt wurde \rightarrow dann hält der Bolzen mit der größeren $p_{zul, Bolzen} = 120 \text{ MPa}$ auch. Diese Überlegung sollte man aber angeben.

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F}{p_{zul, Bolzen}} = \frac{200 \text{ kN}}{120 \text{ N/mm}^2} = 1667 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot h \Rightarrow d_{erf} = \frac{A}{h_{notwendig}} = \frac{1667 \text{ mm}^2}{50 \text{ mm}} = 33,3 \text{ mm}$$

Auf Abscherung:

$$\frac{\tau_{aF}}{V} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$S_{erf} = \frac{F_z}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{200 \text{ kN}}{2 \cdot 85 \text{ N/mm}^2} = 1176 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1176 \text{ mm}^2}{\pi}} = 38,7 \text{ mm}$$

Der vorhandene Bolzen $\varnothing 50$ reicht aus.

2.3 Rohrquerschnitt

Auf Zug:

$$\frac{\sigma_{zlim}}{V} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_e}{V} = \frac{305 \text{ N/mm}^2}{3} = 101,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F}{\sigma_{zzul}} = \frac{200 \text{ kN}}{101,7 \text{ N/mm}^2} = 1967 \text{ mm}^2 = 19,67 \text{ cm}^2$$

Gewählt: Rohr DIN 10297-1 – 70x12,5 mit dem Querschnitt $S = 22,58 \text{ cm}^2$



3 Bugfahrwerkstütze

3.1 Maximales Biegemoment

$$M_{bmax} = |F_Z \cdot 2,5 \text{ m}| = 200 \text{ kN} \cdot (2,5 - 0,5) \text{ m} = 400 \text{ kNm}$$

3.2 Rohrquerschnitt

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

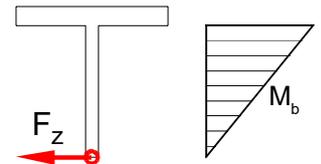
$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} = \frac{895 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 596,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{400 \text{ kNm}}{596,7 \text{ N/mm}^2} = 670,4 \text{ cm}^3$$

$$W = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32 \cdot D} \Rightarrow$$

$$d_{erf} = \sqrt[4]{D^4 - \frac{W \cdot 32 \cdot D}{\pi}} = \sqrt[4]{(220 \text{ mm})^4 - \frac{670,4 \text{ cm}^3 \cdot 32 \cdot 220 \text{ mm}}{\pi}}$$

$$= \sqrt[4]{(22 \text{ cm})^4 - \frac{670,4 \text{ cm}^3 \cdot 32 \cdot 22 \text{ cm}}{\pi}} = 17,0 \text{ cm} = 170 \text{ mm} \quad \text{oder kleiner}$$



3.3 Mögliche zusätzliche Beanspruchungen der Bugfahrwerkstütze:

- Druck und Knickung durch die Gewichtskraft des Flugzeuges
- Deutlich höhere und dynamische Kräfte bei der Landung des Flugzeuges
- Zug durch das Gewicht der Räder bei ausgefahrenem Fahrwerk vor der Landung
- Korrosion durch Witterung und Betriebsstoffe
- Kälte durch das Fliegen in großer Höhe
- seitliche Biegebelastung der Bugfahrwerkstütze, wenn der Schlepper in eine Kurve fährt und die Räder des Bugfahrwerkes einlenken.

3.4 Ti-Legierung

Die Formulierung „Stähle vergleichbarer Festigkeit“ schließt Festigkeit als Antwort aus.

Dagegen ist die Dichte von Titan deutlich geringer als die Dichte von Stahl ($\rho_{Ti} = 4,5 \text{ kg/dm}^3 \ll \rho_{St} = 7,9 \text{ kg/dm}^3 \rightarrow$ [EuroTabM] „Dichte, Werte“), dies spart Gewicht und Betriebskosten bzw. erhöht die mögliche Nutzlast eines Flugzeuges und damit die Einnahmen.

Hinweis 53: Wenn man als Schüler keine Ahnung hat, kann man es auch mit den anderen Eigenschaften versuchen, die für Ti-Legierungen in (\rightarrow [EuroTabM] „Titan, Titanlegierungen“) aufgelistet sind. Zwar stellen diese Eigenschaften keine Vorteile gegenüber Stahl dar und rechtfertigen schon gar nicht den Preisunterschied, aber vielleicht ist der Korrektor ja gnädig .. oder hat auch keine .. ;-)

Wie auch immer: Wenn nichts dasteht, kann ein Korrektor keine Punkte vergeben!



4 Dieselmotor

4.1 Zustandsdiagramm

Hinweis 54: Das Zustandsdiagramm des Dieselmotors könnte man bei dieser Aufgabe aus den gegebenen Zustandsgrößen erschließen. In anderen Aufgaben sind diese aber nicht gegeben, ergo muss man die Zustandsänderungen für die im Lehrplan gängigen Wärmekraftmaschinen auswendig kennen.

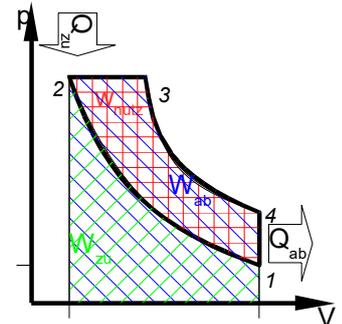
W_{zu} : Fläche unterhalb der Zustandsänderung 1-2

W_{ab} : Fläche unterhalb der Zustandsänderungen 2-3-4

W_{nutz} : Fläche zwischen den Zustandsänderungen 1-2-3-4-1

Q_{zu} : während der Zustandsänderung 2-3 (Verbrennung)

Q_{ab} : während der Zustandsänderung 4-1 (Gaswechsel)



4.2 Luftmasse

Die Luftmasse berechnet man mit den Zustandsgrößen eines der Eckpunkte. Eine der Rechnungen genügt:

$$p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T \quad \Rightarrow$$

$$m = \frac{p_1 \cdot V_1}{R_i \cdot T_1} = \frac{0,9 \text{ bar} \cdot 1,6 \text{ dm}^3}{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273+20) \text{ K}} = \frac{0,9 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 1,6 \cdot (0,1 \text{ m})^3}{287 \frac{\text{Nm}}{\text{kgK}} \cdot 293 \text{ K}} = 1,71 \text{ g}$$

$$m = \frac{p_2 \cdot V_2}{R_i \cdot T_2} = \frac{59,7 \text{ bar} \cdot 0,08 \text{ dm}^3}{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273+698,1) \text{ K}} = \dots = 1,71 \text{ g}$$

$$m = \frac{p_3 \cdot V_3}{R_i \cdot T_3} = \frac{59,7 \text{ bar} \cdot 0,1812 \text{ dm}^3}{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273+1927) \text{ K}} = \dots = 1,71 \text{ g}$$

$$m = \frac{p_4 \cdot V_4}{R_i \cdot T_4} = \frac{2,8 \text{ bar} \cdot 1,6 \text{ dm}^3}{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273+647,6) \text{ K}} = \dots = 1,71 \text{ g}$$



4.3 Nutzarbeit W_{Nutz}

Die Nutzarbeit kann man mit der Bilanz der mechanischen Arbeiten oder – kürzer – mit der Bilanz der Wärmemengen berechnen. Geringfügige Abweichungen durch gerundete Werte sind bei solchen Rechnungen typisch und nicht weiter tragisch.

Berechnung mit den Wärmemengen:

$$0 = \Sigma Q + \Sigma W = \Sigma Q + W_{\text{Nutz}} \Rightarrow$$

$$W_{\text{Nutz}} = -Q_{12} - Q_{23} - Q_{34} - Q_{41} = 0 - 2099,6 \text{ J} - 0 - (-766,0 \text{ J}) \approx -1334 \text{ J}$$

Isobare Zustandsänderung 2-3:

$$Q_{23} = c_p \cdot m \cdot \Delta T_{23} = 1005 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 1,7 \text{ g} \cdot [(273+1927) - (273+698,1)] \text{ K} = 2099,6 \text{ J}$$

Isochore Zustandsänderung 4-1:

$$Q_{41} = c_v \cdot m \cdot \Delta T_{41} = 718 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 1,7 \text{ g} \cdot [(20+273) - (647,6+273)] \text{ K} = -766,0 \text{ J}$$

Berechnung mit den mechanischen Arbeiten:

$$W_{\text{Nutz}} = \Sigma W = +W_{12} + W_{23} + W_{34} + W_{41} = 827,1 \text{ J} - 604,2 \text{ J} - 1561 \text{ J} + 0 \approx -1338 \text{ J}$$

Adiabate Zustandsänderung 1-2:

$$W_{12} = -\frac{m \cdot R_i}{1-\kappa} \cdot [T_2 - T_1] = -\frac{1,7 \text{ g} \cdot 287 \text{ J/kgK}}{1-1,4} \cdot [(273+698,1) - (273+20)] \text{ K} = 827,1 \text{ J}$$

oder

$$W_{12} = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{1-\kappa} \cdot \left[\left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa-1} - 1 \right] = -\frac{1,7 \text{ g} \cdot 287 \text{ J/kgK} \cdot (273+20) \text{ K}}{1-1,4} \cdot \left[\left[\frac{1,6 \text{ l}}{0,08 \text{ l}} \right]^{1,4-1} - 1 \right] = 827,1 \text{ J}$$

oder

$$W_{12} = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{1-\kappa} \cdot \left[\left[\frac{p_2}{p_1} \right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] = -\frac{1,7 \text{ g} \cdot 287 \text{ J/kgK} \cdot 293 \text{ K}}{1-1,4} \cdot \left[\left[\frac{59,7 \text{ bar}}{0,9 \text{ bar}} \right]^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right] = 827,1 \text{ J}$$

Isobare Zustandsänderung 2-3:

$$W_{23} = -p_2 \cdot \Delta V_{23} = -59,7 \text{ bar} \cdot (0,1812 - 0,08) \text{ l} = -59,7 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 0,1012 (0,1 \text{ m})^3 = -604,2 \text{ J}$$

Adiabate Zustandsänderung 3-4:

$$W_{34} = -\frac{m \cdot R_i}{1-\kappa} \cdot [T_4 - T_3] = -\frac{1,7 \text{ g} \cdot 287 \text{ J/kgK}}{1-1,4} \cdot [(273+647,6) - (273+1927)] \text{ K} = -1560,5 \text{ J}$$

oder

$$W_{34} = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_3}{1-\kappa} \cdot \left[\left[\frac{V_3}{V_4} \right]^{\kappa-1} - 1 \right] = -\frac{1,7 \text{ g} \cdot 287 \text{ J/kgK} \cdot 2200 \text{ K}}{1-1,4} \cdot \left[\left[\frac{0,1812 \text{ l}}{1,6 \text{ l}} \right]^{1,4-1} - 1 \right] = -1560,6 \text{ J}$$

oder

$$W_{34} = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_3}{1-\kappa} \cdot \left[\left[\frac{p_4}{p_3} \right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] = -\frac{1,7 \text{ g} \cdot 287 \text{ J/kgK} \cdot 2200 \text{ K}}{1-1,4} \cdot \left[\left[\frac{2,8 \text{ bar}}{59,7 \text{ bar}} \right]^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right] = -1563,9 \text{ J}$$



4.4 Leistung²⁶

Die Aufgabe lässt offen, ob es sich um einen Zwei- oder Viertakt-Diesel handelt.²⁷
Für Schüler genügt eine der Lösungen:

Viertakt-Diesel: Bei einem Viertakt-Motor findet nur bei jeder zweiten Kurbelwellen-Umdrehung ein Arbeitstakt statt, daher der Teiler 2 in der Rechnung:

$$P = \left| \frac{W_{\text{nutz}}}{t} \right| = \left| W_{\text{Nutz}} \cdot \frac{n}{2} \right| = 1335 \text{ J} \cdot \frac{4000 \text{ min}^{-1}}{2} = 1335 \text{ J} \cdot \frac{4000}{2 \cdot 60 \text{ s}} = \frac{1335 \text{ J}}{0,03 \text{ s}} = 44,5 \text{ kW}$$

Die geforderte Leistung wird von einem Viertakt-Diesel bei weitem nicht erbracht.

Zweitakt-Diesel: Bei einem Zweitakt-Motor findet bei jeder Kurbelwellenumdrehung ein Arbeitstakt statt, deshalb entfällt der Teiler 2:

$$P = \left| \frac{W_{\text{nutz}}}{t} \right| = \left| W_{\text{Nutz}} \cdot n \right| = 1335 \text{ J} \cdot 4000 \text{ min}^{-1} = 1335 \text{ J} \cdot \frac{4000}{60 \text{ s}} = \frac{1335 \text{ J}}{0,015 \text{ s}} = 89 \text{ kW}$$

In der Zweitakt-Variante wird die geforderte Leistung erbracht.

Hinweis 55: Wer in Aufg. 3.2 kein Ergebnis hat, kann für Aufg. 4.4 eines annehmen, zB: „Ich nehme an, dass $|W_{\text{Nutz}}| = 100 \text{ J}$ ist.“

4.5 Steigerung der Nutzarbeit

Hinweis 56: Hier muss man nichts von Motoren verstehen, sondern Schlussfolgerungen aus dem Zustandsdiagramm und den Formeln ziehen²⁸.

Aus dem Zustandsdiagramm kann man folgende Möglichkeiten herauslesen, um seine Fläche und damit die Nutzarbeit zu vergrößern:

- V_1 und $V_4 \uparrow \rightarrow$ Hubraum vergrößern (größere oder mehr Zylinder)
- $V_2 \downarrow$ und $p_2 \uparrow \rightarrow$ Verdichtung erhöhen (wird genutzt, macht aber andere Probleme)
- $V_3 \uparrow$ und $p_4 \uparrow = Q_{\text{zu}}$ steigern \rightarrow mehr Kraftstoff(-Luft-Gemisch) verbrennen²⁹.
- Zustandsänderungen verbiegen \rightarrow im idealisierten Zustandsdiagramm nicht möglich (d.h., man kann p_1 nicht unabhängig von p_2 , V_2 nicht unabhängig von V_3 usw. ändern)

Aus den Formeln für W_{nutz} kann man weitere Möglichkeiten entnehmen³⁰:

- m erhöhen \rightarrow Ladedruck erhöhen (Turbolader, Kompressor ..), Luft verdichten (Ladeluftkühler ..), langsamere Drehzahl und ausgefeilte Ansaugtechniken (polierte Ansaugrohre, Resonanzsaugrohre ..) erhöhen die Zylinderfüllung
- c_v und c_p bzw. R_i und κ variieren \rightarrow Zusammensetzung der Gase ändern.³¹
- T_3 erhöhen \rightarrow Kraftstoffe mit höheren Verbrennungstemperaturen verwenden (gelegentlich im Rennsport)

26 Wie schnell fährt ein Schlepper mit 80 kW und 200 kN Zuglast? Ein zukünftiger Ingenieur sollte das im Kopf rechnen können: $P = F \cdot v \Rightarrow v = P/F = (80 \text{ kW})/(200 \text{ kN}) = 0,4 \text{ m/s} = 24 \text{ m/min} = 1,44 \text{ km/h}$. Wer das im Abi rechnet und dann an seinen Werten zweifelt, hat wohl ein Problem.

27 Auch im idealisierten Zustandsdiagramm ohne Ladungswechselschleife kann man den Unterschied nicht erkennen und was gerade marktüblich ist, muss ein Schüler nicht wissen. Gegeben hat es im Motorenbau schon alles!

28 Damit kommt man weiter als mit unverdauten Schlagworten: Direkteinspritzung, V-Motor, .., Alu-Felgen ;-)

29 Bei Dieselmotoren beeinflusst das Gaspedal die Menge des eingespritzten Kraftstoffes bei konstanter Luftmenge. Mehr Kraftstoff einzuspritzen ist einfach, aber sinnlos, wenn nicht genügend Luft vorhanden ist (=Rußgrenze). Deshalb bleibt die Luftmenge m das konstruktive Problem im Motorenbau ($\rightarrow m$ erhöhen).

30 Die Interpretation der Formeln ist schwieriger, weil manche Werte in verschiedenen Formeln entgegengesetzt wirken. Beispiel: Eine kleine Temperatur T_2 senkt die zugeführte Arbeit W_{12} (und steigert scheinbar indirekt W_{nutz}), gleichzeitig senkt sie auch den Druck p_2 und damit die abgegebenen Arbeiten W_{23} und W_{34} .

31 Solche Maßnahmen gibt es zwar, sie verfolgen aber andere Ziele. Beispiel: Abgasrückführung oder Wasser im Diesel sollen die Verbrennungsspitzen-temperatur und damit den Stickoxid-Gehalt im Abgas senken.



tgtm HP 2014/15-2: QualiTech e.K.

(Pflichtaufgabe)

Die QualiTech e.K. ist ein mittelständisches Unternehmen, das verschiedene Zerspanteile als Zulieferprodukte herstellt. Trotz guter Stellung am Markt könnten die Absatzzahlen noch gesteigert werden. Hierzu wären größere Investitionen notwendig. Eines der beiden bestehenden Lagergebäude müsste abgerissen werden. An derselben Stelle müsste eine neue Lagerhalle entstehen. Hierfür liegen zwei unterschiedliche Angebote vor. Außerdem ist im Produktionsbereich die Anschaffung einer Anlage zusätzlich zu den bereits vorhandenen drei Produktionsanlagen geplant.

- 1 Nennen Sie die beiden Investitionsarten (nach dem Zweck), die in obigem Text angesprochen werden. 1,0
- 2 Die QualiTech e.K. möchte die vorliegenden Angebote für die Lagerhalle mit Hilfe der Kostenvergleichsrechnung bewerten.
 - 2.1 Nennen Sie zwei wesentliche Kostenarten, die für die Durchführung der Kostenvergleichsrechnung erforderlich sind. 1,0
 - 2.2 Beurteilen Sie, ob dieses Verfahren für die geplante Investition in die Lagerhalle geeignet ist.
- 3 Geschäftsinhaber Otto Lenz (Diplom-Ingenieur) plant aufgrund der zu erwartenden guten Geschäftsentwicklung eine Umfirmierung in eine OHG. Seine langjährigen Bekannten Paul Sommer und Willi Winter, beide Diplom-Kaufleute, sollen Mitgesellschafter werden. 2,0
Bestimmen Sie vier Gründe, die Lenz zu diesem Schritt bewogen haben könnten.
- 4 Der Gesellschaftsvertrag wird am 01.03. geschlossen. Der Handelsregistereintrag soll am 30.03. erfolgen. Bereits am 20.03. schließt Sommer einen Kaufvertrag mit einem Lieferanten ab. 3,0
Untersuchen Sie, anhand der angegebenen Daten, wann die OHG entstanden ist.
- 5 Willi Winter sieht die Chance, von der Stadt Gewerbeflächen erwerben zu können. Am 10.08. nimmt Winter deshalb einen Großkredit in Höhe von 800.000,00 Euro auf. Lenz und Sommer erfahren von dem Kreditgeschäft erst nach Vertragsabschluss. Für die Geschäftsführung und die Vertretung gelten laut Gesellschaftsvertrag die gesetzlichen Regelungen. 4,0
Überprüfen Sie für das Innen- und das Außenverhältnis, ob Winter für das Kreditgeschäft die Befugnisse besaß und ob es gegenüber der Bank gültig ist.
- 6 Lenz und Sommer sind mit der Vorgehensweise Winters unzufrieden. Sommer meint:
„Wenn die Bank mit irgendwelchen Forderungen auf mich zukommt, werde ich auf Winter verweisen. Weder bin ich bereit, auch nur einen Teil zu bezahlen, noch mit meinem Privatvermögen für die Fehlentscheidung Winters einzustehen!“
Lenz sieht Sommers Äußerung skeptisch.
 - 6.1 Begründen Sie, durch Erläuterung der Haftungsgrundsätze bei der OHG, wer von beiden Recht hat. 3,0
 - 6.2 Stellen Sie mit Hilfe des Gesetzes Möglichkeiten dar, das aus Ihrer Sicht geschäftsschädigende Verhalten Winters künftig zu unterbinden. 2,0
- 7 Sommer ist der Meinung, der Wirtschaftsstandort Deutschland biete eigentlich überwiegend Nachteile. Die QualiTech OHG sollte daher Teile der Produktion ins osteuropäische Ausland verlagern. 2,0
Wägen Sie zwei Pro- und zwei Contra-Argumente in dieser Frage ab und treffen Sie eine begründete Entscheidung.

20,0



tgtm HP 2014/15-3: Befestigungsplatte

(Wahlaufgabe)

Auf einer CNC-Fräsmaschine soll die Befestigungsplatte aus S235JR gemäß gegebener Zeichnung gefertigt werden. Alle Bohrungen, die Kreistasche und die bogenförmige Nut sind durchgängig. Werkzeuge sind dem Werkzeugspeicher (Arbeitsblatt 1) zu entnehmen.

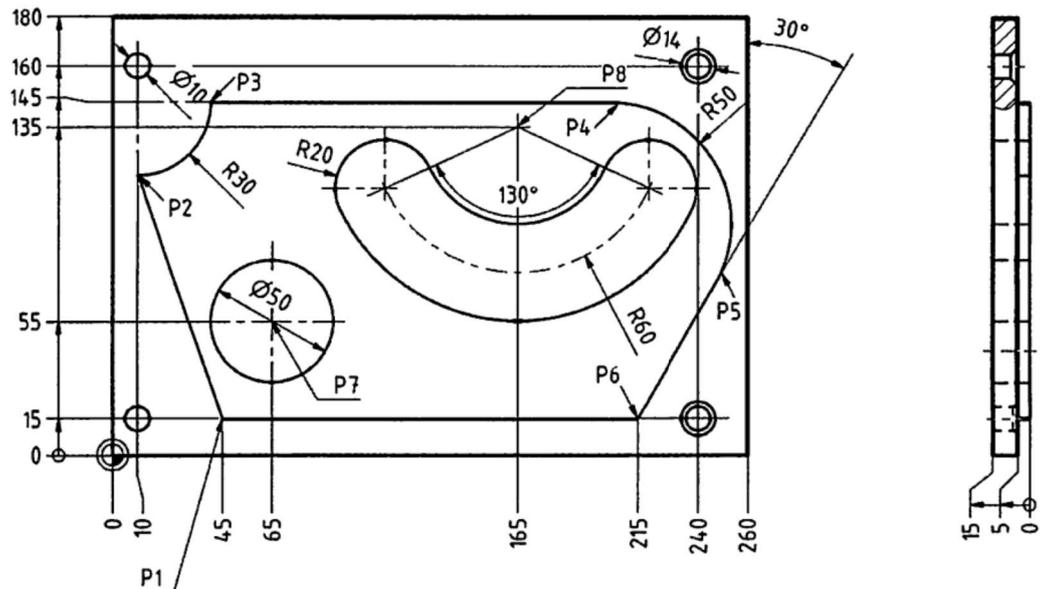


Bild: Befestigungsplatte (unmaßstäblich)

Werkzeugwechsellpunkt P0: X-100, Y-100, Z300.

- 1 Berechnen Sie die technologischen Daten n und v_f für das Werkzeug T2. Geben Sie den Rechenweg an und ergänzen Sie die Tabelle auf dem Arbeitsblatt 1. 3,0
- 2 Bestimmen Sie für den Koordinatenplan auf dem Arbeitsblatt 1 die Punkte P1 – P6. Entwickeln Sie einen rechnerischen Lösungsweg für die fehlenden Koordinaten von P5. 5,0
- 3 Wählen Sie den geeignetsten Fräser aus dem Werkzeugspeicher zur Herstellung der Außenkontur. Begründen Sie Ihre Wahl. 2,0
- 4 Entwerfen Sie ein CNC-Programm für die Nut (Kreisbogen). Starten und beenden Sie hierzu den Programmteil im Werkzeugwechsellpunkt (P0) unter Verwendung eines geeigneten Werkzeuges. 3,0
- 5 Entwickeln Sie einen geeigneten Zyklus zur Herstellung der Bohrung $\text{Ø}50$. Ergänzen Sie hierzu den unten stehenden Programmteil. 2,0
- 6 Bestimmen Sie zur Herstellung der beiden Senkungen, wie tief der Senker ab Werkstückoberfläche eintauchen muss. 2,0
- 7 Die Bearbeitungszeit zum Fräsen der Außenkontur ist mit Hilfe eines Schneidstoffwechsels von HSS auf HM zu reduzieren. Der Durchmesser d , der Vorschubwert f_z und die Zähnezahl z des Fräsers bleiben gleich. 3,0

Es gilt:

$$V_{c \text{ Hartmetall}} = 5 \cdot V_{c \text{ HSS}}$$

$$\text{Vorschubweg } L = 900 \text{ mm}$$

$$\text{Vorschubgeschwindigkeit } v_{f \text{ HSS}} = 231 \text{ mm/min}$$

Untersuchen Sie, ob eine Reduzierung von 2 Minuten erreicht werden kann.



Um sich auch weiterhin gegen die Mitbewerber auf dem Markt durchsetzen zu können, ist Otto Lenz der Meinung, man müsse dauerhaft die Preise auf einem günstigen Niveau halten. Die Gesellschafter entscheiden sich daher, in eine neue Anlage zu investieren. Dazu soll ein Kredit aufgenommen werden. Lenz schlägt vor, diesen durch eine Sicherungsübereignung abzusichern.

- | | | |
|------|--|-----|
| 8 | Nennen Sie zwei weitere Möglichkeiten der Kreditsicherung. | 1,0 |
| 9 | Erklären Sie, worum es sich bei einer Sicherungsübereignung handelt und worin aus Sicht der QualiTech OHG der Vorteil liegt. | 3,0 |
| 10 | Die neu anzuschaffende Anlage ist wesentlich produktiver als die bisherige. Der Materialausschuss kann verringert und die Produktionsmenge in derselben Zeit erhöht werden. Außerdem können drei Arbeitskräfte eingespart werden. Von der Kündigung betroffen ist auch der Mitarbeiter Karl Zittlau. Die Kündigung erfolgt am 12. März. Zittlau ist seit 14 Jahren bei dem Unternehmen beschäftigt.

Ermitteln Sie auf Basis der gesetzlichen Bestimmungen die Kündigungsfrist und überprüfen Sie, wann das Arbeitsverhältnis beendet ist. | 2,0 |
| 11 | Von seinem Arbeitgeber erhält Zittlau ein Arbeitszeugnis, in dem es unter anderem heißt:

<i>„Herr Zittlau war im Rahmen seiner Möglichkeiten bemüht, den an ihn gestellten Anforderungen gerecht zu werden. (...) Seine Arbeit verrichtete er im Großen und Ganzen zu unserer Zufriedenheit (...) Durch seine Geselligkeit trug er zur Verbesserung des Betriebsklimas bei.“</i> | |
| 11.1 | Untersuchen Sie allgemein den inhaltlichen Unterschied zwischen einem einfachen und einem qualifizierten Arbeitszeugnis. | 2,0 |
| 11.2 | Analysieren Sie anhand obiger Formulierungen den Auszug aus diesem Arbeitszeugnis und erteilen Sie begründet eine Gesamtnote zwischen eins und sechs. | 2,0 |

40,0



Arbeitsblatt

Zu Aufgabe 1: Auszug aus dem Werkzeugspeicher mit Technologiedaten

Werkzeug		d [mm]	z	v _c [m/min]	f [mm]	f _z [mm]	a _p [mm]	n [min ⁻¹]	v _f [mm/min]
HSS - NC-Senker 90°	T1	16	-	40	0,1	-	-	796	80
HSS - Schafffräser	T2	55	8	50	-	0,1	5		
HSS - Bohrnutenfräser	T3	36	4	50	-	0,1	5	442	177
HSS - Bohrnutenfräser	T4	40	4	50	-	0,1	5	398	159

Zu Aufgabe 2: Koordinatenplan

Punkt	X	Y	Z	I	J
P0	-100	-100	300		
P1					
P2					
P3					
P4	203,453				
P5					
P6					
P7	65	55	-17		
P8	165	135	-17		



Lösungsvorschläge

CNC (17 P): Einstelldaten ; Koordinaten; Werkzeugauswahl; Kreisbogen, Bohrzyklus, Senkung programmieren
Allgemein (3 P): Berechnung zur Taktzeitreduktion

Hinweis 57: Werte, die in einer Teilaufgabe berechnet wurden, können in anderen Teilaufgaben übernommen werden, hier z.B. i_{ges} , η_{ges} , n_{Rad} .

1 Schnittdaten

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{50 \text{ m/min}}{\pi \cdot 55 \text{ mm}} = 289,4 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \text{ mm} \cdot 8 \cdot 289,4 \text{ min}^{-1} = 231 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Werkzeug		d [mm]	z	v_c [m/min]	f [mm]	f_z [mm]	a_p [mm]	n [min ⁻¹]	v_f [mm/min]
HSS – NC-Senker 90°	T1	16	-	40	0,1	-	-	796	80
HSS – Schafffräser	T2	55	8	50	-	0,1	5	289	231
HSS – Bohrnutenfräser	T3	36	4	50	-	0,1	5	442	177
HSS – Bohrnutenfräser	T4	40	4	50	-	0,1	5	398	159

2 Koordinaten

$$P2 y = P3 y - R30 \\ = 145 \text{ mm} - 30 \text{ mm} = 115 \text{ mm}$$

$$P3 x = P2 x + R30 \\ = 10 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$$

$$P5 x = P4 x + R50 \cdot \sin 120^\circ \\ = 203,453 \text{ mm} + 50 \text{ mm} \cdot \sin 120^\circ \\ = 246,754 \text{ mm}$$

$$P5 y = P4 y - R50 + R50 \cdot \cos 120^\circ \\ = (145 - 50 + 50 \cdot \cos 120^\circ) \text{ mm} \\ = 70 \text{ mm}$$

Ohne P4x geht es auch:

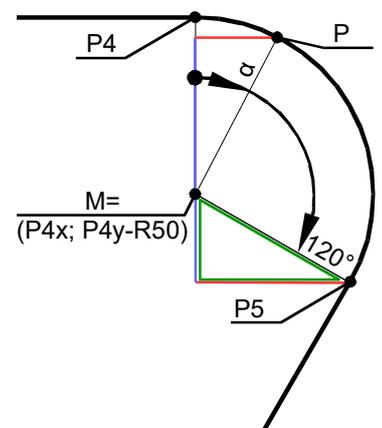
$$P5 x = P6 x + (P5 y - P6 y) \cdot \tan 30^\circ \\ = [215 + (70 - 15) \cdot \tan 30^\circ] \text{ mm} \\ = 246,754 \text{ mm}$$

Punkt	X	Y	Z	I	J
P0	-100	-100	300		
P1	45	15	-5		
P2	10	115	-5		
P3	40	145	-5	0	30
P4	203,453	145	-5		
P5	246,754	70	-5	0	-50
P6	215	15	-5		
P7	65	55	-17		
P8	165	135	-17		

Hinweis 58 zur Berechnung von P5: Wenn man den Punkt P ausgehend vom Punkt M und dem Dreieck mit dem Winkel α berechnet, funktioniert der Ansatz auf dem ganzen Kreisbogen auch für P5 und den Winkel $\alpha = 120^\circ$.

Rot: $R50 \cdot \sin \alpha$ Blau: $R50 \cdot \cos \alpha$

Natürlich kann man P5 auch mit dem **grünen Dreieck** berechnen.



3 Werkzeugwahl

Gewählt: Schafffräser T2; Begründung:

- Es handelt sich um den einzigen Schafffräser. NC-Senker sind für diese Aufgabe nicht geeignet, Bohrnutenfräser nicht optimiert (weniger Zähne → geringere Vorschubgeschwindigkeit → weniger wirtschaftlich).

Sein großer Durchmesser $\varnothing 55$ minimiert Ausräumarbeiten an der Außenkontur, passt aber noch für den Innenradius R30

T2 ermöglicht die größte Vorschubgeschwindigkeit, das kann Hauptnutzungszeit sparen

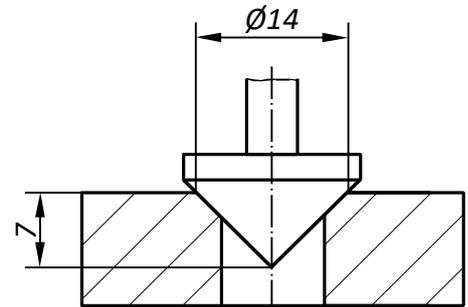


- 4 Nutenfräszyklus (Kreisbogen) 5,0
- | | | | | | | | |
|------|-----|--------|--------|------------|----|-----|----------------------------|
| N... | G00 | X-100 | Y-100 | Z300 | | | |
| | | T3 | S442 | F177 | M3 | | ; Werkzeugwechsel |
| N... | G00 | X165 | Y145 | Z2 | | | ; Anfahrt (kann entfallen) |
| N... | G75 | ZA-16 | BP40 | RP60 | D5 | V1 | |
| | | AO-130 | AP-155 | oder AN-25 | | EP0 | ; Definition mit Start bei |
| P4 | | | | | | | |
| N... | G79 | X165 | Y145 | Z2 | | | ; Zyklusaufruf |
| N... | G00 | X-100 | Y-100 | Z300 | | | ; Rücksturz zur Erde ;-) |

- 5 Bohrung 5,0
- | | | | | | | | |
|------|-----|-------|-----|----|----|-----|-------------------------------|
| N... | G73 | ZA-16 | R25 | D5 | V1 | EP0 | ; Definition mit Start bei P4 |
| N... | G79 | X65 | Y55 | | | | ; Zyklusaufruf |

6 Senktiefe

Bei 90°-Senkern ist die Senktiefe $t = \frac{d}{2} = \frac{14\text{mm}}{2} = 7\text{mm}$



7 Zeit sparen

Wenn die Schnittgeschwindigkeit vom HM 5x größer als bei HSS ist ($v_{\text{cHM}} = 5x v_{\text{cHSS}}$), folgt mit $v_c = \pi \cdot n \cdot d$ und $v_f = f_z \cdot z \cdot n$, dass auch Drehzahl ($n_{\text{HM}} = 5x n_{\text{HSS}}$) und Vorschubgeschwindigkeit ($v_{f\text{HM}} = 5x v_{f\text{HSS}}$) im gleichen Verhältnis größer werden.

$$v_{f\text{HM}} = 5 \cdot v_{f\text{HSS}} = 5 \cdot 231 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = 1155 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow$$

$$t_{\text{HSS}} = \frac{L}{v_{f\text{HSS}}} = \frac{900\text{ mm}}{231\text{ mm/min}} = 3,90\text{ min}$$

$$t_{\text{HM}} = \frac{L}{v_{f\text{HM}}} = \frac{900\text{ mm}}{1155\text{ mm/min}} = 0,78\text{ min}$$

Zeitersparnis:

$$t_{\text{Reduzierung}} = t_{\text{HSS}} - t_{\text{HM}} = 3,90\text{ min} - 0,78\text{ min} \approx 3,1\text{ min}$$

Die Reduzierung von 2 min wird erreicht.

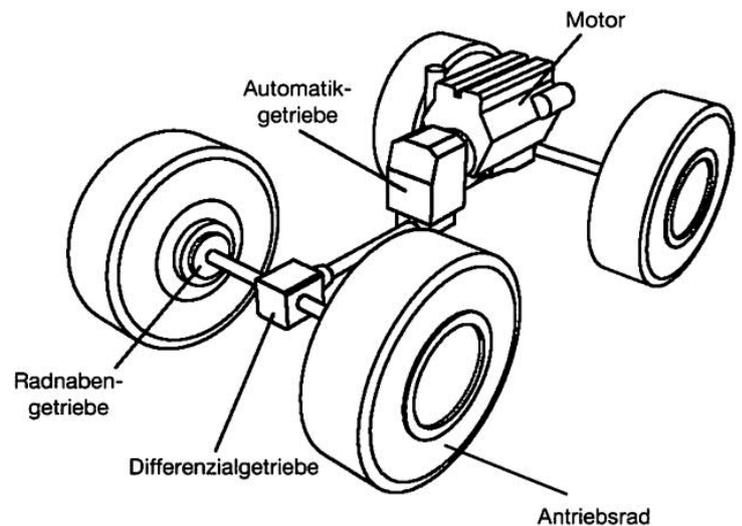
8 und folgende: Hier keine Lösungen



tgtm HP 2014/15-4: Antriebseinheit

(Wahlaufgabe)

Der Flugzeugschlepper verfügt über eine Antriebseinheit bestehend aus Motor, Getriebe und Antriebsräder.



Technische Daten:

Maximale Motordrehzahl:	$n_{\text{Mot}} = 2\,150 \text{ min}^{-1}$
Maximales Motordrehmoment:	$M_{\text{max}} = 2\,500 \text{ Nm}$
Automatikgetriebe:	$i_A = 4,8$ $\eta_A = 0,95$
Differentialgetriebe:	$\eta_D = 0,92$
Radnabengetriebe:	$i_R = 7,5$ $\eta_R = 0,92$
Höchstgeschwindigkeit:	$v_{\text{max}} = 6 \text{ km/h}$
Durchmesser der Räder:	$D = 1,6 \text{ m}$

- 1 Stellen Sie die Antriebseinheit des Flugzeugschleppers als Blockschaltbild dar und berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad des Getriebes. 3,0
- 2 Der Flugzeugschlepper soll Höchstgeschwindigkeit fahren. 3,0
Ermitteln Sie das entsprechende Übersetzungsverhältnis des Differentialgetriebes.
- 3 Die Antriebseinheit muss zum Schleppen eine Mindestzugkraft $F_z = 200 \text{ kN}$ leisten. 4,0
Überprüfen Sie, ob die auftretende Vortriebskraft des Flugzeugschleppers ausreicht.
- 4 Für die Räder des Flugzeugschlepper sind Rillenkugellager mit folgenden 3,0
Randbedingungen vorgesehen:
Lebensdauer: $L_{10h} = 2\,500 \text{ h}$
Radiallast: $F_r = 150 \text{ kN}$
Bestimmen Sie ein geeignetes Lager.
- 5 An einem Zahnrad des Differentialgetriebes wird die Drehzahl ermittelt. Hierzu 3,0
werden die Zähne mit einem Sensor erfasst. Jeder Zahn soll ein Schaltsignal am Sensor auslösen.
Mögliche Störeinflüsse durch Getriebeöl sind zu berücksichtigen.
- 5.1 Wählen Sie einen geeigneten Sensor und begründen Sie Ihre Wahl. 2,0
- 5.2 Der zum Einsatz kommende Sensor hat eine Schaltfrequenz von 200 Signalen pro 3,0
Sekunde. Das Zahnrad hat 120 Zähne.
Entwickeln Sie einen Lösungsansatz zur Bestimmung der maximal erfassbaren Drehzahl.
- 6 Sobald der Drehzahlüberwachungssensor -BG1 ein Signal liefert, soll das Fahren 2,0
des Flugzeugschleppers durch eine gelbe Warnleuchte -PF1 angezeigt werden.
Zeichnen Sie das dazugehörige Programmteil in Funktionsbausteinsprache.



Paul Sommer ist bei der QualiTech OHG für die Durchführung der Kosten- und Leistungsrechnung zuständig. Im Gespräch mit Lenz erwähnt Sommer ständig den Begriff „BAB“ und „kalkulatorischer Unternehmerlohn“.

- 7 Nennen Sie die drei Teilbereiche, in welche die Vollkostenrechnung der Kosten- und Leistungsrechnung allgemein eingeteilt wird. 1,0
- 8 Erklären Sie, welche Funktion ein BAB erfüllt. 1,0
- 9 Kalkulatorischer Unternehmerlohn
- 9.1 Erläutern Sie, auf welcher Grundlage die Höhe des kalkulatorischen Unternehmerlohns ermittelt wird. 1,0
- 9.2 Begründen Sie, aus Sicht der QualiTech OHG, die Notwendigkeit des Ansatzes eines kalkulatorischen Unternehmerlohns in der Kostenrechnung. 1,0
- 10 Aus der Kostenrechnung der QualiTech OHG sind für eine Befestigungsplatte bekannt: 4,0
- | | |
|----------------------------------|-------------|
| Selbstkosten pro Stück: | 140,00 Euro |
| Gewinn pro Stück: | 36,40 Euro |
| Verkaufspreis pro Stück (brutto) | 238,00 Euro |
- Konditionen:
- Bei Zahlung innerhalb 10 Tagen: 2 % Skonto
- Kundenrabatt: 10 % Rabatt
- Für die Mehrwertsteuer gilt der Regelsatz von 19 %.
- Ein Mitbewerber bietet das gleiche Teil zu 214,20 Euro (brutto) an.
- Ihre bisherigen Konditionen sollen beibehalten werden.
- Die Selbstkosten von 140,00 Euro je Stück sollen nicht unterschritten werden.
- Untersuchen Sie durch eine Rückwärtskalkulation bis zum Barverkaufspreis, ob die QualiTech OHG eine Gewinnspanne von mindestens 25,00 Euro je Stück halten könnte, wenn sie denselben Verkaufspreis wie der Mitbewerber verlangen möchte.
- 11 Um auf dem Markt wettbewerbsfähig zu sein, müssen alle Kostensenkungspotentiale ausgeschöpft werden. 2,0
- Analysieren Sie in den Bereichen Lohn- und Materialkosten mögliche Kosteneinsparungspotentiale.

40,0

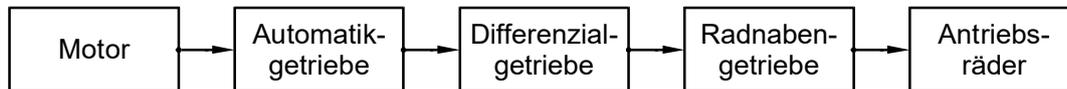


Lösungsvorschläge

Getriebe (10 P): Blockschaltbild; Gesamtwirkungsgrad;
 ME (3 P): Wälzlagerauswahl
 SPS (4 P): Sensorauswahl; FBS (sehr einfach)
 Allgemein (3 P): Erfassungsgeschwindigkeit eines Sensors

Hinweis 59: Werte, die in einer Teilaufgabe berechnet wurden, können in andere Teilaufgaben übernommen werden, hier z.B. i_{ges} , η_{ges} , n_{Rad} .

1 Blockschaltbild und Wirkungsgrad



$$\eta_{ges} = \eta_A \cdot \eta_D \cdot \eta_R = 0,95 \cdot 0,92 \cdot 0,92 = 0,804$$

2 Übersetzungsverhältnis des Differentialgetriebes

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{Rad} = \frac{v_{max}}{\pi \cdot D} = \frac{6 \text{ km/h}}{\pi \cdot 1,6 \text{ m}} = \frac{6000 \text{ m}}{\pi \cdot 1,6 \text{ m} \cdot 60 \text{ min}} = 19,9 \frac{1}{\text{min}}$$

$$i_{ges} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_{Mot}}{n_{Rad}} = \frac{2150 \text{ min}^{-1}}{19,9 \text{ min}^{-1}} = 108,1$$

$$i_{ges} = i_A \cdot i_D \cdot i_R \Rightarrow i_D = \frac{i_{ges}}{i_A \cdot i_R} = \frac{108,1}{4,8 \cdot 7,5} = 3,0$$

3 Vortriebskraft

Über die verfügbare Kraft F_{Rad} am Rad (= 'auftretende Vortriebskraft') berechnet:

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} \Rightarrow M_{Rad \text{ verf}} = M_{Mot} \cdot i_{ges} \cdot \eta_{ges} = 2500 \text{ Nm} \cdot 108,1 \cdot 0,804 = 217,3 \text{ kNm}$$

$$M = F \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow F_{Rad \text{ verf}} = \frac{2 \cdot M_{Rad}}{D} = \frac{2 \cdot 217,3 \text{ kNm}}{1,6 \text{ m}} = 271,6 \text{ kN}$$

$F_{Rad \text{ verf}} = 271 \text{ kN} > F_z = 200 \text{ kN} \rightarrow$ ausreichend.

Über das Moment am Rad berechnet:

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} \Rightarrow M_{Rad \text{ verf}} = M_{Mot} \cdot i_{ges} \cdot \eta_{ges} = 2500 \text{ Nm} \cdot 108,1 \cdot 0,804 = 217,3 \text{ kNm}$$

$$M_{Rad \text{ erf}} = F_z \cdot \frac{D}{2} = 200 \frac{\text{kN} \cdot 1,6 \text{ m}}{2} = 160 \text{ kNm}$$

$M_{Rad \text{ verf}} = 217 \text{ kNm} > M_{Rad \text{ erf}} = 160 \text{ kNm} \rightarrow$ ausreichend.

Über die Leistung am Motor berechnet:

$$P_{Mot \text{ verf}} = 2 \pi \cdot M_{Mot} \cdot n_{Mot} = 2 \pi \cdot 2500 \text{ Nm} \cdot \frac{2150}{60 \text{ s}} = 563 \text{ kW}$$

$$P_{Rad \text{ erf}} = F_z \cdot v_{max} = 200 \text{ kN} \cdot 6 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 200 \text{ kN} \cdot 6 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 200 \text{ kN} \cdot 1,6 \bar{6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 333, \bar{3} \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{Mot \text{ erf}} = \frac{P_{Rad \text{ erf}}}{\eta_{ges}} = \frac{333, \bar{3} \text{ kW}}{0,804} = 415 \text{ kW}$$

$P_{Mot \text{ verf}} = 563 \text{ kW} > P_{Mot \text{ erf}} = 415 \text{ kW} \rightarrow$ ausreichend.

Hinweis 60: Es sind weitere Lösungswege denkbar. Immer kommt es darauf an, dass an einer Stelle die verfügbare Leistung, Moment oder Kraft größer ist als die erforderliche.



4 Lagerauswahl

Dynamische äquivalente Belastung P

$$P = x \cdot F_r + y \cdot F_a = 1 \cdot 150 \text{ kN} + 0 \cdot F_a = 150 \text{ kN}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p \Rightarrow \frac{C}{P} = \sqrt[p]{\frac{L_{10h} \cdot n}{16666}} = \sqrt[3]{\frac{2500 [h] \cdot 19,9 [1/min]}{16666}} = 1,44$$

Hinweis 61: Diesen Wert kann man auch aus der Leitertafel ablesen → schneller

Hinweis 62: Es handelt sich um eine Zahlenwertgleichung, bei der die Werte in der richtigen Einheit eingesetzt und dann automatisch umgerechnet werden, hier mit dem Faktor 16666. Die [Einheiten in der Formel] sind nur zum Verständnis eingesetzt, dürfen aber in der Rechnung nicht berücksichtigt werden.

$$\frac{C}{P} = 1,44 \Rightarrow C = 1,44 \cdot P = 1,44 \cdot 150 \text{ kN} = 216 \text{ kN}$$

Gewählt: Rillenkugellager DIN 625 – 6330 mit einer Tragzahl C = 220 kN

Hinweis 63: Die Angabe 'DIN 625' ist in den offiziellen *Formeln und Tabellen* nicht angegeben und muss deshalb nicht genannt werden. Einige wenige Werte findet man auch (→ [EuroTabM] „Wälzlager, Berechnung“).

5 Drehzahlermittlung

5.1 Gewählt: Induktiver Sensor

Begründung: Bei dem großen Moment, das das Getriebe übertragen soll, sind die Zahnräder vermutlich aus Metall → darauf reagiert der induktive Sensor.

Mit dem Hinweis 'Störungen durch Getriebeöl' sollen vermutlich kapazitive u.a. Sensoren ausgeschlossen werden.

5.2 Erfassbare Drehzahl

Hinweis 64: Mit 'Schaltfrequenz' in der Aufgabenstellung ist die maximale Schaltfrequenz des Sensors gemeint.

$$n_{max} = \frac{200 \frac{\text{Zähne}}{s}}{120 \frac{\text{Zähne}}{\text{Umdr}}} = \frac{200}{120} \cdot \frac{\text{Zähne}}{s} \cdot \frac{\text{Umdr}}{\text{Zähne}} = 1,6\bar{6} \text{ s}^{-1} = 100 \text{ min}^{-1}$$

6 FBS

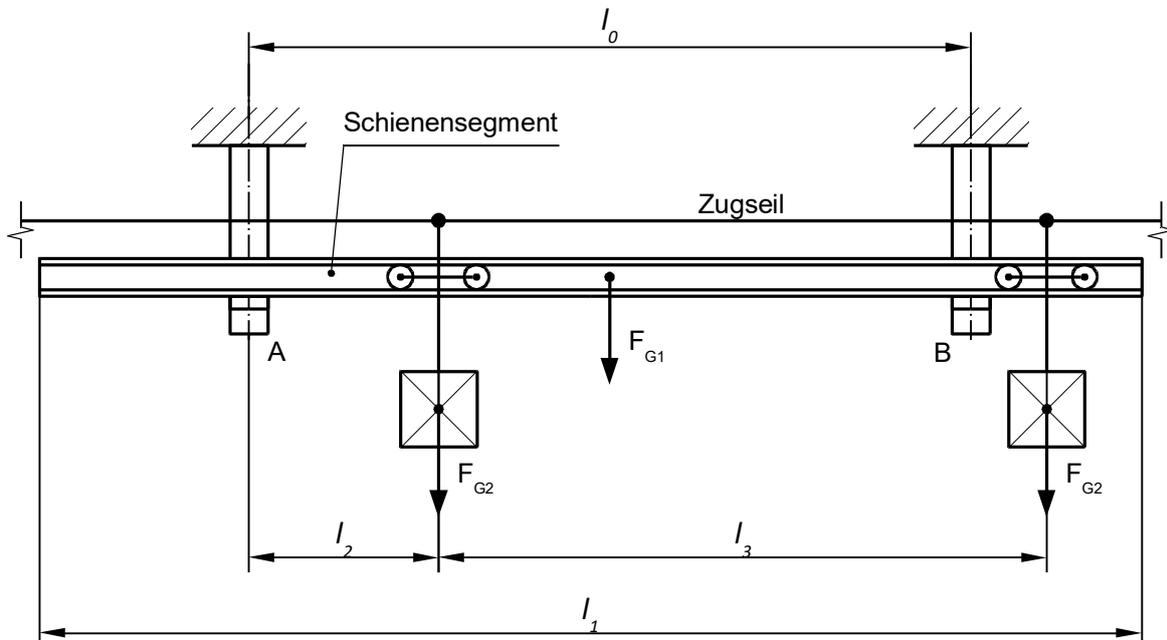
-BG1 ——— -PF1



tgtm HP 2013/14-1: Hängeförderer

(Pflichtaufgabe)

Hängeförderer transportieren Lasten innerhalb einer Montagehalle. Die Bahn des Hängeförderers ist aus einzelnen, symmetrischen Schienensegmenten zusammengesetzt. Mit zusätzlichen Bögen und Kurven können die Schienensegmente erweitert werden, um beliebige Bahnen in der Waagerechten und in der Schräge zur Überbrückung einzelner Stockwerke abzubilden.



Abmessungen: $l_0 = 12\text{m}$ $l_1 = 20\text{m}$ $l_2 = 3\text{m}$ $l_3 = 10\text{m}$

Gewichtskräfte: $F_{G1} = 5,2\text{ kN}$ (wirkt symmetrisch am Schienensegment)
 $F_{G2} = 3\text{ kN}$

- 1 Konstruktion eines waagerechten Schienensegments mit Hängeförderer
- 1.1 Schneiden Sie das Schienensegment frei. 4,0
 Berechnen Sie die Auflagerkräfte F_A und F_B in der oben dargestellten Stellung.
- 1.2 Als Schienensegment kommt ein breiter I-Träger (IPB) aus S235 zum Einsatz. 4,0
 Bestimmen Sie den IPB-Träger für ein maximales Biegemoment von 20 kNm bei einer Sicherheitszahl von 1,5.
 Stellen Sie Ihre Lösung normgerecht dar.



2 Konstruktion eines Schienensegments mit Hängeförderer in der Schräge

Ein einzelner Hängeförderer wird über vier Laufräder im Profil des breiten I-Trägers geführt und durch ein Zugseil mit der Seilkraft F_S bewegt.

Abmessungen:

$$l_4 = 200 \text{ mm}; \quad l_5 = 240 \text{ mm}; \quad \alpha = 30^\circ$$

Durchmesser der Laufräder:

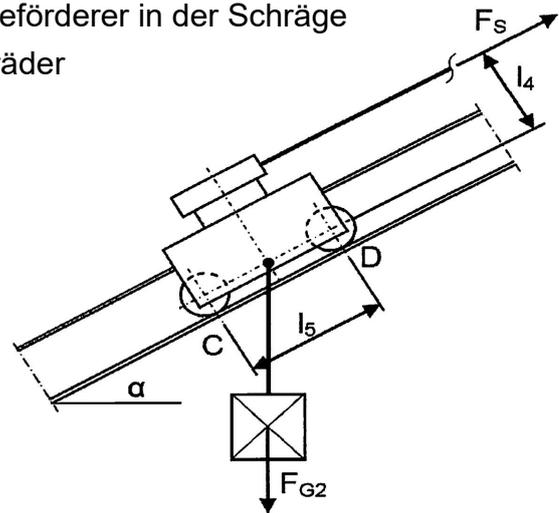
$$d_R = 80 \text{ mm}$$

Antriebsgeschwindigkeit:

$$v_{\max} = 0,5 \text{ m/s}$$

Gewichtskraft:

$$F_{G2} = 3 \text{ kN}$$



2.1 Zeichnen Sie den freigeschnittenen Hängeförderer. 3,0

2.2 Entwickeln Sie einen Lösungsansatz zur Ermittlung der Kräfte F_C und F_D an den Laufrädern sowie der Seilkraft F_S . 5,0

Ermitteln Sie diese.

2.3 Jedes Laufrad ist mit einem Rillenkugellager DIN 625 - 6204 gelagert. Bei einer angenommenen Radialbelastung von 1,3 kN ist die nominelle Lebensdauer auf 20 000 h ausgelegt.³² 5,0

Weisen Sie nach, ob das Lager den Anforderungen standhält.

3 Antrieb der Förderanlage

Der Antrieb der Förderanlage erfolgt über einen Elektromotor. Zwischen Elektromotor und Seilantrieb befinden sich ein Stirnradgetriebe, ein Kegelradgetriebe und ein Flachriementrieb.

Daten Elektromotor:

$$n_M = 750 \text{ 1/min}$$

Daten 2-stufiges Stirnradgetriebe:

$$i_1 = i_2 = 3,5$$

$$\eta_1 = 0,85$$

Daten Kegelradgetriebe:

$$i_3 = 1$$

$$\eta_2 = 0,94$$

Daten Flachriementrieb:

$$d_1 = 100 \text{ mm}$$

$$\eta_3 = 0,9$$

Daten Seiltrommel:

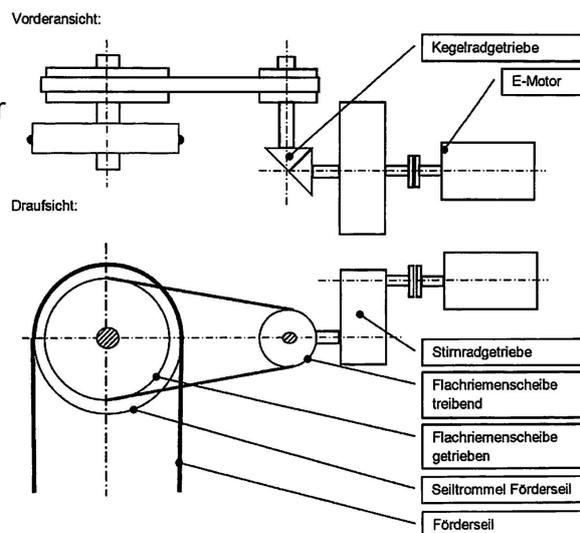
$$d_2 = 0,25 \text{ m}$$

$$\eta_4 = 0,95$$

Daten Seil:

$$v_{\text{Seil}} = 0,5 \text{ m/s}$$

$$F_{\text{Seil}} = 7,5 \text{ kN}$$



3.1 Berechnen Sie das Gesamtübersetzungsverhältnis. 3,0

3.2 Bestimmen Sie den Durchmesser der getriebenen Flachriemenscheibe. 3,0

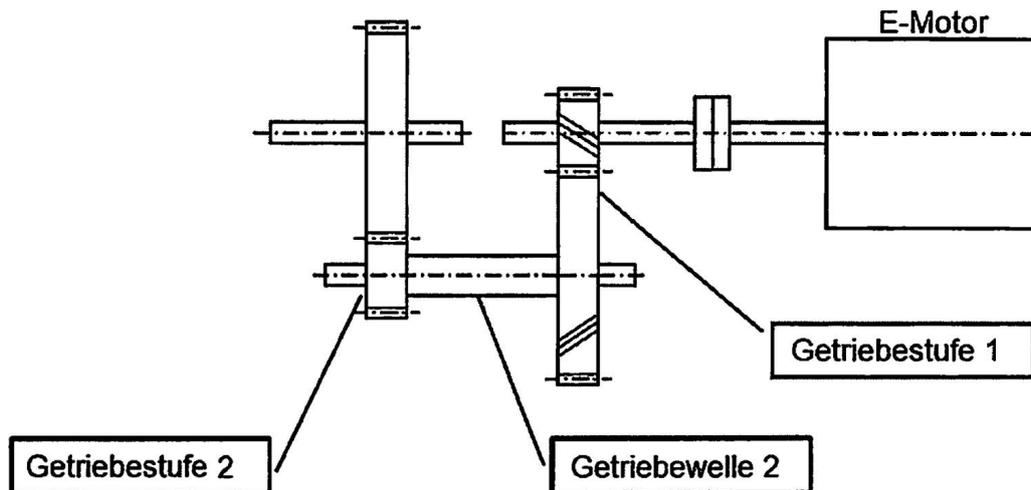
3.3 Berechnen Sie die tatsächlich erforderliche Leistung des Elektromotors. 3,0

32 Im Original ist die Schreibweise „20.000 h“ verwendet. Warum ich sie nicht übernehme, steht im Lösungsvorschlag.



3.4 Das Stirnradgetriebe besteht aus zwei Stufen.

5,0



Skizze: 2-stufiges Zahnradgetriebe

Entwerfen Sie eine mögliche Wellenlagerung für die im Arbeitsblatt 1 dargestellte Getriebewelle 2 unter Benennung der verwendeten Bauteile.

Berücksichtigen Sie eine Fest- / Loslagerung und die Axialkräfte der Schrägverzahnung.

3.5 Das erste Zahnrad der Getriebestufe 1 soll mit einer Passfeder DIN 6885-B auf der Antriebswelle gefügt werden.

5,0

Gehen Sie hierbei von folgenden Daten aus:

$P_{E-Motor}$	=	5,5 kW
d_{Welle}	=	30 mm
p_{zul}	=	48 N/mm ²
T_{azul}	=	40 N/mm ²

Dimensionieren Sie die Passfeder.

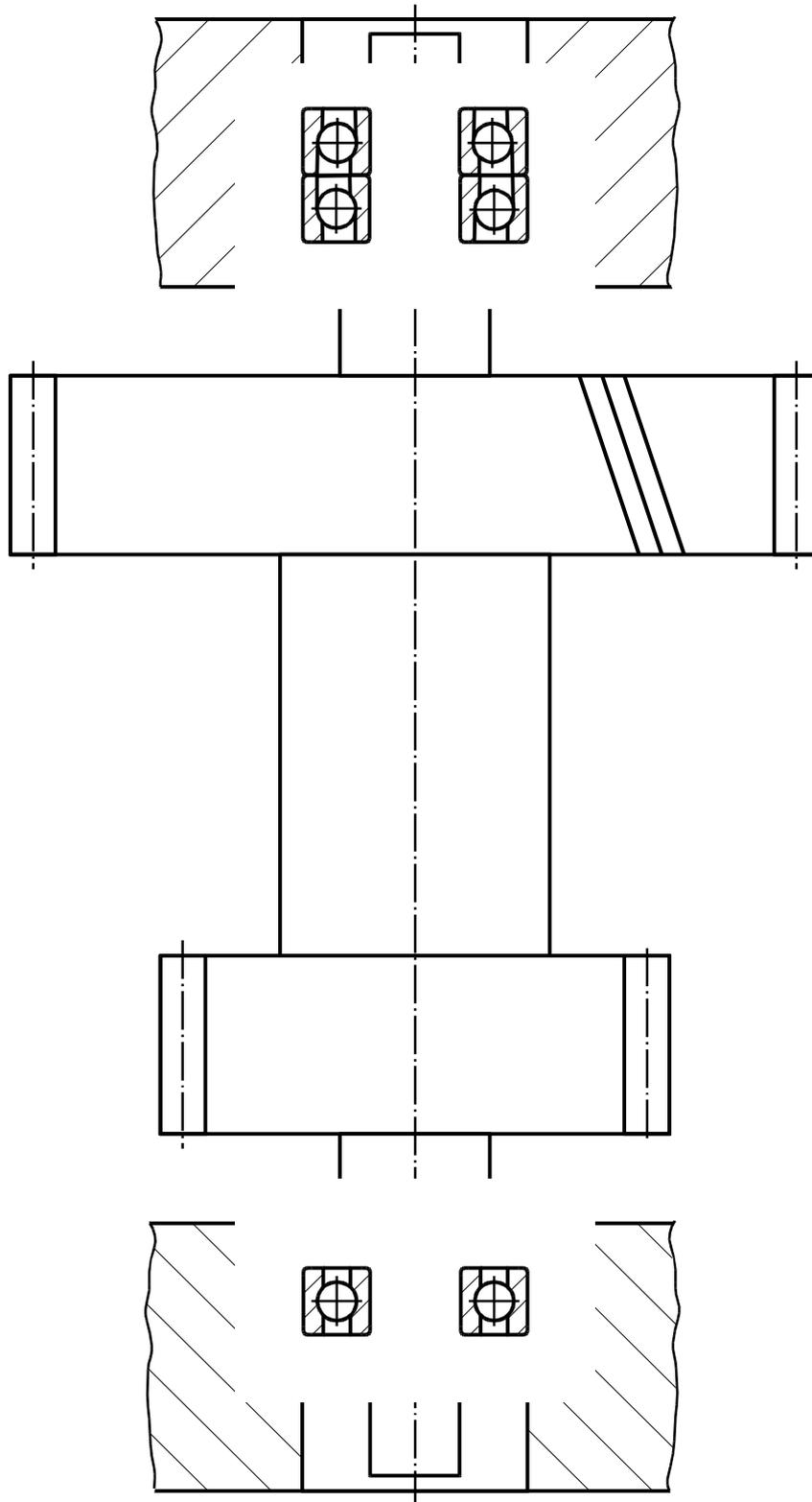
Benennen Sie diese normgerecht.

40,0



Arbeitsblatt 1

Zu Aufg. 3.4 Wellenlagerung Getriebewelle 2





Lösungsvorschläge

tgtm-special

Statik (12 P): Benannte BG freimachen; Auflagerkräfte;

Festigkeit (9 P): IPB-Profil gegen Biegung; Passfeder gegen Flächenpressung und Scherung

ME (10 P): Wälzlager prüfen; Wellenlagerung entwerfen mit Fest- und Loslager, Punkt- und Umfangslast, axialer Sicherung

Getriebe (9 P): ungewöhnliche Nummerierung

1 Schienensegment

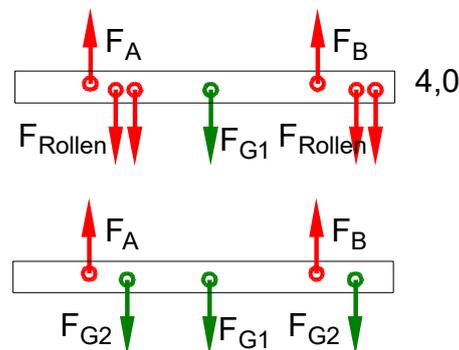
1.1 Lageskizze des freigemachten Schienensegments :

Hinweis 65: Für die Berechnung der Auflagerkräfte ist die Lageskizze eines Schienensegmentes weniger geeignet, da erst die Rollenkräfte ermittelt werden müssten.

Deshalb wird zur Berechnung die Lageskizze des Schienensegments um beide Laufwagen mit Lasten erweitert.

Annahme 66: F_{G1} liegt mittig zwischen den Lagern A und B.

Annahme 67: Das Zugseil überträgt keine Kräfte auf Laufwagen oder Lasten.



$$M_A = 0 = -F_{G2} \cdot l_2 - F_{G1} \cdot \frac{l_0}{2} + F_B \cdot l_0 - F_{G2} \cdot (l_2 + l_3) \Rightarrow$$

$$F_B = \frac{F_{G2} \cdot l_2 + F_{G1} \cdot l_0 / 2 + F_{G2} \cdot l_2 + l_3}{l_0} = \frac{3 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m} + 5,2 \text{ kN} \cdot 12 \text{ m} / 2 + 3 \text{ kN} \cdot (3 + 10) \text{ m}}{12 \text{ m}} = 6,6 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = +F_A - F_{G2} - F_{G1} + F_B - F_{G2} \Rightarrow$$

$$F_A = +F_{G1} + 2 \cdot F_{G2} - F_B = +5,2 \text{ kN} + 2 \cdot 3 \text{ kN} - 6,6 \text{ kN} = 4,6 \text{ kN}$$

1.2 I-Träger : $R_e = 235 \text{ N/mm}^2$ (aus der Bezeichnung von S235)

$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 282 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\rightarrow [\text{EuroTabM}] \text{ „Biegebeanspruchung“})$$

$$\frac{\sigma_{bF}}{v} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \Rightarrow \sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} = \frac{282 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 188 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{20 \text{ kNm}}{188 \text{ N/mm}^2} = 106,4 \text{ cm}^3$$

Gewählt: I-Profil DIN 1025 – S235 – IPB 120 oder Euronorm 53-62: HE 120 B mit $W_x = 144 \text{ cm}^3$ (\rightarrow [EuroTabM] „DIN 1025“ oder „IPB-Träger“).

Hinweis 68: Jede Lösung muss, soweit sinnvoll, normgerecht dargestellt sein, z.B. mit Einheiten und Formelzeichen nach DIN 1304. Hier ist gemeint, dass das **gewählte Profil** normgerecht bezeichnet werden soll.

2 Hängeförderer

2.1 Hinweis 69: Lageskizze statt Zeichnung genügt, siehe rechts.³³

2.2 Hinweis 70: Hier sind alle Kräfte auf die Achsen bezogen.

$$F_{Gx} = F_G \cdot \sin \alpha = 3 \text{ kN} \cdot \sin 30^\circ = 1,50 \text{ kN}$$

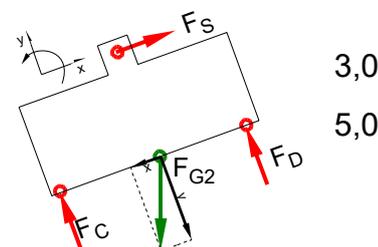
$$F_{Gy} = F_G \cdot \cos \alpha = 3 \text{ kN} \cdot \cos 30^\circ = 2,60 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_{C/S} = 0 = -F_{Gy} \cdot \frac{l_5}{2} - F_{Gx} \cdot l_4 + F_D \cdot l_5 \Rightarrow$$

$$F_D = \frac{F_{Gy} \cdot \frac{l_5}{2} - F_{Gx} \cdot l_4}{l_5} = \frac{2,6 \text{ kN} \cdot \frac{240 \text{ mm}}{2} + 1,5 \text{ kN} \cdot 200 \text{ mm}}{240 \text{ mm}} = 2,55 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_S - F_{Gx} \Rightarrow F_S = F_{Gx} = 1,5 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_C - F_{Gy} + F_D \Rightarrow F_C = F_{Gy} - F_D = 2,6 \text{ kN} - 2,55 \text{ kN} = 0,05 \text{ kN}$$



33 Die Skizze ist flacher gezeichnet als im Technikscha, damit man leichter erkennt, dass α bei F_{G2y} liegt.



Die Durchmesser d_R der Laufräder spielen keine „Rolle“, da Normalkräfte auf Räder (hier: F_C und F_D) immer auch durch den Mittelpunkt des Rades wirken.

2.3 Rillenkugellager

Schritt 1: Drehzahl

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow$$

$$n_R = \frac{v_{max}}{\pi \cdot d_R} = \frac{0,5 \text{ m/s}}{\pi \cdot 80 \text{ mm}} = 1,99 \text{ s}^{-1} = 119,4 \text{ min}^{-1}$$

Schritt 2: Radialkraft

Ist hier gegeben mit $F_r = 1,3 \text{ kN}$

Schritt 3: Dynamisch äquivalente Belastung P
(reine Radialbelastung $\rightarrow x = 1$ und $y = 0$;))

$$P = x \cdot F_r + y \cdot F_a = 1 \cdot F_r + 0 \cdot F_a = 1 \cdot 1,3 \text{ kN} = 1,3 \text{ kN}$$

Schritt 4: Dynamische Tragzahl C

aus der Wälzlagertabelle für 6204: $C = 10 \text{ kN}$

Schritt 5: Verhältnis dynamischer Tragzahl C zu äquivalenter Belastung P

$$\frac{C}{P} = \frac{10 \text{ kN}}{1,3 \text{ kN}} = 7,7$$

Schritt 6: Nominelle Lebensdauer

Entweder aus der Leitertafel ($L_{10h} \approx 64 \text{ 000 h}$)

oder

mit der Zahlenwertgleichung³⁴ und $p = 3$ für Wälzlager
(\rightarrow Formelsammlung)

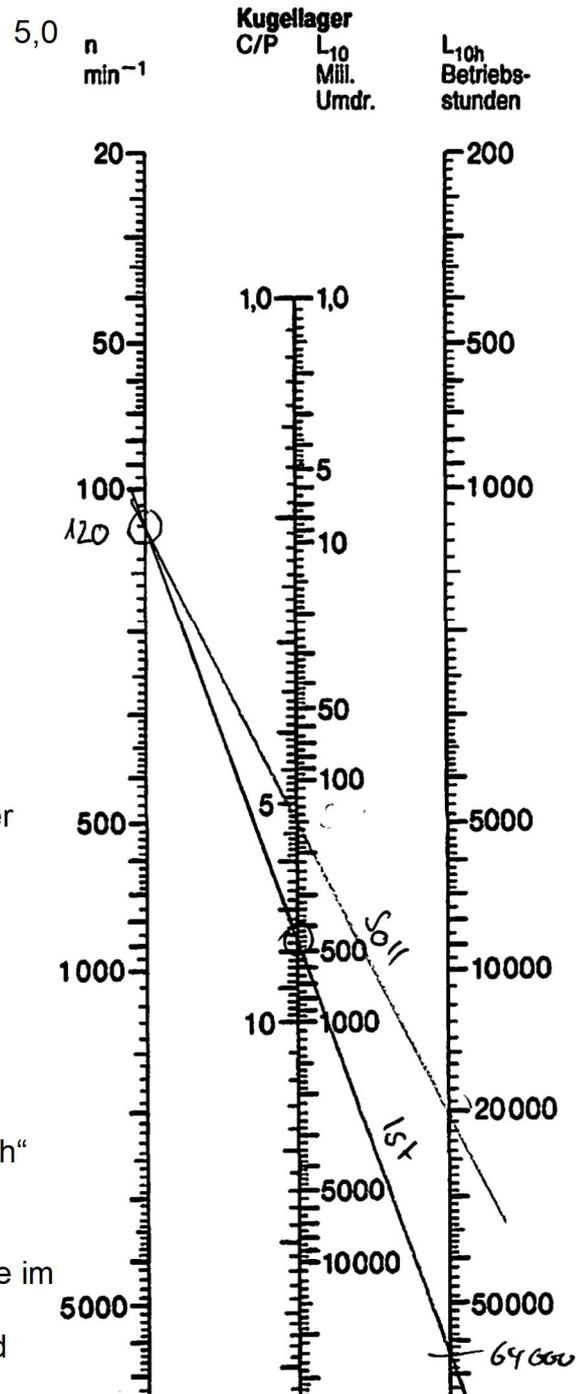
$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

$$= \frac{10^6}{60 \cdot 119,4 [\text{min}^{-1}]} \cdot \left(\frac{10 [\text{kN}]}{1,3 [\text{kN}]} \right)^3 = 63535 [h]$$

Das ermittelte L_{10h} reicht für die geforderte nominelle Lebensdauer aus, unabhängig davon, ob man die Schreibweise „20.000 h“ als „20 000 h“ oder „20,000 h“ interpretiert.

Hinweis 71: In der Originalaufgabe wurde die Schreibweise „20.000 h“ für „20 000 h“ verwendet, die im Maschinenbau bisher nicht üblich war³⁵, und die ich wegen der Verwechslungsgefahr zwischen Punkt und Komma auch nicht verbreiten möchte³⁶.

In BWL ist die Verwechslungsgefahr vermutlich nicht gegeben, weil Währungen praktisch immer 2 Nachkommastellen haben, die man kaum mit den 3 Stellen eines Tausenderblocks verwechseln kann.



- 34 In Zahlenwertgleichungen ist die Umrechnung der Einheiten "eingebaut", deshalb müssen die Werte in der richtigen Einheit [hier in eckigen Klammern] eingesetzt werden, dürfen aber nicht mehr umgerechnet werden.
- 35 Im Maschinenbau verwendet man bisher die Schreibweise mit Leerstelle („20 000 h“ für „20000 h“) gemäß Duden: „Ganze Zahlen aus mehr als drei Ziffern können von der Endziffer aus durch Zwischenräume in dreistellige Gruppen gegliedert werden“ (\rightarrow [Duden 2006], S.100, „ \rightarrow Zahlen und Ziffern“).
- 36 In Zeichnungen für den Weltmarkt werden auch US-Normen verwendet, und dort bedeuten „20.000 mm“ eben nicht „20 m“, sondern „20 mm“.



3 Antrieb

Hinweis 72: Die Angaben „Vorderansicht“ und „Draufsicht“ in der Skizze des Antriebs sollte man als freundliches Entgegenkommen werten und nicht als Aufforderung, die Projektionsmethoden nicht mehr zu lernen.

3.1 Gesamtübersetzung

3,0

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{Trommel} = \frac{v_{Seil}}{\pi \cdot d_2} = \frac{0,5 \text{ m/s}}{\pi \cdot 0,25 \text{ m}} = 0,637 \text{ s}^{-1} = 38,2 \text{ min}^{-1}$$

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{750 \text{ min}^{-1}}{38,2 \text{ min}^{-1}} = 19,6$$

3.2 Durchmesser der getriebenen Flachriemenscheibe

3,0

$$i_{ges} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_{Flach} \Rightarrow i_{Flach} = \frac{i_{ges}}{i_1 \cdot i_2 \cdot i_3} = \frac{19,6}{3,5 \cdot 3,5 \cdot 1} = 1,60$$

$$i_{Flach} = \frac{d_{2Flach}}{d_1} \Rightarrow d_{2Flach} = d_1 \cdot i_{Flach} = 100 \text{ mm} \cdot 1,60 = 160 \text{ mm}$$

3.3 Motorleistung

3,0

$$\eta_{ges} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 = 0,85 \cdot 0,94 \cdot 0,90 \cdot 0,95 = 0,683$$

$$P_{Seil} = F_{Seil} \cdot v_{Seil} = 7,5 \text{ kN} \cdot 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,75 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_M = \frac{P_{Seil}}{\eta_{ges}} = \frac{3,75 \text{ kW}}{0,683} = 5,5 \text{ kW}$$

Hinweis 73: Üblicherweise werden in Getriebeaufgaben Getriebe, Zahnräder und Riemenscheiben in der Reihenfolge des Kraftflusses nummeriert. Wenn also der Durchmesser der treibenden Riemenscheibe d_1 heißt, wäre der Durchmesser der getriebenen Scheibe d_2 . In Aufgabe 3 ist dies nicht so und auch die unterschiedlichen Indices i_3 und η_2 für das gleiche Kegelradgetriebe sind eher ungewöhnlich. Natürlich führt das bei den Lösungen zu Verwechslungen und daraus sollte man mindestens zwei Schlussfolgerungen ziehen.

- Wahllose Nummerierungen, Bezeichnungen usw. sind vorhersehbare Fallstricke (= Fehlerquellen) bei jeder Form der Arbeit. Wer die Wahl hat und systematisch vorgeht, reduziert also seine Fehlerquote, auch im Berufsleben.
- Wenn man keine Wahl hat, sollte man eine alte Schülerregel beherzigen:
Wer Aufgaben sorgfältig liest, hat Vorteile...



3.4 Fest-/Loslager

5,0

Die beiden Schrägkugellager (2) sind für große Axialkräfte, also für das Festlager geeignet und müssen in der Nabe und auf der Welle axial festgelegt werden.

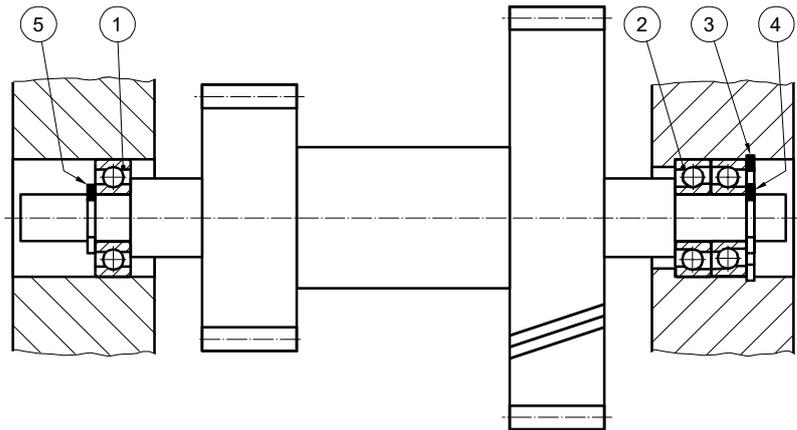
Das Rillenkugellager (1) kann zwar nur kleine axiale Kräfte aufnehmen, aber das schließt aus, dass es axiale Bewegungen durch Wärmeausdehnung usw. „in sich“ aufnehmen kann,

wie z.B. manche Zylinderrollenlager. Die axiale Beweglichkeit muss durch einen lockeren Lagersitz (= Spielpassung) realisiert werden.

Zwischen Rikula und Welle darf die Spielpassung nicht liegen, weil sich Welle und Radialkraft relativ zueinander bewegen (= Umfangslast). Deshalb neigt der innere Laufring des Lagers zum Wandern und Fressen auf der Welle und das muss durch einen festen Sitz verhindert werden.

Die Spielpassung muss also zwischen Rikula und Nabe gelegt werden. Die Art der Passung erkennt man in einer Zeichnung ohne Bemaßung zwar nicht, aber sichtbar wird, dass das Rikula (1) Raum für axiale Bewegungen in der Nabe hat.

Zur axialen Sicherung werden hier Absätze auf der Welle und in der Nabe und Sicherungsringe für Naben (3) bzw. für Wellen (4, 5) verwendet. Ob die Sicherungsringe (3, 4) den axialen Kräften standhalten können, muss ein Schüler mangels Erfahrung nicht wissen. Auf den Sicherungsring (5) kann man ggfs. verzichten, wenn das Rikula (1) mit einer ausreichend festen Übermaßpassung fixiert ist.



3.5 Passfeder

5,0

Maße einer Passfeder DIN 6885-B für Wellen $\varnothing 30$ (\rightarrow [EuroTabM] „Passfeder“):
 $b = 8 \text{ mm}$; $h = 7 \text{ mm}$; $t_1 = 4 \text{ mm}$

$$P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_t = \frac{P_{E-Mot}}{2\pi \cdot n_M} = \frac{5,5 \text{ kW}}{2\pi \cdot 750 \text{ min}^{-1}} = 70,0 \text{ Nm}$$

$$M = F \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow F_{Pass} = \frac{2 \cdot M_t}{d} = \frac{2 \cdot 70,0 \text{ Nm}}{30 \text{ mm}} = 4,67 \text{ kN}$$

Gegen Scherung:

$$\tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{S} \Rightarrow S_{erf} = \frac{F_{Pass}}{\tau_{azul}} = \frac{4,67 \text{ kN}}{40 \text{ N/mm}^2} = 116,7 \text{ mm}^2$$

$$S = l \cdot b \Rightarrow l_{erf} = \frac{S_{erf}}{b} = \frac{116,7 \text{ mm}^2}{8} = 14,6 \text{ mm}$$

Gegen Flächenpressung:

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F_{Pass}}{p_{zul}} = \frac{4,67 \text{ kN}}{48 \text{ N/mm}^2} = 97,3 \text{ mm}^2$$

$$A = l \cdot (h - t_1) \Rightarrow l_{erf} = \frac{A_{erf}}{h - t_1} = \frac{97,3 \text{ mm}^2}{7 \text{ mm} - 4 \text{ mm}} = 32,4 \text{ mm}$$

Gewählt: DIN 6885 – B – 8x7x36 mit $l = 36 \text{ mm}$



tgtm HP 2013/14-2: Meier GmbH

Die Meier GmbH hat von ihrer Hausbank auf ihrem Kontokorrentkonto ein Kreditlimit in Höhe von 50.000,00 € eingeräumt bekommen. Die Sollzinsen liegen bei 12 % p.a., die Überziehungsprovision bei 3 % p.a. (zusätzlicher Zins bei Überziehung des Limits). Bei einem Guthaben zahlt die Hausbank 1,5 % p.a. Habenzinsen.

- 1 Beschreiben Sie die Vor- und Nachteile eines Kontokorrentkredits für die Meier GmbH. 2,0

- 2 Am 01.05. des Jahres hat die Meier GmbH ihren Kontokorrentkredit mit 25.000,00 € in Anspruch genommen. Am 02.05. gehen auf dem Konto Zahlungen in Höhe von 40.000,00 € ein. Am 03.05. überweist die Meier GmbH eine offene Rechnung für die Lieferung einer Maschine in Höhe von 80.000,00 €. 4,0
 Berechnen Sie die Höhe der anfallenden Zinsen für diese drei Tage. Unterscheiden Sie dabei zwischen Haben-, Soll- und Überziehungszinsen. Die Wertstellung erfolgt jeweils am Tag der Buchung!
 Beachten Sie, dass die deutschen Banken mit 30 Zinstagen pro Monat rechnen, das Jahr also 360 Zinstage hat. Die Zinsen werden erst am Quartalsende gutgeschrieben bzw. belastet. Gehen Sie davon aus, dass die Hausbank die Überziehung duldet.
 Stellen Sie Ihre Lösung in Tabellenform dar.

- 3 Die Hausbank der Meier GmbH verlangt zur Absicherung des Kontokorrentkredits einen Bürgen. Geschäftsführer Fritz Klein ist bereit, eine selbstschuldnerische Bürgschaft über einen Höchstbetrag von 50.000,00 € zu übernehmen.
 - 3.1 Erklären Sie, was unter einer selbstschuldnerischen Bürgschaft zu verstehen ist! 3,0
 - 3.2 Beurteilen Sie in welcher Höhe die Bürgschaft besteht, wenn die Meier GmbH ihren Kontokorrentkredit am 15.05. in Höhe von 20.000,00 € in Anspruch genommen hat. 2,0

- 4 Herr Martin Jung ist als Mitarbeiter in der Produktion bei der Meier GmbH angestellt. Vor Antritt seiner Tätigkeit hat er mit seinem Arbeitgeber einen Arbeitsvertrag geschlossen.
 - 4.1 Nennen und beschreiben Sie zwei Pflichten, die er als Arbeitnehmer aus diesem Vertrag erfüllen muss. 3,0
 - 4.2 Beurteilen Sie, welche Pflichtverletzung des Arbeitgebers in den folgenden Fällen vorliegt. Begründen Sie Ihre Ansicht: 2,0
 - für die Arbeit mit dem Schweißgerät wird Herrn Jung keine Schutzbrille zur Verfügung gestellt
 - die Meier GmbH stellt nach fünfwöchiger Krankheit des Herrn Jung die Lohnfortzahlungen ein.

- 5 Der von der Meier GmbH gekündigte Mitarbeiter Siegfried Langer wendet sich mit der Bitte um ein qualifiziertes Zeugnis an die Personalabteilung. Dort bekommt er zu hören: „Bei uns gibt es nur Bescheinigungen über die Dauer ihrer Beschäftigung in unserem Unternehmen!“
 - 5.1 Nehmen Sie dazu kritisch Stellung. 2,0
 - 5.2 Die Meier GmbH beurteilt die Leistung ihrer Mitarbeiter im Arbeitszeugnis unter anderem mit folgenden Formulierungen: 2,0
 - A... hat die übertragenen Arbeiten stets zu unserer vollen Zufriedenheit erledigt
 - B... hat die übertragenen Arbeiten im Großen und Ganzen zu unserer Zufriedenheit erledigt
 - C... hat die übertragenen Arbeiten stets zu unserer vollsten Zufriedenheit erledigt



D... hat sich bemüht die übertragenen Arbeiten zu unserer Zufriedenheit zu erledigen

Bewerten Sie die Zeugnisformulierungen mit einer Zeugnisnote von 1-6.

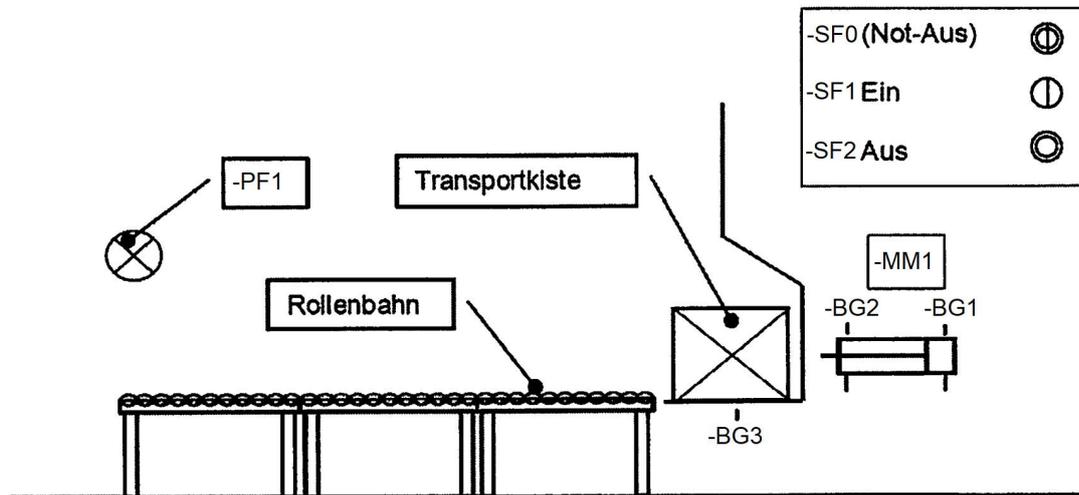
$\Sigma = 20,0$



tgtn HP 2013/14-3: Ausschleusstation

(Wahlaufgabe) Mit den Hängeförderern werden Transportkisten an eine Ausschleusstation transportiert. Die Transportkisten können aus Metall oder Kunststoff sein. Dort werden die Transportkisten aus Metall mit Hilfe eines Pneumatikzylinders auf eine Rollenbahn verschoben.

Bild: vereinfachtes Technologieschema einer Ausschleusstation.



2,0

1 Bestimmen Sie geeignete Sensoren zum Erkennen der Metall- bzw. Kunststoffkisten.
Begründen Sie Ihre Antwort.

2 Der Pneumatikschaltplan für das Ausschleusen der Metallkisten unterliegt den folgenden Randbedingungen:

- Die Ausfahrgeschwindigkeit des Zylinders soll einstellbar sein.
- Das Stellglied soll beidseitig durch Elektromagnet betätigt sein.
- Versorgungsglieder sind darzustellen.

3,0

Zeichnen Sie den pneumatischen Schaltplan.

Benennen Sie die Bauteile.

3 Pro Stunde werden 30 Behälter mit einem Arbeitsdruck von 6 bar ausgeschleust. Die Anlage ist 16 h pro Tag, an 220 Tagen pro Jahr in Betrieb. Die Kosten für 1 m³ Druckluft betragen 18,5 Cent.

3,0

Daten des Pneumatikzylinders: $d_1 = 40 \text{ mm}$; Kolbenhub $s = 500 \text{ mm}$

Berechnen Sie näherungsweise die Druckluftkosten in €/Jahr.

4 Die Basissteuerung für das Ausschleusen der Metallkisten muss die folgenden Randbedingungen erfüllen:

6,0

- Der Betrieb wird mit dem Ein-Taster (-SF1) gestartet.
- Mit dem Aus-Taster (-SF2) wird der Betrieb der Station beendet.
- Der Sensor -BG3 erkennt eine Metallkiste.
- 4 Sekunden nach Erkennung der Metallkiste fährt der Zylinder -MM1 aus.
- Nach Erreichen der vorderen Endlage fährt der Zylinder -MM1 wieder selbstständig ein.
- Bei Not-Aus (S0) wird der Betrieb der Station beendet und der Zylinder -MM1 fährt sofort in Grundstellung.

Entwickeln Sie das Programm der SPS-Steuerung in der Funktionsbausteinsprache.



- 5 Zur Druckluftversorgung der Ausschleusstation wird ein Kompressor mit Druckspeicher eingesetzt.
Der Druckspeicher hat ein Volumen von $V = 20 \text{ l}$, Umgebungstemperatur $t = 20^\circ\text{C}$.
- 5.1 Das Wiederbefüllen durch den Kompressor erfolgt isotherm, wobei Umgebungsluft bei $p_1 = 1 \text{ bar}$ angesaugt und auf $p_2 = 20 \text{ bar}$ verdichtet wird. 3,0
Zeichnen Sie den Prozessverlauf in ein p - V -Diagramm ein.
Stellen Sie im Diagramm die Arbeit und den Wärmeumsatz dar.
- 5.2 Ermitteln Sie die geleistete Verdichtungsarbeit und die dabei umgesetzte Wärmemenge für $m = 300 \text{ g}$ Luft. 3,0
Beurteilen Sie die Vorzeichen der beiden Ergebnisse.
- 6 Für die betriebliche Mitbestimmung der Arbeitnehmer wurde in der Meier GmbH ein Betriebsrat gewählt.
- 6.1 Stellen Sie dar, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit die Arbeitnehmer der Meier GmbH das Recht haben, einen Betriebsrat zu wählen. 2,0
- 6.2 Erläutern Sie zwei wesentliche Rechte eines Betriebsrats. 2,0
- 6.3 In der Meier GmbH wird den Mitarbeitern von der Geschäftsführung per Aushang mitgeteilt, dass ab dem nächsten Jahr die Arbeitszeit auf Samstag ausgeweitet wird. Eine tarifliche Vereinbarung hierzu existiert nicht. 2,0
Beurteilen Sie unter Angabe des heranzuziehenden Gesetzestextes, ob ein solches Vorgehen zulässig ist. Gehen Sie dabei auch auf die Rechte des Betriebsrats ein.
- 7 Peter Hoffmann arbeitet seit 15 Monaten als Vollzeitarbeitskraft in der Meier GmbH. In der Vergangenheit gab es immer wieder Ärger mit der Geschäftsleitung, weil er wiederholt zu spät zur Arbeit erschien. Nach der dritten Abmahnung in dieser Angelegenheit erhält er am 5. Mai die Kündigung von der Geschäftsleitung.
- 7.1 Beurteilen Sie, ob die Kündigung gegen Herrn Hoffmann gerechtfertigt ist. 2,0
- 7.2 Neben Herrn Hoffmann wurde noch zwei weiteren Mitarbeitern gekündigt. 2,0
Untersuchen Sie, ob die Kündigungen in den folgenden Fällen rechtmäßig waren:
- A: Dem Betriebsratsmitglied Klaus Kunze (seit 4 Jahren im Betrieb) wurde fristgerecht auf Ende Oktober 2013 ohne Angabe von Gründen gekündigt.
- B: Buchhalter Hans Scheible (seit 15 Jahren im Betrieb) wurde außerordentlich gekündigt, weil er über Jahre hinweg insgesamt mehr als 50.000 EUR auf seine privaten Konten überwiesen hat.

40,0



Lösungsvorschläge

SPS (14 P): Sensor auswählen; Pneumatikschaltplan mit Versorgungsglied; FBS Verknüpfungssteuerung; Druckluftkosten Energie (6 P): Isotherme Zustandsänderung mit Q und W skizzieren; Q und W berechnen

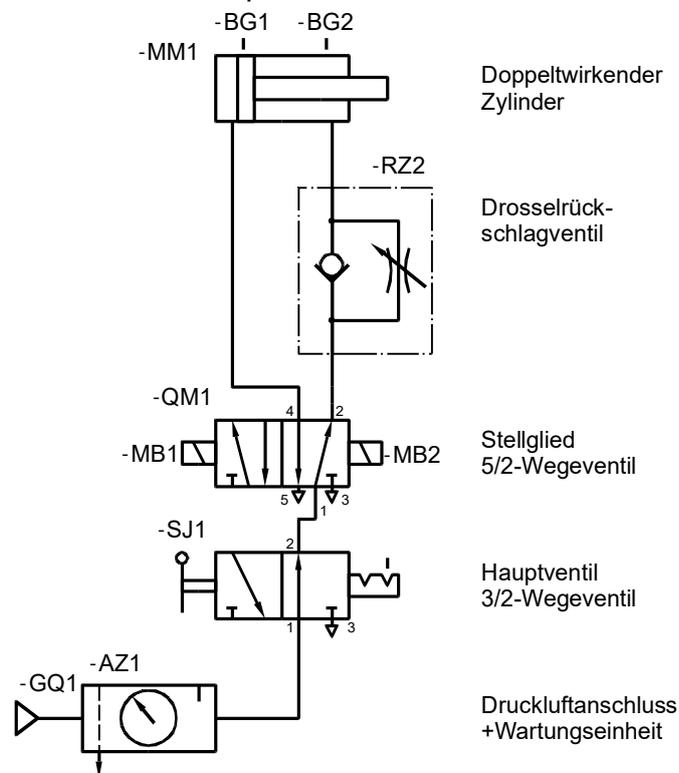
1 Sensoren (→ [EuroTabM] „Sensoren“) 2,0

Für alle Kisten: kapazitive, foto-elektrische, mechanische Sensoren.

Zum Unterscheiden der Metallkisten: induktive Sensoren.

Hinweis 74: Die Formulierung der Aufgabe verlangt ‚Sensoren zum Erkennen der Metall- bzw. Kunststoffkisten‘, während im Technologieschema nur ein Sensor 'B3' eingezeichnet ist. 'Erkennen' heißt nicht ‚Unterscheiden‘ und die Konjunktion 'bzw.' ist mehrdeutig. Für die volle Punktzahl genügt es also, wenn zwei Arten von Sensoren genannt sind, die man einzeln verwenden kann, um die Kisten zu erkennen. Wer als Schüler seinem Korrektor nicht traut, sollte eine Kombination von Sensoren angeben, die Kisten erkennt und Metall von Kunststoff unterscheidet.

2 Pneumatikschaltplan 3,0



Hinweis 75: Die Bezeichnung der Bauteile (-MM1) ist in der Aufgabe zwar nicht ausdrücklich verlangt, gehört aber zu einem Pneumatikschaltplan. Die Nummerierung der Anschlüsse ist verzichtbar. Die 'Benennung' der Bauteile kann auf verschiedenen Ebenen erfolgen. Eine davon genügt, also entweder 'Stellglied' oder '5/2-Wegeventil'.

3 Druckluftkosten 3,0

Im Technologieschema sieht man, dass es sich um einen doppelwirkenden Zylinder handelt, der für beide Bewegungsrichtungen Druckluft verbraucht.

Hinweis 76: Auch ohne das unterstrichene „näherungsweise“ in der Aufgabenstellung kann man das Volumen der Kolbenstange regelmäßig vernachlässigen.

$$A = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot (40 \text{ mm})^2}{4} = 1257 \text{ mm}^2$$

$$Q_1 \approx 2 \cdot A \cdot s \cdot n \cdot \frac{P_e + p_{amb}}{p_{amb}} = 2 \cdot 1257 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ mm} \cdot \frac{1}{\text{Takt}} \cdot \frac{6 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} = 8,80 \frac{\text{dm}^3}{\text{Takt}}$$

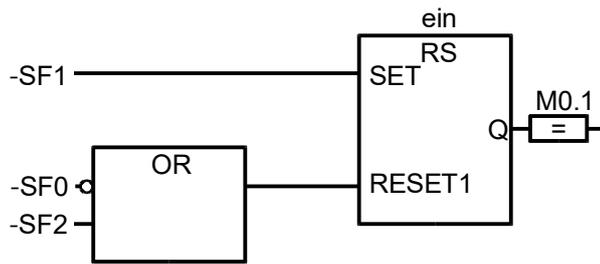
$$Q_{\text{Jahr}} = Q_1 \cdot n = 8,80 \frac{\text{dm}^3}{\text{Takt}} \cdot 30 \frac{\text{Takt}}{\text{h}} \cdot 16 \frac{\text{h}}{\text{Tag}} \cdot 220 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}} = 929 \frac{\text{m}^3}{\text{Jahr}}$$

$$K_{\text{Jahr}} = Q_{\text{Jahr}} \cdot k = 929 \frac{\text{m}^3}{\text{Jahr}} \cdot 0,185 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 171,85 \frac{\text{€}}{\text{Jahr}}$$

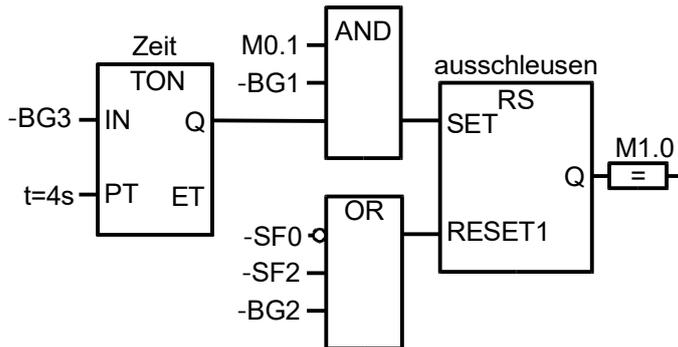


4 Steuerungsprogramm FBS Einschalten

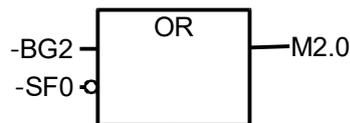
5,0



Zylinder -MM1 ausfahren – Metallkiste ausschleusen



Zylinder -MM1 einfahren



Befehlsausgabe:

M1.0 ————— -MB1

M2.0 ————— -MB2

Hinweis 77: Man kann auf den RS-Flipflop 'ausschleusen' verzichten, aber im Abi kommt es normalerweise nicht darauf an, Lösungen zu optimieren.

5 Druckluftversorgung

5.1 Prozessverlauf siehe rechts.

Hinweis 78: Als Korrektor genügt mir eine Skizze.

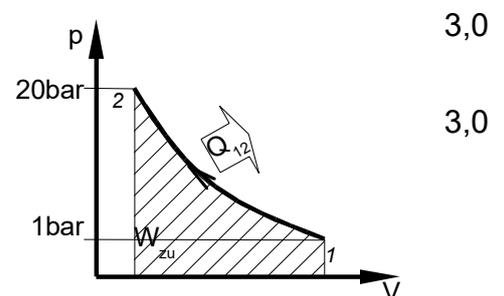
5.2 Verdichtung

$$\begin{aligned}
 W_{12} &= -m \cdot R_i \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2} \\
 &= -300 \text{ g} \cdot 287 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot (273+20) \text{ K} \cdot \ln \frac{1 \text{ bar}}{20 \text{ bar}} = 75,6 \text{ kJ} \\
 Q_{12} &= -W_{12} = -75,6 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

$W_{12} > 0$ bedeutet, dass die Arbeit in das System hineingesteckt wird.

$Q_{12} < 0$ bedeutet dementsprechend, dass die Wärme aus dem System fließt.

6 und Folgende: Keine Lösungen



3,0

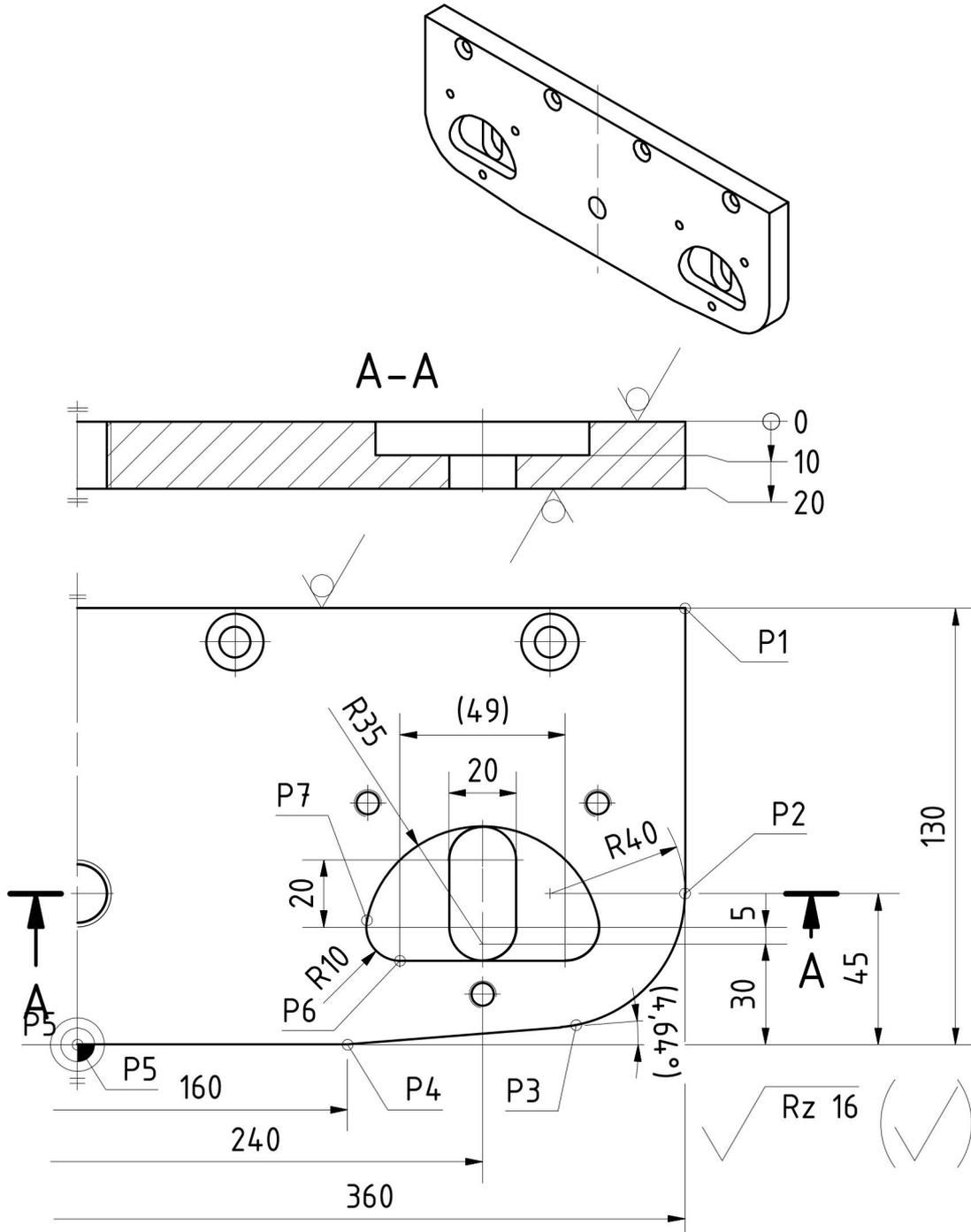
3,0



tgtn HP 2013/14-4: Radaufnahme

(Wahlaufgabe)

Die folgend unmaßstäblich dargestellte Radaufnahme aus AlCu4Mg1 soll auf einer Fräsmaschine hergestellt werden. Hierzu steht eine mehrachsige CNC-Fräsmaschine zur Verfügung.





- 1 Ermitteln Sie die technologischen Daten F und S für die Herstellung der Außenkontur mit dem Werkzeug T1. Ergänzen Sie die Tabelle auf dem Arbeitsblatt 2. 3,0
- 2 Bestimmen Sie für den Koordinatenplan auf dem Arbeitsblatt 2 die Punkte P1 – P5. Entwickeln Sie einen Lösungsansatz für die fehlenden Koordinaten von Punkt P3. 4,0
- 3 Die Außenkontur der Radaufnahme wird mit dem Werkzeug T1 hergestellt. Entwickeln Sie den CNC-Programmteil bis zum Punkt P1. Starten Sie den Programmteil im Werkzeugwechsellpunkt P0. 3,0
- 4 Die beiden Langlöcher $\varnothing 20$ mm x 20 mm sind mit einem Programmzyklus zu fertigen. 5,0
Entwerfen Sie die fehlenden Programmsätze des unten stehenden Programmteils.
N400 ... T2 S21000 F2940 M3
N410 ...
... G0 Z100 M9
... G0 X0 Y-150
- 5 Zum Fräsen der halbrunden Formelemente wird ein Unterprogramm verwendet. Das Formelement soll ohne die Verwendung der Werkzeugbahnkorrektur gefräst werden.
- 5.1 Entwickeln Sie zum unten stehenden Hauptprogramm das dazugehörige Unterprogramm L01. 5,0
N800 ... T3 S12500 F2500 M3
N810 G0 X120 Y35
N820 G0 Z1
N830 G1 Z0
N840 G22 L01 H2 ; entspricht L0102
N850 G0 Z1
N860 X-120
N870 G22 L01 H2 ; entspricht L0102
N880 G0 Z100 M8
N890 G0 X0 Y-150
N900 M30

Die folgenden Fragen stammen nicht aus der Abi-Aufgabe:

- 5.2 Das Hilfsmaß 49 ist in der Zeichnung in runde Klammern gesetzt, weil es sich aus anderen Maßen ergibt. Berechnen Sie den Wert auf 1/1000 mm.
- 5.3 Berechnen Sie die Koordinaten der Punkte P6 und P7.
- 5.4 Berechnen Sie das Hilfsmaß $4,64^\circ$ auf $1/1000^\circ$ genau.
Hinweis: Die für Aufg. 2 errechneten Koordinaten von P3 dürfen nicht verwendet werden, wenn sie unter Verwendung des Hilfsmaßes $4,64^\circ$ ermittelt wurden.



6 Die Meier GmbH hat im Januar des laufenden Jahres eine neue Spann- und Antriebsstation beschafft. Die Anschaffungskosten hierfür lagen bei 450.000,00 €. Die Abschreibungsdauer bemisst sich gemäß § 7 Abs.1 Einkommensteuergesetz grundsätzlich nach der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer, die für die beschaffte Spann- und Antriebsstation mit 12 Jahren angegeben ist.

Die Meier GmbH geht davon aus, dass sie die Spann- und Antriebstation 15 Jahre lang nutzen wird und rechnet anschließend mit einem Wiederbeschaffungswert in Höhe von 600.000,00 €.

Durch den Einsatz der neuen Maschine wird an dieser Kostenstelle nur noch ein Mitarbeiter benötigt.

6.1 Berechnen Sie die bilanziellen und die kalkulatorischen Abschreibungen für das erste Nutzungsjahr, wenn jeweils linear abgeschrieben wird. 2,0

6.2 Im internen Rechnungswesen (Kostenrechnung) unterscheidet man im Rahmen der Abgrenzungsrechnung zwischen den Begriffen „neutraler Aufwand“, „Zweckaufwand“ (der den „Grundkosten“ entspricht) und „kalkulatorische Kosten“. Übertragen Sie das folgende Schema auf Ihr Lösungsblatt. Ermitteln Sie die entsprechenden Beträge für die in Aufgabe 6.1 berechneten Abschreibungen. 2,0

Sollten Sie in Aufgabe 6.1 keine Lösung gefunden haben, gehen Sie von folgenden Werten aus: Bilanzielle Abschreibung: 36.000,00 €, kalkulatorische Abschreibung: 38.000,00 €

Neutraler Aufwand	Zweckaufwand (Grundkosten)	kalkulatorische osten

7 Warum setzt die Meier GmbH in der Kostenrechnung (internes Rechnungswesen) andere Abschreibungen an, als im externen Rechnungswesen (Buchführung)? 1,5
Analysieren Sie diesen Sachverhalt.

8 Es liegen neben den Informationen zu den Abschreibungen (siehe 6.1 bzw. 6.2) noch folgende Angaben vor: 3,0

- Es wird täglich 8 Stunden an 240 Tagen im Jahr gearbeitet. Die betriebsbedingten Stillstandzeiten liegen bei 10 %.
- kalkulatorischen Zinsen = 22.500,00 € pro Jahr
- Instandhaltungskosten pro Jahr: 2 % des Wiederbeschaffungswertes
- Raumbedarf: 40 qm; Raumkosten je Monat je qm: 5,00 €
- Energiekosten: 1.000,00 € pro Jahr

Berechnen Sie den Maschinenstundensatz für die Spann- und Antriebsstation.

9 Analysieren Sie die Notwendigkeit des Einsatzes der Maschinenstundensatzrechnung in einem anlagenintensiven Unternehmen. 1,5

30,0



Arbeitsblatt

Zu Aufgabe 1: Auszug aus dem Werkzeugspeicher mit Technologiedaten

Werkzeug	Bezeichnung	Schneidstoff	d in mm	z	a_p in mm	v_c in m/min	f_z/f in mm	n in min^{-1}	v_f in mm/min
T1	Schaftfräser	HSS	20	4	25	250	0,1		
T2	Bohrnutenfräser	HM	12	2	5	800	0,07	21000	2940
T3	Bohrnutenfräser	HM	20	2	5	800	0,1	12500	2500

Zu Aufgabe 2: Koordinatenplan

Punkt	X	Y	Z	I	J
P0	0	-150	100		
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					



Lösungsvorschläge

CNC (20 P): Technologische Daten S und F; Koordinaten; Kontur anfahren; Zyklus und Unterprogramm programmieren
 Weitere Übungsmöglichkeiten zur Berechnung von CNC-Koordinaten

1 Schnittdaten für den Schaftfräser T1

3,0

Hinweis 79: Mit "technologische Daten F und S" sind die Vorschubgeschwindigkeit v_f (amerik.: „feed“) und die (Hauptspindel-)Drehzahl n (amerik.: „spindle speed“) gemeint. Man kann darauf kommen, wenn man weiß, dass F und S innerhalb eines CNC-Programmes die Adressbuchstaben für v_f und n sind. F und S für Schnittdaten sind aber keine Formelzeichen nach DIN 1304-1 und dürfen deshalb in Formeln nicht statt n und v verwendet werden.

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{250 \text{ m/min}}{\pi \cdot 20 \text{ mm}} = 3979 \frac{1}{\text{min}} \quad v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{U}} \cdot 4 \cdot 3979 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 1591 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Werkzeug	Bezeichnung	Schneidstoff	d in mm	z	a_p in mm	v_c in m/min	f_z/f in mm	n in min^{-1}	v_f in mm/min
T1	Schaftfräser	HSS	20	4	25	250	0,1	3979	1591
T2	Bohrnutenfräser	HM	12	2	5	800	0,07	21000	2940
T3	Bohrnutenfräser	HM	20	2	5	800	0,1	12500	2500

2 Koordinatenplan

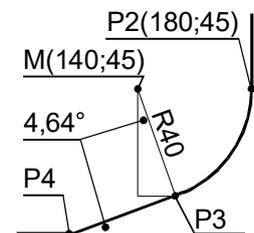
4,0

Hinweis 80: „Entwickeln Sie einen Lösungsansatz“ meint, dass der Rechenweg für Punkt 3 dargestellt werden soll, während die anderen Koordinaten nur abgelesen und notiert werden müssen.

$$P_{3x} = M_x + R40 \cdot \sin 4,64^\circ = 140 \text{ mm} + 40 \text{ mm} \cdot \sin 4,64^\circ = 143,236 \text{ mm}$$

$$P_{3y} = M_y - R40 \cdot \cos 4,64^\circ = 45 \text{ mm} - 40 \text{ mm} \cdot \cos 4,64^\circ = 5,131 \text{ mm}$$

Punkt	X	Y	Z
P0	0	-150	100
P1	180	130	0/-21
P2	180	45	0/-21
P3	143,236	5,131	0/-21
P4	80	0	0/-21
P5	0	0	0/-21
P6	95,505	25	0/-10
P7	85,707	37	0/-10



nicht Teil des Abi
 Berechnung siehe unten

3 CNC-Programm zum Anfahren von P1

3,0

Hinweis 81: Die Aufgabe verlangt nur, von P0 bis P1 zu fahren. Werkzeugwechsel (N100 und N110) könnte schon vorher erfolgt sein und selbst Lösungen ohne Radiuskorrektur sind denkbar. Es bleibt also nur, die Punkte mit der richtigen Z-Koordinate anzufahren.

N100	G00	X0	Y-150	Z100	; Startpunkt P0
N110	T1	F3979	S1591	M3	; Werkzeugwechsel
N120	G00	X180	Y160		; neben der Kontur bleiben
N130	G00			Z-21	; absenken
N140	G41				; Radiuskorrektur ein
N150	G01	X180	Y130		; P1



4 Langlöcher mit Zyklus 5,0

```
N400 ... T2 S21000 F2940 M3 ; Werkzeugwechsel
N410 G74 ZA-21 LP40 BP20 D5 V1 ; Definition Langloch
N420 G79 X120 Y35 Z1 AR90 ; Langloch rechts
N430 G79 X-120 Y35 Z1 AR90 ; Langloch links
N440 G00 Z100 M9 ;
```

alternativ:

```
N420 G76 X-120 Y35 AS0 D240 O2 ;
N430 entfällt
```

5 Unterprogramm für das Halboval 5,0

5.1 Beachten Sie, dass der Fräser T3 mit Ø20 den Radius R10 automatisch erzeugt.

UP %01

```
N100 G91 ; Relativkoordinaten
N110 G01 Z-5 ; Halbe Tiefe
N120 G01 X24,5 ; R10 rechts
N130 G03 X-49 R+25 ; R35
N140 G01 X24,5 ; zurück zum Start
N150 G90 M17
```

alternativ:

```
N130 G03 X-49 I-24,5 J-5
```

Hinweis 82: Dass das Unterprogramm jeweils nur 5 mm tief fräst, kann man aus Aufgabe 1 entnehmen: Schnitttiefe $a_p = 5$ mm. Auch Aufgabe 5 gibt einen Hinweis, denn das Unterprogramm L01 wird 2x aufgerufen (H2).

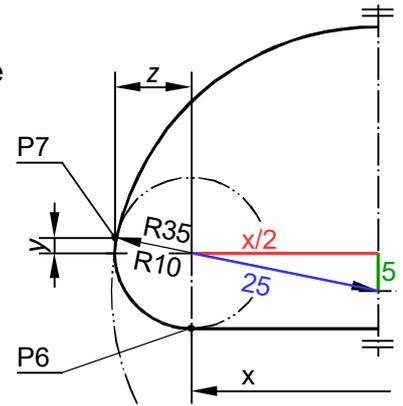
Hauptprogramm mit Bemerkungen (nicht Teil der Aufgabe):

```
N800 ... T3 S12500 F2500 M3 ; Werkzeug T3 mit Ø20
N810 G00 X120 Y35 ; tangiert das Formelement
N820 G00 Z1 ; bei X120 Y25
N830 G01 Z0 ; an der Oberfläche
N840 G22 L01 H2 ; entspricht L0102 (Aufruf UP 2x)
N850 G00 Z1 ; Wechsel zum symmetrischen
N860 X-120 ; Formelement
N870 G22 L01 H2 ; entspricht L0102 (Aufruf UP 2x)
N880 G00 Z100 M8
N890 G00 X0 Y-150
N900 M30
```



Lösungen zu Fragen, die nicht im Abi gestellt wurden.

- 5.2 Wie alle Radien stehen R10 und R35 rechtwinklig zu ihren Kreisbögen. An einem tangentialen Übergangspunkt haben beide Kreise dieselbe Steigung, ergo liegen dort auch ihre Radien auf einer Linie. Dadurch erhält man den Abstand zwischen ihren Mittelpunkten mit $R35 - R10 = 25 \text{ mm}$. Der Rest ist ein Fall für Pythagoras.



$$(25 \text{ mm})^2 = \left(\frac{x}{2}\right)^2 + (5 \text{ mm})^2 \Rightarrow$$

$$x = 2 \cdot \sqrt{(25 \text{ mm})^2 - (5 \text{ mm})^2} = 48,990 \text{ mm}$$

- 5.3 $P6_x$ ergibt sich aus dem Maß x aus der vorigen Aufgabe

$$P6_x = \frac{240 \text{ mm}}{2} - \frac{x}{2} = 120 \text{ mm} - \frac{48,9898 \text{ mm}}{2} = 95,505 \text{ mm}$$

$$P6_y = 30 \text{ mm} + 5 \text{ mm} - R10 = 25 \text{ mm}$$

Die Maße y und z kann man z.B. mit dem Strahlensatz ermitteln und daraus $P7$:

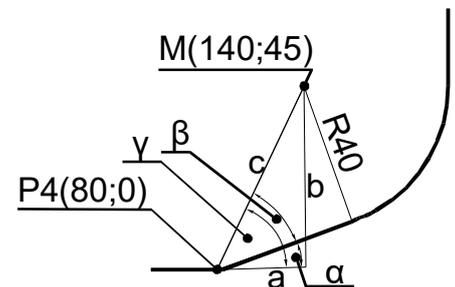
$$\frac{y}{R10} = \frac{5 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} \Rightarrow y = \frac{25 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} = 22 \text{ mm}$$

$$P7_y = 35 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 37 \text{ mm}$$

$$\frac{z}{R10} = \frac{x/2}{25 \text{ mm}} \Rightarrow z = \frac{10 \text{ mm} \cdot 48,9898 \text{ mm}}{2 \cdot 10 \text{ mm}} = 4,899 \text{ mm}$$

$$P7_x = \frac{240 \text{ mm}}{2} - \frac{x}{2} - z = 120 \text{ mm} - \frac{48,9898 \text{ mm}}{2} - 4,899 \text{ mm} = 85,707 \text{ mm}$$

- 5.4 $a = M_x - P4_x = 140 \text{ mm} - 80 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
 $b = M_y - P4_y = 45 \text{ mm} - 0 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$
 $c = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{(60 \text{ mm})^2 + (45 \text{ mm})^2} = 75 \text{ mm}$
 $\gamma = \arctan \frac{b}{a} = \arctan \frac{45 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = 36,8700^\circ$
 $\beta = \arcsin \frac{R40}{c} = \arcsin \frac{40 \text{ mm}}{75 \text{ mm}} = 32,2310^\circ$
 $\alpha = \gamma - \beta = 36,8700^\circ - 32,2310^\circ = 4,639^\circ$



- 6 und folgende keine Lösungen

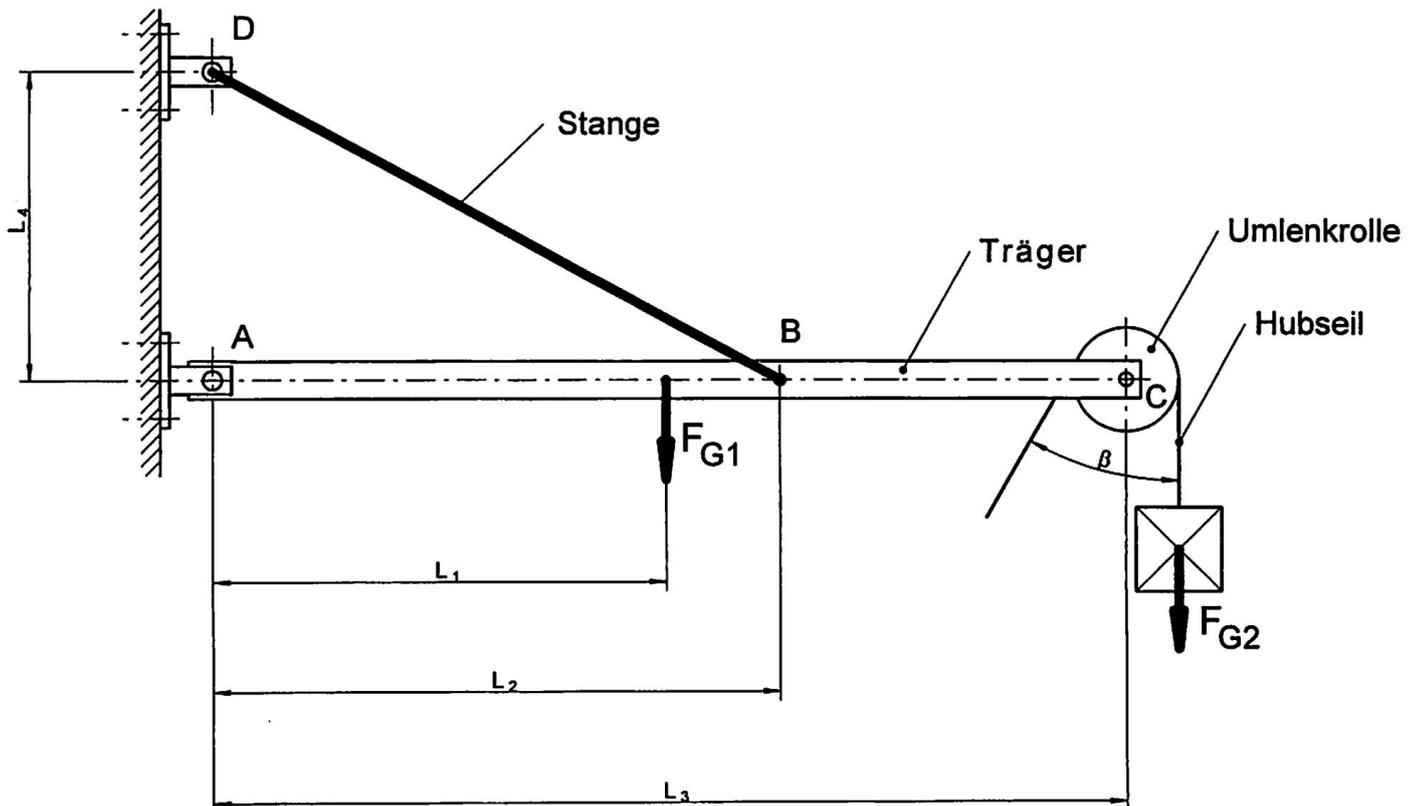


tgtn HP 2012/13-1: Hebevorrichtung

(Pflichtaufgabe)

Die dargestellte Hebevorrichtung ist an den Punkten A und D an einer Wand zu befestigen. Der Träger wird dabei mit Hilfe einer Stange im Punkt B waagrecht gehalten. Eine in Punkt C montierte Umlenkrolle ermöglicht das Anheben einer Last mittels Seilzug.

Die folgende Darstellung ist unmaßstäblich.



Abmessungen: $L_1 = 1 \text{ m}$; $L_2 = 1,2 \text{ m}$; $L_3 = 2 \text{ m}$; $L_4 = 1 \text{ m}$; $\beta = 30^\circ$
 Durchmesser der Umlenkrolle $d_R = 150 \text{ mm}$

Gewichtskräfte: $F_{G1} = 0,6 \text{ kN}$; $F_{G2} = 4 \text{ kN}$

1 Umlenkrolle

Die Umlenkrolle ist mit 2 baugleichen Rillenkugellagern über einen Bolzen im Träger gelagert. Der Bolzen wird aus dem Werkstoff C15 gefertigt und mit einer Sicherheitszahl von 2 ausgelegt. Die Laufzeit der Lager beträgt 1000 Betriebsstunden bei einer Hubgeschwindigkeit von $v_H = 0,4 \text{ m/s}$.

- 1.1 Skizzieren Sie die freigeschnittene Umlenkrolle und berechnen Sie die Kraft F_C der Umlenkrolle. 4,0

In den nachfolgenden Aufgaben wird mit einer Kraft von $F_C = 8 \text{ kN}$ gerechnet.

- 1.2 Dimensionieren Sie die erforderlichen Rillenkugellager mit dem kleinstmöglichen Innendurchmesser. Geben Sie die gewählten Lager normgerecht an. 5,0
- 1.3 Überprüfen Sie den Bolzendurchmesser für das gewählte Rillenkugellager auf Abscherung und bewerten Sie das Ergebnis. Der Bolzen ist zweiseitig eingespannt. 3,0



2 Träger

Für den Träger wird ein I-Profil mit dem Werkstoff S275JR und einer Sicherheitszahl von 2 gewählt.

- 2.1 Ermitteln Sie die Stützkräfte in den Punkten A und B und dokumentieren Sie den Lösungsweg. 6,0
- 2.2 Bestimmen Sie das maximale Biegemoment. 2,0
- 2.3 Wählen Sie den geeignetsten IPE-Träger aus. 3,0

3 Hubeinrichtung (nicht dargestellt)

Das Hubseil ist auf einer Seiltrommel aufgewickelt. Die Seiltrommel wird von einem Elektromotor über ein Zahnradgetriebe angetrieben.

Die Seiltrommel hat einen Durchmesser	$d_{Tr} = 120 \text{ mm}$
Der Elektromotor hat eine Drehzahl von	$n_M = 1450 \text{ min}^{-1}$
Geforderte Hubgeschwindigkeit:	$v_H = 0,4 \text{ m/s}$
Umlenkrolle:	$\eta_R = 95 \%$
Seiltrommel:	$\eta_{Tr} = 90 \%$
Getriebe:	$\eta_G = 83 \%$

- 3.1 Zeichnen Sie die Prinzipskizze der Hubeinrichtung. 3,0
- 3.2 Bestimmen Sie das erforderliche Gesamtübersetzungsverhältnis für das Getriebe. 2,0
- 3.3 Für das Stirnradgetriebe stehen die Zähnezahlen 20, 25, ... , 75, 80 zur Verfügung. 5,0

Für eine kostengünstige Lösung gelten folgende Bedingungen:

- Einzelübersetzung $i_{max} = 4$
- minimale Anzahl der Getriebestufen
- möglichst große Anzahl an gleichen Zahnrädern
- minimale Zähnezahlen

Entwickeln Sie einen Vorschlag für das erforderliche Stirnradgetriebe und begründen Sie diesen.

- 3.4 Berechnen Sie die Hubgeschwindigkeit in m/s mit dem von Ihnen gewählten Getriebe. 2,0
- 3.5 Das Drehmoment wird von der Getriebeabtriebswelle auf die Seiltrommel übertragen. Die Drehzahl der Seiltrommel beträgt 65 min^{-1} bei einer Motorleistung von 2,4 kW. Die zulässige Torsionsspannung der Welle darf $\tau_{tzul} = 100 \text{ N/mm}^2$ nicht überschreiten. 5,0
- Dimensionieren Sie den Durchmesser der Welle.

40,0



Lösungsvorschläge

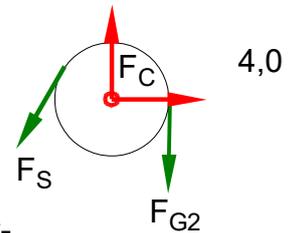
Statik (10 P): Benannte BG freimachen; Lagerkraft; Stützkraft;
 ME (5 P): Rillenkugellager berechnen
 Festigkeit (13 P): BolzenØ auf Scherung; Mbmax; IPE (Biegung), Welle (Torsion)
 Allgemein (3 P): Prinzipskizze
 Getriebe (9 P):

1

1.1 LS Umlenkrolle siehe rechts

Hinweis 83: Zwar verlangt die Aufgabe nur, die Umlenkrolle zu skizzieren, das wäre ein einfacher Kreis. Aber wer seines Korrektors nicht sicher ist, ergänzt sicherheitshalber noch ein paar Kräfte ;-)

Hinweis 84: Gesucht ist die Kraft, mit der die Umlenkrolle auf die Hebevorrichtung wirkt, d.h. die Resultierende aus den beiden Seilkräften.



$$M_C = 0 = F_S \cdot \frac{d_{Tr}}{2} - F_{G2} \cdot \frac{d_{Tr}}{2} \Rightarrow F_S = F_{G2}$$

Die Rechnung zeigt, dass der Seiltrommeldurchmesser d_{TR} keine Rolle spielt. Aus Symmetriegründen verläuft F_C auf der Winkelhalbierenden des Winkels β .

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Cx} - F_{Sx} \Rightarrow F_{Cx} = F_{Sx} = F_{G2} \cdot \sin \beta = 4 \text{ kN} \cdot \sin 30^\circ = 2,0 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Cy} - F_{G2} - F_{Sy} \Rightarrow$$

$$F_{Cy} = F_{G2} + F_{Sy} = F_{G2} + F_{G2} \cdot \cos \beta = 4 \text{ kN} + 4 \text{ kN} \cdot \cos 30^\circ = 7,46 \text{ kN}$$

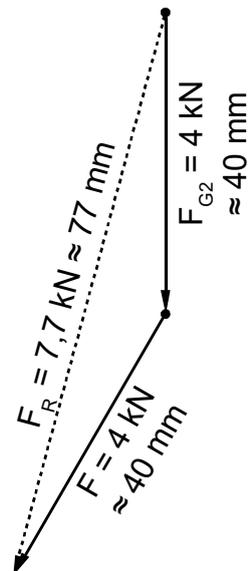
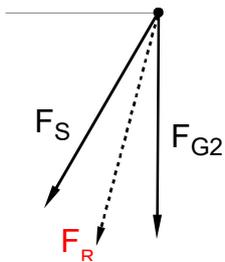
$$F_C = \sqrt{F_{Cx}^2 + F_{Cy}^2} = \sqrt{(2 \text{ kN})^2 + (7,46 \text{ kN})^2} = 7,73 \text{ kN}$$

Zeichnerische Lösung

Hinweis 85: Auch wenn ich sonst dazu neige, die Aufgabenstellung wörtlich zu nehmen, würde ich hier nicht auf der Formulierung „berechnen Sie“ bestehen, sondern auch eine grafische Lösung akzeptieren.

LP Seilrolle

KP $M_K = 4 \text{ kN} \approx 40 \text{ mm}$ (nicht maßstäblich dargestellt)





1.2 Rillenkugellager

$$\text{Drehzahl: } v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_R = \frac{v_H}{\pi \cdot d_R} = \frac{0,4 \text{ m/s}}{\pi \cdot 150 \text{ mm}} = 0,849 \text{ s}^{-1} = 50,9 \text{ min}^{-1}$$

Dynamisch äquivalente Belastung P

(2 Lager $\rightarrow F_r = F_C/2$; reine Radialbelastung $\rightarrow x = 1$ und $y = 0$;))

$$P = x \cdot F_r + y \cdot F_a = 1 \cdot \frac{F_C}{2} + 0 \cdot F_a = 1 \cdot \frac{8 \text{ kN}}{2} = 4 \text{ kN}$$

Verhältnis dynamischer Tragzahl C zu äquivalenter Belastung P (mit $p = 3$ für Wälzlager und $L_{10h} = 1000 \text{ h}$).

Entweder aus der Leitertafel (siehe rechts, $C/P = 1,45$)
Nichtlinearen Skalen können tückisch sein, da hilft, wenn man an der Skale C/P einige Zahlen ergänzt.

oder mit der Zahlenwertgleichung aus der Formelsammlung

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

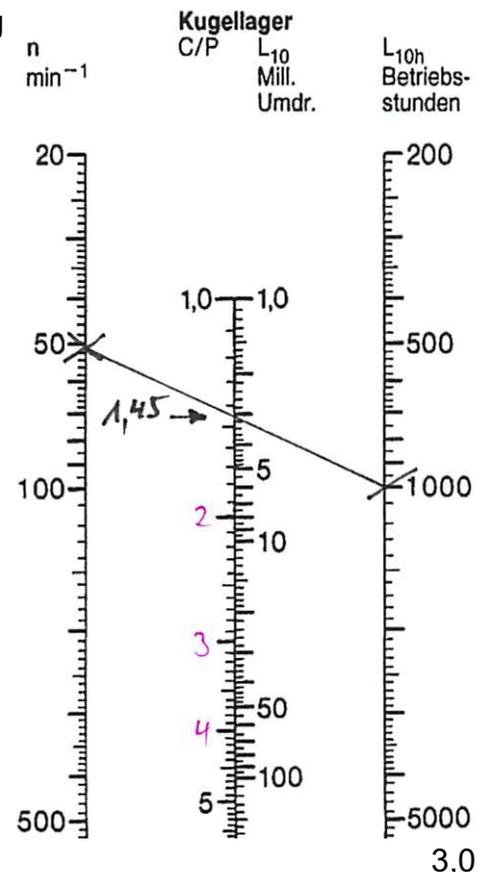
$$\rightarrow \frac{C}{P} = \sqrt[p]{\frac{L_{10h} \cdot 60 \cdot n}{10^6}} = \sqrt[3]{\frac{1000 \text{ [h]} \cdot 60 \cdot 50,9 \text{ [min}^{-1}\text{]}}{10^6}} = 1,45$$

In Zahlenwertgleichungen ist die Umrechnung der Einheiten "eingebaut", deshalb müssen die Werte in der richtigen Einheit [hier in eckigen Klammern] eingesetzt, dürfen aber nicht mehr umgerechnet werden.

Daraus ergibt sich die dynamische Tragzahl C

$$\frac{C}{P} = 1,45 \rightarrow C = 1,45 \cdot P = 1,45 \cdot 4 \text{ kN} = 5,8 \text{ kN}$$

Gewählt: Wälzlager aus der Baureihe 63 mit $d = 10 \text{ mm}$ und $C = 6,4 \text{ kN}$



1.3 $R_e = 355 \text{ N/mm}^2$ (C15 \rightarrow [EuroTabM] „Einsatzstähle“)

$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e$ (\rightarrow [EuroTabM] „Abscherung, Beanspruchung“)

Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren:

$$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 355 \text{ N/mm}^2 = 213 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_{aF}}{\sqrt{v}} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow \tau_{azul} = \frac{\tau_{aF}}{\sqrt{v}} = \frac{213 \text{ N/mm}^2}{2} = 106,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_C}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{8 \text{ kN}}{2 \cdot 106,5 \text{ N/mm}^2} = 37,6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 37,6 \text{ mm}^2}{\pi}} = 6,9 \text{ mm}$$

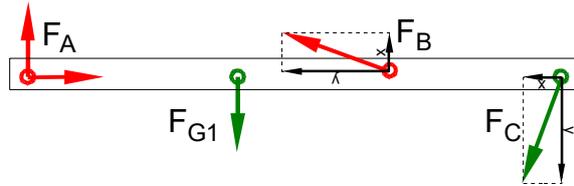
$d_{erf} = 6,9 \text{ mm} < d = 10 \text{ mm} \rightarrow$ der Bolzen $d = 10 \text{ mm}$ ist ausreichend.



2 Träger

2.1 LS Träger (siehe rechts)

6,0



$$\alpha_B = \arctan \frac{L_4}{L_2} = \arctan \frac{1 \text{ m}}{1,2 \text{ m}} = 39,8^\circ$$

$$F_{Cx} = F_C \cdot \sin \frac{\beta}{2} = 8 \text{ kN} \cdot \sin \frac{30^\circ}{2} = 2,07 \text{ kN}$$

$$F_{Cy} = F_C \cdot \cos \frac{\beta}{2} = 8 \text{ kN} \cdot \cos \frac{30^\circ}{2} = 7,73 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_A = 0 = -F_{G1} \cdot L_1 + F_{By} \cdot L_2 - F_{Cy} \cdot L_3 \Rightarrow$$

$$F_{By} = \frac{F_{G1} \cdot L_1 + F_{Cy} \cdot L_3}{L_2} = \frac{0,6 \text{ kN} \cdot 1 \text{ m} + 7,73 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m}}{1,2 \text{ m}} = 13,38 \text{ kN}$$

$$F_B = \frac{F_{By}}{\sin \alpha_B} = \frac{13,38 \text{ kN}}{\sin 39,8^\circ} = 20,90 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Ax} - F_{Bx} - F_{Cx} \Rightarrow F_{Ax} = F_{Bx} + F_{Cx} = 20,90 \text{ kN} \cdot \cos 39,8^\circ + 2,07 = 18,13 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Ay} - F_{G1} + F_{By} - F_{Cy} \Rightarrow$$

$$F_{Ay} = +F_{G1} - F_{By} + F_{Cy} = 0,6 \text{ kN} - 13,38 \text{ kN} + 7,73 \text{ kN} = -5,05 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(18,13 \text{ kN})^2 + (-5,05 \text{ kN})^2} = 18,8 \text{ kN}$$

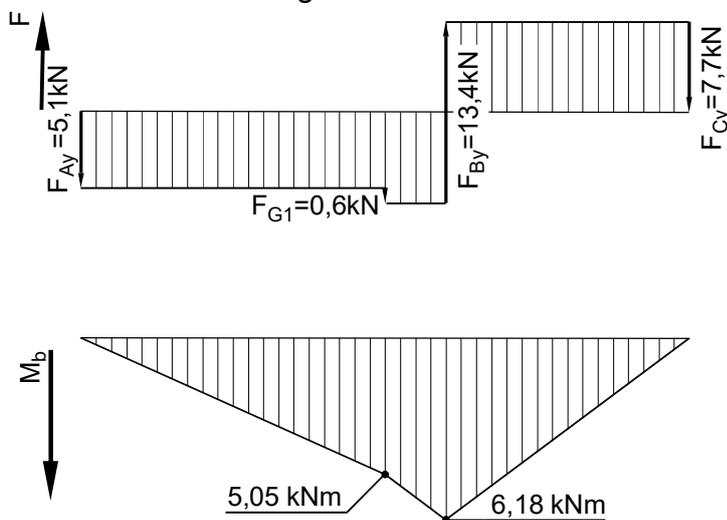
$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{-5,05 \text{ kN}}{18,13 \text{ kN}} = -15,6^\circ$$

$\alpha_A = 15,6^\circ$ nach rechts unten gegen die x-Achse.

2.2 LS Träger siehe oben

2,0

Grafische Darstellung:



Auch ohne grafische Darstellung genügt es, wenn man das Biegemoment an den beiden inneren Kräfteinleitungspunkt bei G_1 und B berechnet:

$$M_{G1}(\text{von links}) = |-F_{Ay} \cdot L_1| = 5,05 \text{ kN} \cdot 1 \text{ m} = 5,05 \text{ kNm}$$

$$M_B(\text{von rechts}) = |-F_{Cy} \cdot (L_3 - L_2)| = 7,73 \text{ kN} \cdot (2 \text{ m} - 1,2 \text{ m}) = 6,18 \text{ kNm} = M_{bmax}$$



2.3 $R_e = 275 \text{ N/mm}^2$

(aus der Bezeichnung von S275 oder \rightarrow [EuroTabM] „Baustähle, unlegierte“)

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

(\rightarrow [EuroTabM] „Biegebeanspruchung“)

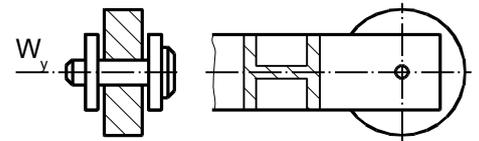
$$\frac{\sigma_{bF}}{V} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \Rightarrow$$

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

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{6,18 \text{ kNm}}{165 \text{ N/mm}^2} = 37,5 \text{ cm}^3$$

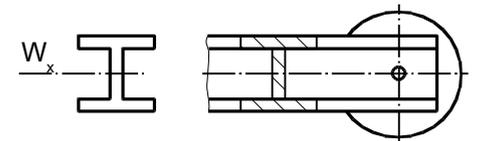
Die Informationen zur Einbaulage sind nicht eindeutig, deshalb gibt es zwei Lösungsmöglichkeiten.

1) Laut Zeichnung ist der IPE-Träger verdreht eingebaut und liegt wie ein „H“. Das ergibt auch eine zwanglose Möglichkeit, die Seilrolle passend zur Darstellung zu montieren. In diesem Fall wird ein IPE 240 mit $W_y = 47,3 \text{ cm}^3$ gewählt (\rightarrow [EuroTabM] „DIN 1025“ oder „IPE-Träger“).



Lage des IPE wie ein "H"

2) In „normaler“ (Doppel-T-) Einbaulage hält ein IPE-Träger wesentlich mehr Biegemoment aus. Das passt zwar nicht zur Zeichnung und erklärt auch nicht den Einbau der Seilrolle, kann aber viel Material sparen. Wer es so sieht (oder gar nicht über die Zeichnung nachgedacht hat ;-), wählt IPE 120 mit $W_x = 53,0 \text{ cm}^3$.



Normgerechte Darstellung des IPE als "I"

(\rightarrow [EuroTabM] „DIN 1025“ oder „IPE-Träger“)



3

3.1 Der Begriff "Prinzipskizze" legt die Form der Darstellung nicht fest. Wichtig sind die 3 Elemente und ihre Reihenfolge:



3,0

3.2 $v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{ab} = \frac{v_H}{\pi \cdot d_{Tr}} = \frac{0,4 \text{ m/s}}{\pi \cdot 120 \text{ mm}} = 1,06 \text{ s}^{-1} = 63,7 \text{ min}^{-1}$

2,0

$$i_{erf} = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{1450 \text{ min}^{-1}}{63,7 \text{ min}^{-1}} = 22,8$$

3.3 Bei der maximalen Einzelübersetzung $i_{max} = 4$ kann mit 2 Getriebestufen nur eine Gesamtübersetzung von $i = i_1 \cdot i_2 = 16$ erreicht werden. Es sind also 3 Stufen nötig.

$$i_{max}^x = i_{erf} \Rightarrow x_{min} = \frac{\log 22,8}{\log 4} = 2,25 \quad 5,0$$

$$\Rightarrow x = 3$$

Wenn man gleich große Übersetzungen möchte, müssen diese etwa $i_E \approx 2,84$ betragen.

$$i_E^x = i_{ges} \Rightarrow i_E = \sqrt[x]{i_{erf}} = \sqrt[3]{22,8} = 2,84$$

Wenn man von den kleinen Antriebsrädern ausgeht, ergibt sich folgende Situation:

z_1	$z_1 \cdot i_E$	z_2	i	i_{ges}	v_{Hub}
20	$20 \cdot 2,84 = 56,8$	55	$\frac{55}{20} = 2,75$	$2,75^3 = 20,8$	$\frac{\pi \cdot 1450}{\text{min} \cdot 20,8} \cdot 120 \text{ mm} = 0,438 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
25	$25 \cdot 2,84 = 71,0$	70	$\frac{70}{25} = 2,8$	$2,8^3 = 21,9$	$\frac{\pi \cdot 1450}{\text{min} \cdot 21,9} \cdot 120 \text{ mm} = 0,415 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
30	$30 \cdot 2,84 = 85,2$	nicht verfügbar			

Die geforderten Hubgeschwindigkeiten werden in beiden Fällen erreicht, die Drehmomente können mangels Angaben nicht geprüft werden. Unter der Vorgabe minimaler Zähnezahlen sind also 3 Getriebestufen mit jeweils 55:20 Zähnen möglich.

(Es ist eher Zufall, dass es hier mit 3 gleichen Übersetzungen ungefähr aufgeht.

Wenn es nicht so ist, nähert man sich mit den ersten Übersetzungen an und variiert die letzten. Dadurch bekommt man zwar mehr verschiedene Zahnräder, aber es ist praktisch nie möglich, mehrere Anforderungen optimal zu erfüllen.)

3.4 $i_{ges} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_2}{z_1} = \frac{55}{20} \cdot \frac{55}{20} \cdot \frac{55}{20} = 20,8$

2,0

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} \Rightarrow n_{ab} = \frac{n_{max}}{i} = \frac{1450 \text{ min}^{-1}}{20,8} = 69,7 \text{ min}^{-1}$$

$$v = \pi \cdot n_{ab} \cdot d_H = \pi \cdot 69,7 \text{ min}^{-1} \cdot 120 \text{ mm} = 0,438 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.5 Drehmoment vom Motor her:

5,0

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{Gab} = P_M \cdot \eta_G = 2,4 \text{ kW} \cdot 0,83 = 1,992 \text{ kW}$$

$$P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_{Tr} = \frac{P_{Gab}}{2\pi \cdot n_{Tr}} = \frac{1,992 \text{ kW}}{2\pi \cdot 65 \text{ min}^{-1}} = 292,6 \text{ Nm}$$

oder einzellig von der Last her (wozu sind sonst η_R , η_{Tr} und d_{Tr} angeben ;-)

$$M_{Tr} \cdot \eta_R \cdot \eta_{Tr} = F_{G2} \cdot \frac{d_{Tr}}{2} \Rightarrow M_{Tr} = \frac{F_{G2} \cdot d_{Tr}}{\eta_R \cdot \eta_{Tr} \cdot 2} = \frac{4000 \text{ N} \cdot 120 \text{ mm}}{0,95 \cdot 0,90 \cdot 2} = 280 \text{ Nm}$$

$$\frac{\tau_{tF}}{v} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow W_{perf} = \frac{M_{Tr}}{\tau_{tzul}} = \frac{292,6 [280] \text{ Nm}}{100 \text{ N/mm}^2} = 2,93 [2,80] \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{W_{perf} \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{2,93 [2,80] \text{ cm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 24,6 [24,3] \text{ mm}$$

Gewählt: $d = 25 \text{ mm}$



tgtn HP 2012/13-2: Max Krause e.K.

(Pflichtaufgabe)

Der Einzelunternehmer Max Krause e.K. erwartet durch die Vermarktung einer neuen innovativen Hebevorrichtung eine gesteigerte Nachfrage. Seine vorhandenen finanziellen Mittel reichen hierfür nicht aus und seine Arbeitsbelastung würde zu hoch. Er überlegt deshalb, seine Unternehmung in eine GmbH oder OHG umzuwandeln.

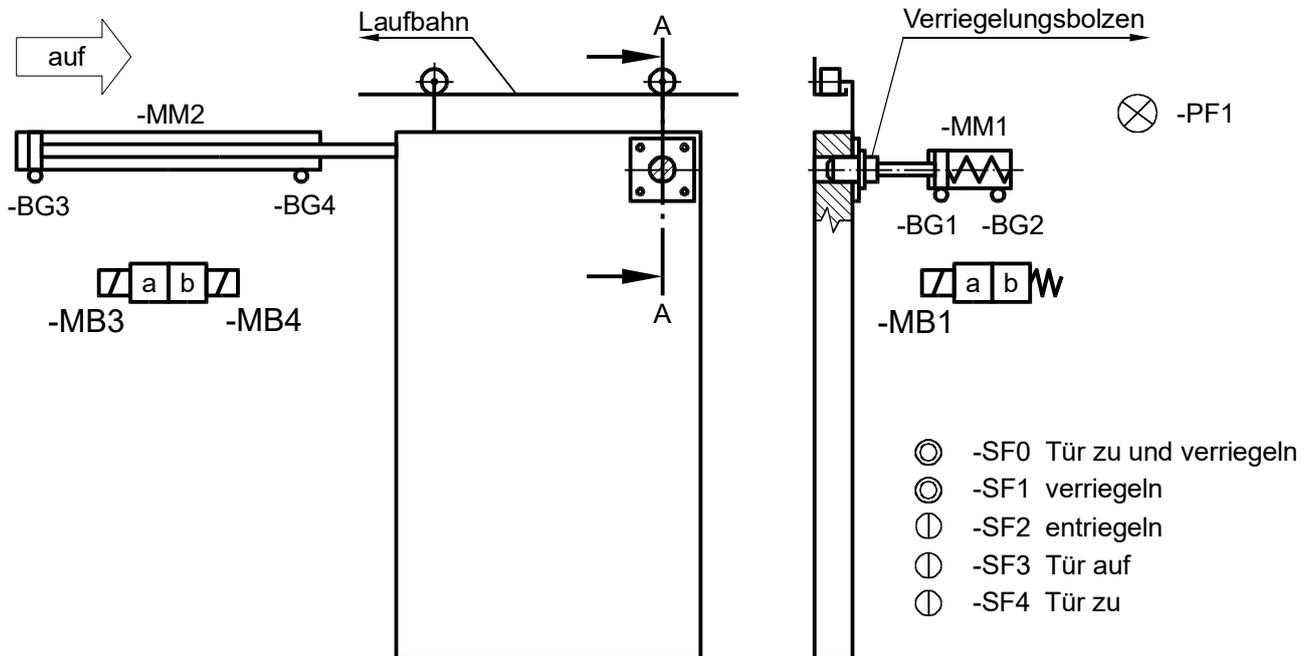
- | | | |
|-------|--|------|
| 1 | Nennen Sie zwei Gründe für eine Rechtsformänderung. | 1,0 |
| 2 | Ein wichtiger Punkt bei einem Rechtsformwechsel ist die Einhaltung der Vorschriften zur Firmierung.
Nennen Sie zwei Firmierungsgrundsätze und erläutern Sie die gesetzlichen Aussagen jeweils anhand eines Beispiels. | 3,0 |
| 3 | Vergleichen Sie anhand von vier Kriterien die Rechtsformen GmbH und OHG. | 4,0 |
| 4 | Herr Krause entscheidet sich für die Rechtsform GmbH.
Nennen Sie die wesentlichen Punkte, die der Gesellschaftsvertrag einer GmbH enthalten muss. | 2,0 |
| 5 | Zur Unterstützung der Geschäftsleitung soll einem qualifizierten Mitarbeiter Prokura erteilt werden. | |
| 5.1 | Erklären Sie den Begriff „Prokura“. | 1,0 |
| 5.2 | Eine Alternative zu einer Prokura könnte die Erteilung einer Handlungsvollmacht sein.
Bewerten Sie anhand des jeweiligen Umfangs die Unterschiede einer Handlungsvollmacht im Verhältnis zu einer Prokura. | 3,0 |
| 6 | In der Fertigungsanlage für Motor-Getriebe-Seilwinden können monatlich maximal 150 Motoren gefertigt werden. Die monatlichen Kosten bei voller Kapazitätsauslastung belaufen sich auf 2.249.970 €.
Aufgrund der Auftragseingänge sollen im Monat Februar 85 Dieselmotoren hergestellt werden. Es entstehen dabei Kosten von insgesamt 1.370.000 €. Die variablen Stückkosten für den Monat Februar betragen 13.538 €. | |
| 6.1 | Berechnen Sie den Beschäftigungsgrad für den Monat Februar. | 1,0 |
| 6.2 | Bestimmen Sie die fixen Gesamtkosten sowie die variablen Gesamtkosten. | 2,0 |
| 6.3 | Es besteht die Möglichkeit, die Motoren zu einem Preis von 17.400 € von einem externen Zulieferer zu erwerben. Beurteilen Sie, ab welcher Fertigungsmenge es vorteilhafter ist, die Motoren in Eigenfertigung zu produzieren? Rechnerischer Nachweis und verbale Begründung. | 3,0 |
| <hr/> | | 20,0 |



tgtm HP 2012/13-3: Sicherheitsschiebetür

(Wahlaufgabe)

Für einen Kunden ist eine Steuerung für eine Sicherheitsschiebetür zu projektieren. Die Sicherheitsschiebetür und deren mechanische Verriegelung werden pneumatisch betätigt. Das dargestellte Technologieschema zeigt die Tür in geschlossenem und verriegeltem Zustand.³⁷



Vorgang:

- Taster -SF2 (Schließer): Zylinder -MM1 fährt ein und entriegelt die Tür
- Taster -SF3 (Schließer): fährt die entriegelte Tür auf
- Taster -SF4 (Schließer): fährt die Tür auch vor dem Erreichen der Endlage zu
- Taster -SF1 (Öffner): verriegelt die geschlossene Tür
- Taster -SF0 (Öffner): fährt die Tür zu und verriegelt sie

Zusatzbedingung: Die Lampe -PF1 leuchtet, wenn die Tür entriegelt ist.

- | | | |
|---|--|-----|
| 1 | Der Verriegelungszyylinder -MM1 hat einen Wirkungsgrad von 84 %. Er wird mit einem Druck von $p_e = 5 \text{ bar}$ betrieben und muss für die Entriegelung eine Kraft von 200 N aufbringen.
Dimensionieren Sie den erforderlichen Normzylinder unter Berücksichtigung betriebswirtschaftlicher Aspekte. | 6,0 |
| 2 | Die Türbewegungen sollen langsam erfolgen.
Erstellen Sie den erforderlichen Pneumatikschaltplan für die Anlage ohne Aufbereitungseinheit. | 3,0 |
| 3 | Zeichnen Sie auf dem Arbeitsblatt 1 das Anschlussbild für die SPS. | 4,0 |
| 4 | Entwickeln Sie das SPS-Programm in der Funktionsbausteinsprache für die geforderte Steuerung. | 5,0 |
| 5 | Erläutern Sie das Verhalten der Anlage bei Druckverlust bzw. Stromausfall. | 2,0 |

³⁷ Die Bezeichnungen der Originalaufgabe wurden hier an [EuroTabM47] angepasst.



Zur Erweiterung der Produktkapazität plant die Max Krause GmbH eine neue Maschine anzuschaffen.

Die Anschaffungskosten betragen 300.000 €. Die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer der Maschine beträgt 8 Jahre.

Folgende Finanzierungsangebote liegen dem Unternehmen vor:

Kreditangebot der Hausbank	Angebot einer Leasinggesellschaft
Zinssatz: 7 %	Leasingrate pro Monat: 6000 €
Laufzeit: 5 Jahre	Grundmietzeit: 5 Jahre
Tilgung in fünf gleichen Jahresraten jeweils am Jahresende.	Eine angebotene Kaufoption in Höhe von 3 % der Anschaffungskosten wird am Ende des 5. Jahres ausgeübt.

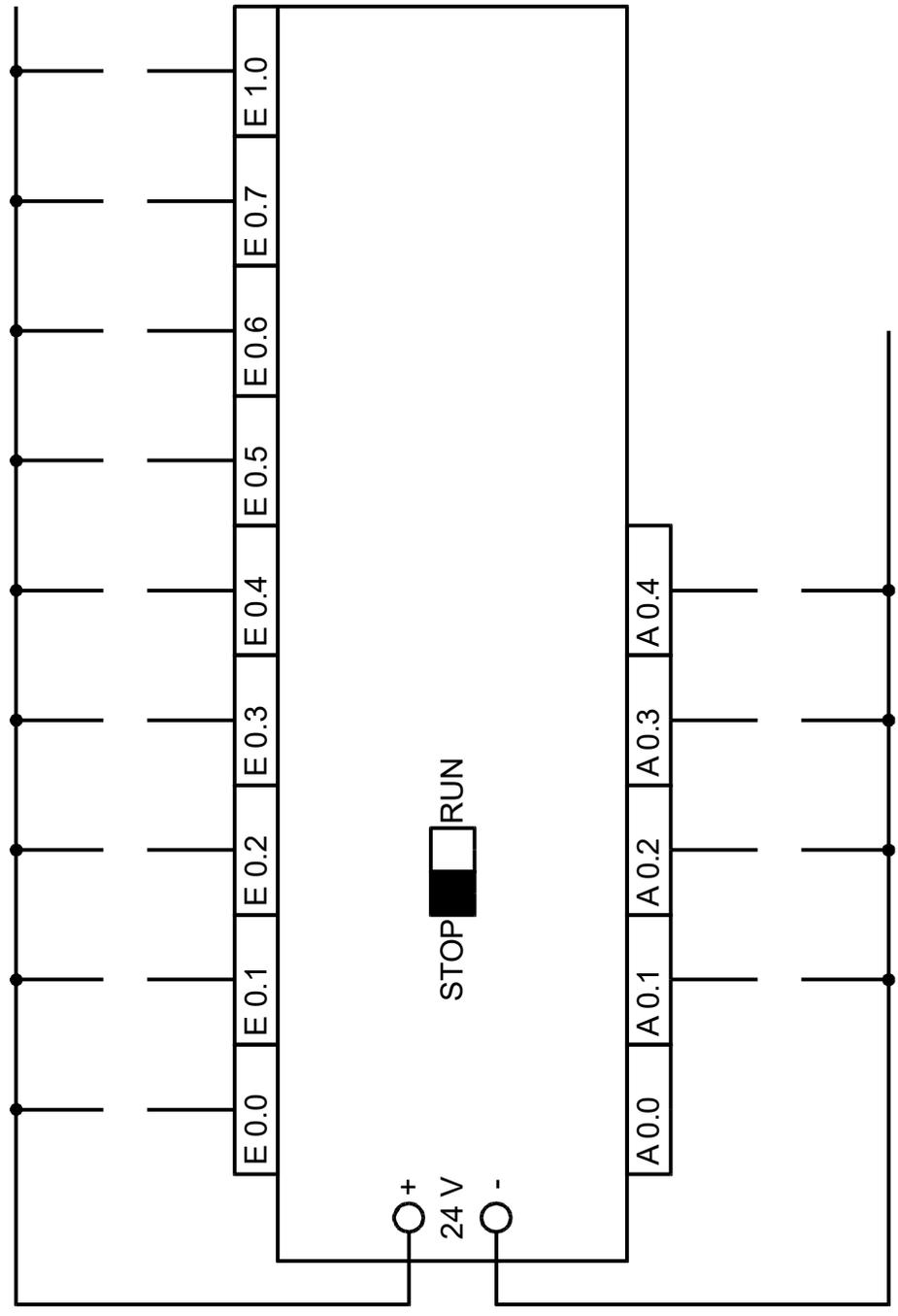
- 6 Nennen Sie neben dem Abzahlungsdarlehen zwei weitere Darlehensarten. 1,0
- 7 Beschreiben Sie den Unterschied zwischen direktem und indirektem Leasing. 2,0
- 8 Berechnen Sie die Liquiditätsbelastung beim Kreditkauf und beim Leasing nach fünf Jahren und tragen Sie Ihre Ergebnisse in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt 2 ein. 5,0
Beurteilen Sie anhand Ihres Ergebnisses, welche Finanzierungsart Sie wählen.
- 9 Obwohl in den meisten Fällen die Kreditfinanzierung im Vergleich zum Leasing die günstigere Alternative darstellt, lautet das Motto vieler deutscher Unternehmen „mieten statt kaufen“. Laut dem Handelsblatt „betrug das Neugeschäft deutscher Leasingunternehmer mit beweglichen Wirtschaftsgütern im vergangenen Jahr 46 Milliarden Euro. Mit einem Wachstum von 12 % zählt Leasing zu den wichtigsten Fremdfinanzierungsformen.“ 2,0
Beurteilen Sie dieses Verhalten.
(Quelle: <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/leasing-spezial-2012/tipps-fuer-mittelstaendler-leasen-ohne-boese-ueberraschungen-/6548104.html>)

30,0



Arbeitsblatt 1

zu Aufgabe 3: Anschlussbild





Arbeitsblatt 2

zu Aufgabe 8: Liquiditätsbelastung

Jahr	Kreditkauf				Leasing
	Restschuld Jahresanfang	Tilgung	Zinsen	Summe	
1					
2					
3					
4					
5					
Summe					
Kaufoption					
Summe					



Lösungsvorschlag

SPS (20 P): Zylinderauswahl (Kolbenstange); Pneumatikschaltplan mit 2 Zylindern (einfach- und doppeltwirkend); Anschlussbild; FBS Verknüpfungssteuerung; Verständnisfrage Druck- bzw. (!) Stromausfall.

1 Normzylinder (→ [EuroTabM] „Pneumatikzylinder, Abmessungen“) 6,0

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F}{p_e \cdot \eta} = \frac{200 \text{ N}}{5 \text{ bar} \cdot 84\%} = \frac{200 \text{ N}}{5 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 0,84} = 4,76 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d_{1\text{erf}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,76 \text{ mm}^2}{\pi}} = 24,6 \text{ mm}$$

Vorläufig gewählt: Normzylinder mit KolbenØ $d_1 = 25 \text{ mm}$ und KolbenstangenØ $d_2 = 10 \text{ mm}$.

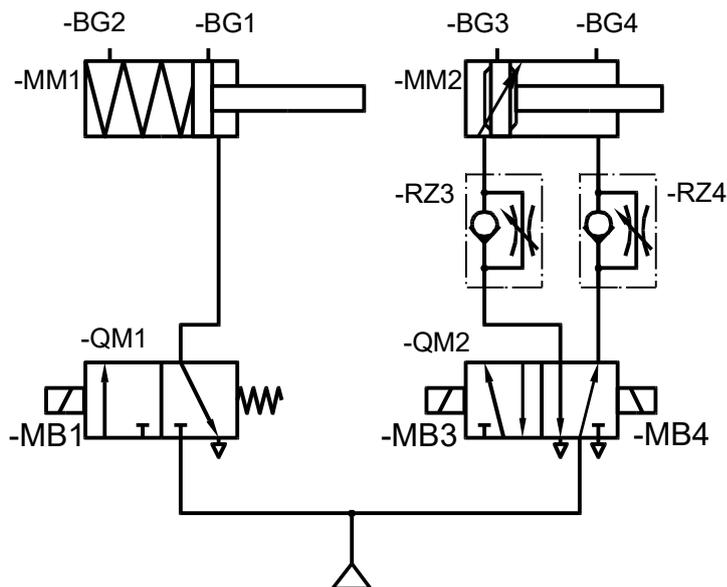
Da die Kraft mit der kleineren Kolbenfläche aufgebracht wird, muss geprüft werden, ob die Kolbenfläche auch ohne Kolbenstange groß genug ist:

$$A = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (25^2 - 10^2) \text{ mm}^2}{4} = 412 \text{ mm}^2 < A_{\text{erf}} \Rightarrow \text{reicht nicht aus!}$$

Verbesserte Wahl: Normzylinder mit KolbenØ $d_1 = 32 \text{ mm}$ und $d_2 = 12 \text{ mm}$.

$$A = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (32^2 - 12^2) \text{ mm}^2}{4} = 691 \text{ mm}^2 > A_{\text{erf}} \Rightarrow \text{reicht aus!}$$

2 Pneumatikplan 3,0

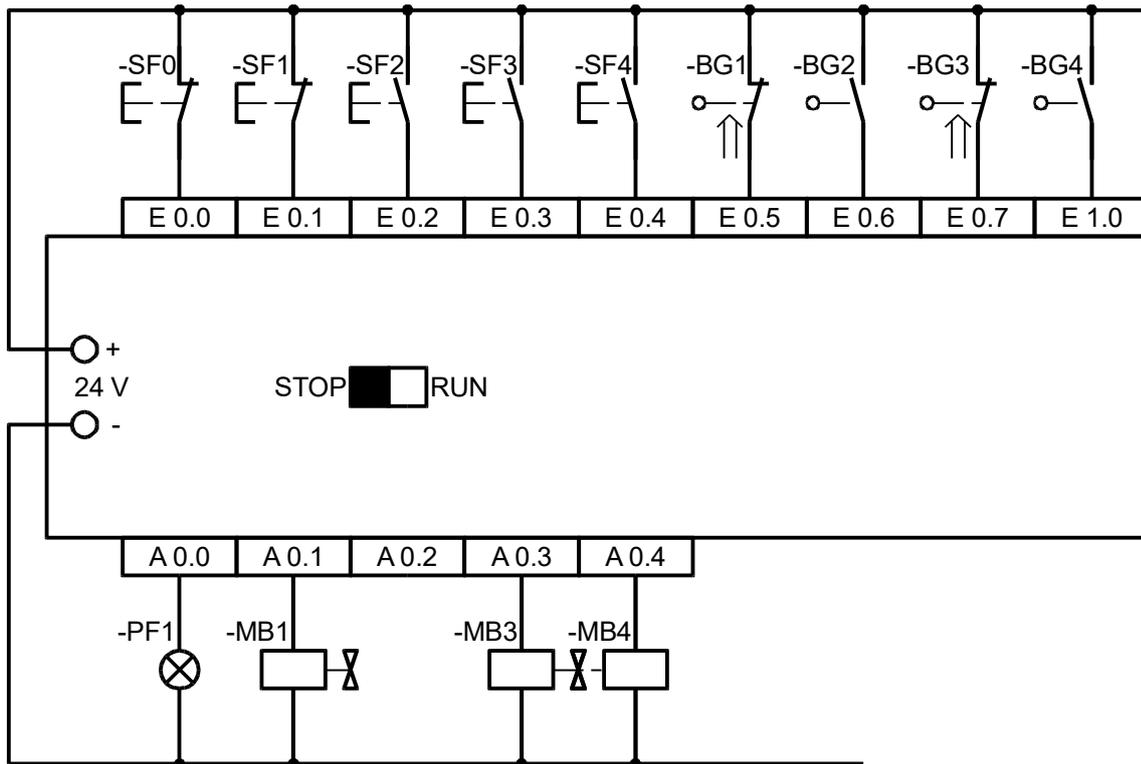


Hinweis 86: Die Endlagendämpfung von -MM2 ist nicht ausdrücklich gefordert.



3 Anschlussbild

4,0

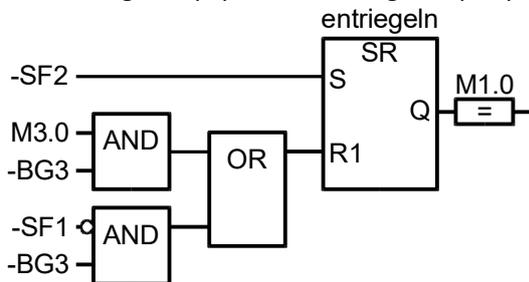


Hinweis 87: Die Endlagenschalter -BG1 usw. sind hier rollenbetätigt dargestellt, weil Rollen am einfachsten zu zeichnen sind.

4 FBS

5,0

Tür entriegeln (S) und verriegeln (R1)

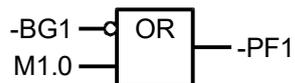


M1.0 ——— -MB1

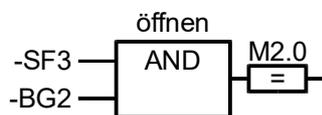
Anzeige: entriegelt (sicher)

-BG2 ——— -PF1

oder: nicht sicher verriegelt

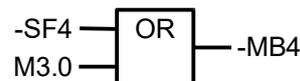
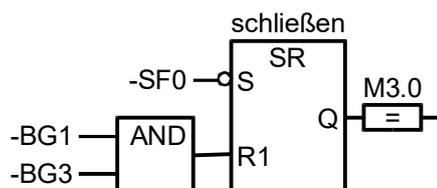


Tür öffnen



M2.0 ——— -MB3

Tür schließen





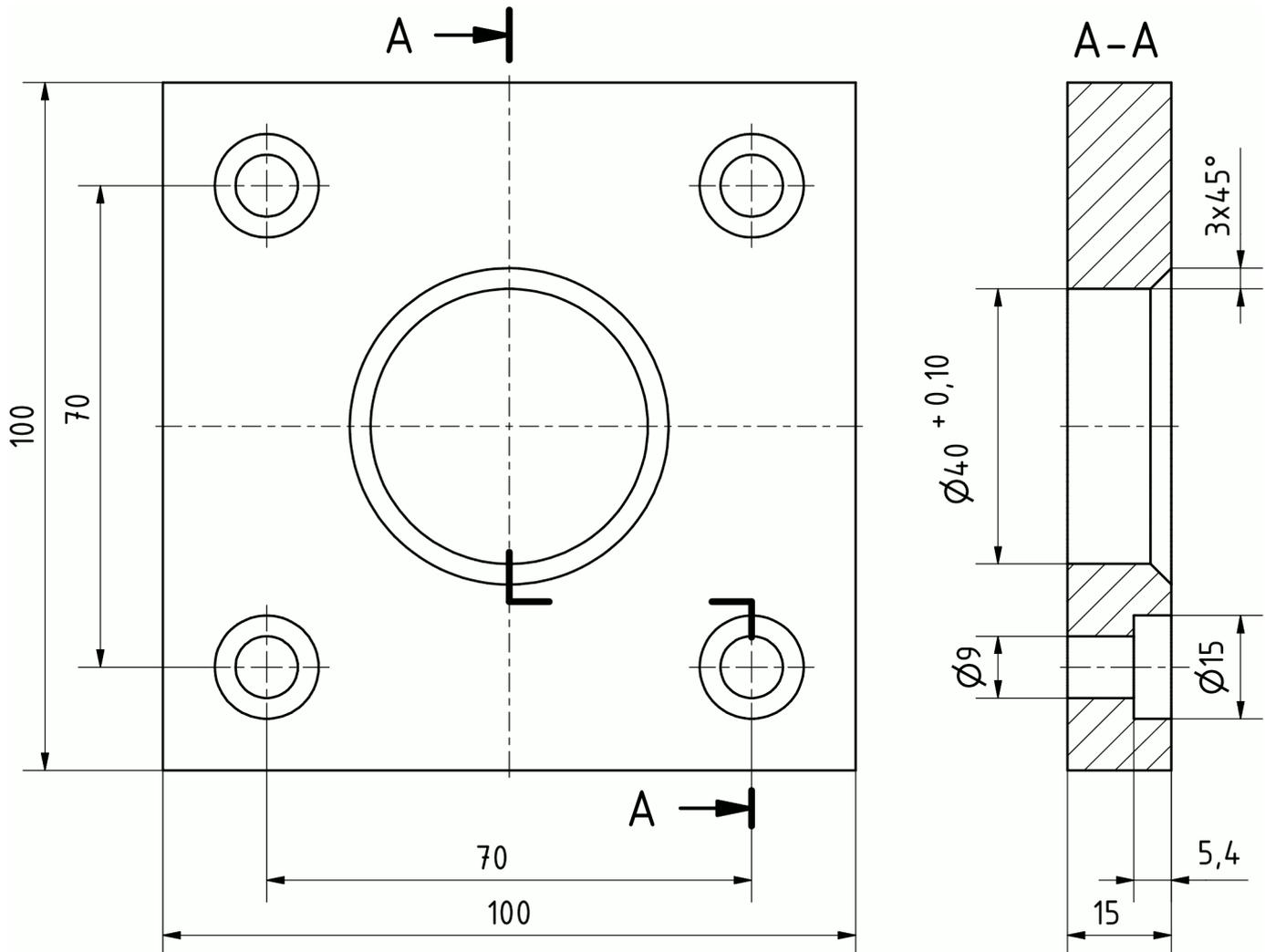
- 5 Bei Druckverlust verliert -MM2 Druck in beiden Kammern, sodass die Türe stehen bleibt und von Hand bewegt werden kann (soweit mechanisch möglich). 2,0
- Bei Spannungsausfall bleibt -QM2 in der aktuellen Position, sodass -MM2 mit der Türe eine eventuelle Bewegung abschließt und in der Endlage stehen bleibt.
- Der Verriegelungsbolzen wird in beiden Fällen von -MM1 gegen die Türe gedrückt. Die Mechanismen sind allerdings unterschiedlich: Bei Spannungsausfall wird -MM1 vom Stellglied -QM1 entlüftet, bei Druckausfall direkt. In beiden Fällen wird der Bolzen von der Kolbenfeder betätigt. Ob die Türe verriegelt, hängt aber auch von den mechanischen Gegebenheiten ab.
- 6 und Folgende: Keine Lösungsvorschläge



tgtm HP 2012/13-4: Schließplatte

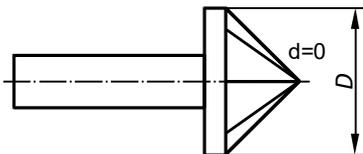
(Wahlaufgabe)

Auf einer CNC-Senkrechtfräsmaschine soll die unten dargestellte Schließplatte aus S275JR für eine Sicherheitstür gefertigt werden.



Es stehen folgende HSS-Werkzeuge zur Verfügung

Nr.	Werkzeug	Durchmesser	Schneiden- zahl	Max. Schnitttiefe
T1	Bohrnutenfräser	10 mm	2	3,5 mm
T2	Schafffräser	20 mm Schneidenlänge 40 mm	8	1 mm (radial)
T3	Kegelfräser 90°	D = 23 mm (oben) d = 0 mm (unten)	9	4 mm im Durchmesserbereich zwischen 15 mm und 23 mm
T4	Wendelbohrer	9 mm		





- | | | |
|-----|--|-----|
| 1 | Bestimmen Sie die Koordinaten eines geeigneten Werkstücknullpunkts und Werkzeugwechsellpunkts und erläutern Sie Ihre Wahl. | 2,0 |
| 2 | Ermitteln Sie die technologischen Daten F und S für die Herstellung der 4 Senkbohrungen mit den Werkzeugen T1 und T4. | 4,0 |
| 3 | Die Senkbohrungen sind zu fertigen. Die Arbeitsspindel befindet sich im Werkzeugwechsellpunkt und der Wendelbohrer T4 ist eingewechselt.
Erstellen Sie den erforderlichen CNC-Programmteil beginnend mit der Satznummer N100 unter Verwendung von Zyklen. | 4,0 |
| 4 | Die Bohrung $\varnothing 40^{+0,1}$ (ohne Fase) ist mit den vorgegebenen Werkzeugen zu fräsen.
Entwickeln Sie einen Lösungsansatz, diese Bohrung möglichst wirtschaftlich zu fertigen und nehmen Sie Stellung (kein CNC-Programm). | 3,0 |
| 5 | Nachdem die Bohrung $\varnothing 40^{+0,1}$ mm gefräst wurde, ist jetzt die Fase $3 \times 45^\circ$ in einem Durchgang zu fräsen. Der Kegelfräser taucht dazu 10 mm ein. | |
| 5.1 | Stellen Sie in einer Zeichnung die Lage des Kegelfräasers in seiner Anfahr- und Fräspose dar und bemaßen Sie die Stellungen der Kegelspitze zum Werkstückmittelpunkt. | 3,0 |
| 5.2 | Bestimmen Sie die technologischen Daten F und S für den Kegelfräser. | 1,0 |
| 5.3 | Erstellen Sie den erforderlichen CNC-Programmteil ohne Verwendung von Zyklen. Start und Ende ist der Werkzeugwechsellpunkt. | 3,0 |

Die Max Krause GmbH sucht einen neuen Konstrukteur mit CNC-Kenntnissen. Beworben hat sich Frau Mohn, die auch zum Bewerbungsgespräch eingeladen wurde. Herr Krause möchte beim Bewerbungsgespräch gerne nachfragen, welcher Religionsgemeinschaft Frau Mohn angehört.

- | | | |
|---|--|-----|
| 6 | Beurteilen Sie, ob Frau Mohn diese Frage wahrheitsgemäß beantworten muss. | 2,0 |
| 7 | Frau Mohn wird eingestellt. Ihr Gehalt beträgt 2.800 € brutto.
Der gesamte Rentenversicherungsbeitragssatz beträgt 19,6 %, der gesamte Satz für die Arbeitslosenversicherung beträgt 3 %, von der Krankenversicherung muss der Arbeitgeber 7,3 % und von der Pflegeversicherung 0,975 % übernehmen.
Berechnen Sie die Kosten, die das Unternehmen für Bruttolohn und die Lohnnebenkosten durch die Sozialversicherung aufbringen muss. | 3,0 |
| 8 | Max Krause plant seine Mitarbeiter zukünftig am Erfolg des Unternehmens zu beteiligen.
Beschreiben Sie zwei Vergütungssysteme, die eine Beteiligung der Mitarbeiter am Unternehmenserfolg ermöglichen. | 2,0 |
| 9 | Beurteilen Sie, welche Auswirkungen die Einführung eines Mindestlohnes auf die Kalkulation und die Gewinnsituation eines Unternehmens haben könnte. | 3,0 |

30,0



Lösungsvorschläge

CNC (20 P): Werkstücknullpunkt und Werkzeugwechsellpunkt begründen; technologische Daten F und S; Senken per Zyklus; Bohrung anfasen ohne Zyklus; Verständnisfrage Zerspantechnik, mit Skizze;

1 Werkstücknullpunkt

3,0

- Werkstückmitte oben nutzt die Symmetrie aus
- Werkstückecke links unten vermeidet Verwechslungen bei Vorzeichen

Werkzeugwechsellpunkt

- z.B. X200 Y200 Z100 liegt weit genug weg vom Werkstück

2 Schnittdaten

Mit "technologische Daten F und S" sind die Vorschubgeschwindigkeit v_f und die (Hauptspindel-)Drehzahl n gemeint. Man kann darauf kommen, wenn man weiß, dass F und S innerhalb eines CNC-Programmes die Adressbuchstaben für v_f und n sind. Gewöhnen Sie sich aber die Abkürzungen F und S für Schnittdaten nicht an, denn außerhalb der CNC-Technik sind sie unverständlich und dürfen in Formeln nicht anstelle der Formelzeichen (z.B. n und v) nach DIN 1304-1 verwendet werden.

S275JR ist ein Baustahl mit der Zugfestigkeit $R_m = 460 \dots 560 \text{ N/mm}^2$
(→ [EuroTabM] „Baustähle, unlegierte“)

Bohren $\varnothing 9$ mit Wendelbohrer $\varnothing 9$ (T4) (→ .. S.298, "Bohren Schnittdaten"):

- $v_c = 30 \text{ m/min}$ (gewählt aus den Tabellenwerten 25..40 m/min für HSS/Baustahl in zwei Zeilen)
- $f = 0,23 \text{ mm/U}$ (geschätzte Interpolation für $\varnothing 9$ aus den Tabellenwerten $f = 0,14 \text{ mm}$ für $\varnothing 6$ und $f = 0,25 \text{ mm}$ für $\varnothing 10$)

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{30 \text{ m/min}}{\pi \cdot 9 \text{ mm}} = 1061 \frac{1}{\text{min}} \quad (\text{Formel} \rightarrow \dots \text{S.297})$$

$$v_f = f \cdot n = 0,23 \frac{\text{mm}}{\text{U}} \cdot 1061 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 244 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \quad (\text{Formel} \rightarrow \dots \text{S.307})$$

Flachsenkung $\varnothing 15$ mit Bohrnutenfräser $\varnothing 10$ (T1) (→ S.305, "Fräsen, ..)

- $v_c = 50 \text{ m/min}$ (gewählt aus den Tabellenwerten 40..60 m/min für HSS/Baustahl)
- $f_z = 0,1 \text{ mm/U}$ je Zahn (gewählt aus den Tabellenwerten 0,05 .. 0,15 mm für Fräser allgemein)

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{50 \text{ m/min}}{\pi \cdot 10 \text{ mm}} = 1592 \frac{1}{\text{min}} \quad (\text{Formel} \rightarrow \dots \text{S.297})$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{U}} \cdot 2 \cdot 1592 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 318 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \quad (\text{Formel} \rightarrow \dots \text{S.307})$$



3 Senkbohrungen

Bohrtiefe:

$$L = l_s + l + l_u = 0,3 \cdot d + l + l_u = 0,3 \cdot 9 \text{ mm} + 15 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 18,7 \text{ mm} \approx 19 \text{ mm}$$

(Formel → [EuroTabM] "Bohren, Hauptnutzungszeit"). Was man sonst noch wissen muss: Für Stahl und andere "normale" Werkstoffe verwendet man Bohrer Typ N mit Spitzenwinkel $\alpha = 118^\circ$ (→ [EuroTabM] „Bohren, Schnittdaten“).

Teilkreis für die Bohrungen:

$$d_{TB} = \sqrt{70^2 + 70^2} \text{ mm} = 98,9949 \text{ mm} \Rightarrow r_{TB} = \frac{d_{TB}}{2} = \frac{98,995 \text{ mm}}{2} = 49,497 \text{ mm}$$

Der Werkstücknullpunkt liegt hier in der Werkstückmitte oben.

Programmabschnitt:

N100	G00	X200	Y200	Z100	F244	S1061	M3
					; 4 Bohrungen Ø9		
N110	G00	X0	Y0			; Werkstückmitte	
N120	G00			Z2		;	
N130	G81			ZA-19	V2	;	
N140	G77	R49,497	AN45	AI90	AP-45	; oder O4	
oder							
N140	G79	XI53	YI35				
N142	G79	XI-53	YI35				
N144	G79	XI-53	YI-35				
N146	G79	XI53	YI-35				
N200	G00	X200	Y200	Z100	T1 F318	S1592	M3
					; 4 Senkungen Ø15x5,4		
N210	G00	X0	Y0			; Werkstückmitte	
N220	G00			Z2		;	
N230	G73	ZA-5,4	R7,5	D3,5	V2	;	
N240	G77	R49,497	AN45	AI90	AP-45	; oder O4	
oder wie oben.							
N300	G00	X200	Y200	Z100			

4 Bohrung Ø40

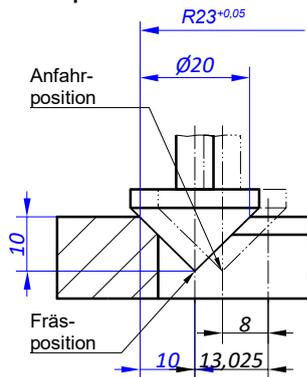
Auf diese Frage sind mehrere Antworten möglich.

Beispiel: Um die Bohrung ohne Bohrer wirtschaftlich zu fertigen, kann man den Kern im Schruppgang (Vorbearbeitung) mit einem möglichst großen Werkzeug (T2) zerspanen. Wenn nötig, wird beim Schruppen ein Schlichtaufmaß stehen gelassen und anschließend die Oberfläche geschlichtet (feinbearbeitet). Das maximale Schlichtaufmaß ist durch die max. radiale Schnitttiefe von T2 begrenzt.

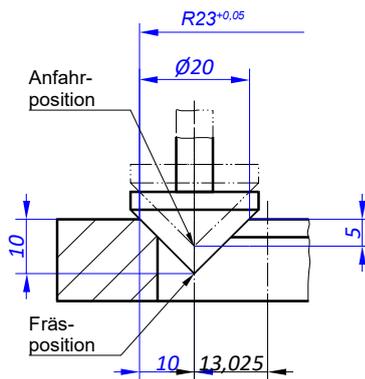


5 Fase

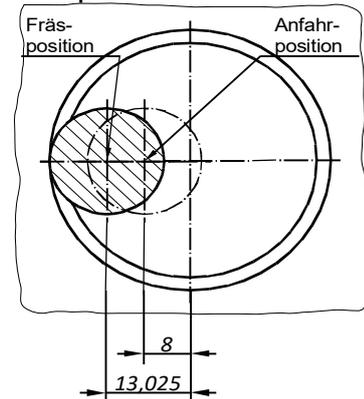
5.1 Beispiel 1



Beispiel 2



Beispiel 3



Hinweise 88:

- Die blauen Maße 5, 10, Ø20 und R23 sollen dem Verständnis dienen, sind aber nicht Teil der Aufgabe.
- $R23^{+0,05}$ enthält die Toleranz des Durchmesser $\text{Ø}40^{+0,10}$.
- Das Maß 13,025 passt in die Toleranzmitte des Durchmessers $\text{Ø}40^{+0,10}$.
- Statt „.. zum Werkstückmittelpunkt“ ist hier nur zur Werkstückmittellachse bemaßt. Will man den „..punkt“ bemaßen, kann man sich zwischen dem Mittelpunkt des Hüllvolumens des Werkstückes entscheiden oder seinem Schwerpunkt (schwierig) oder dem Werkstücknullpunkt (zwar nicht wirklich in der Werkstückmitte, aber sinnvoll).

5.2 F & S , die Zweite ...

Kommentare, Schnittwerte $v_c = 50 \text{ m/min}$ und $f_z = 0,1 \text{ mm/U}$ je Zahn und Berechnungen wie in Lösungsvorschlag 165 mit Kegelfräser T3.

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{50 \text{ m/min}}{\pi \cdot 20 \text{ mm}} = 796 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{U}} \cdot 8 \cdot 796 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 637 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

5.3 Programm Fase

Der Werkstücknullpunkt liegt hier in der Werkstückmitte oben.

N300	G00	X200	Y200	Z100	T3 F637 S796	M3
N310	G00	X8	Y0			;
N320	G00			Z-10		;
N330	G01	X13,025				;
N340	G03	XI0	YI0	I-13,025	J0	;
N350	G01			Z-8		;
N360	G00			Z100		;
N370	G00	X200	Y200			



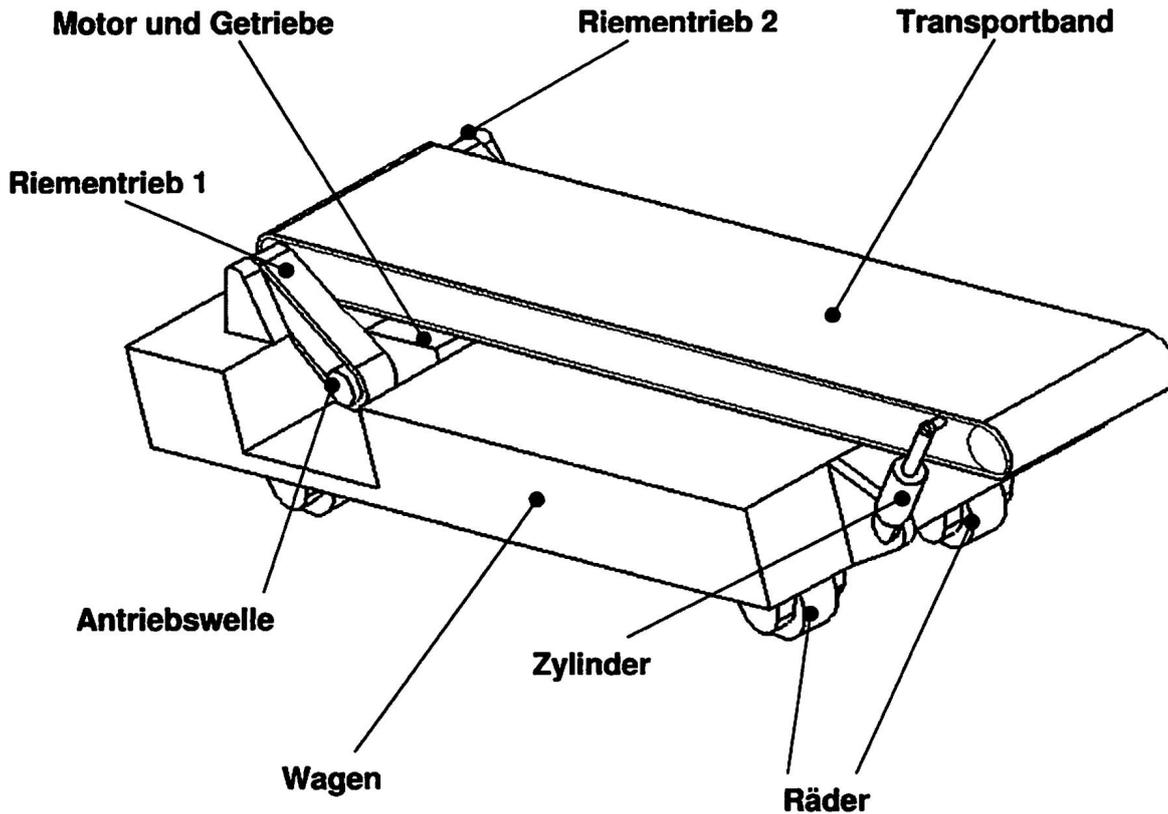
tgtn HP 2011/12-0: Max Müller e.K.

Szenario

Die Firma Max Müller e.K. wurde vor 15 Jahren von Herrn Müller als Einzelunternehmen gegründet. Sie hat 210 Mitarbeiter und ist nach DIN ISO 9000 zertifiziert.

Seit Unternehmensgründung beschäftigt sich das Unternehmen mit dem Transport von Schüttgut aller Art.

Die Produktpalette soll künftig um die unten dargestellte mobile Fördereinrichtung MB-100 erweitert werden.



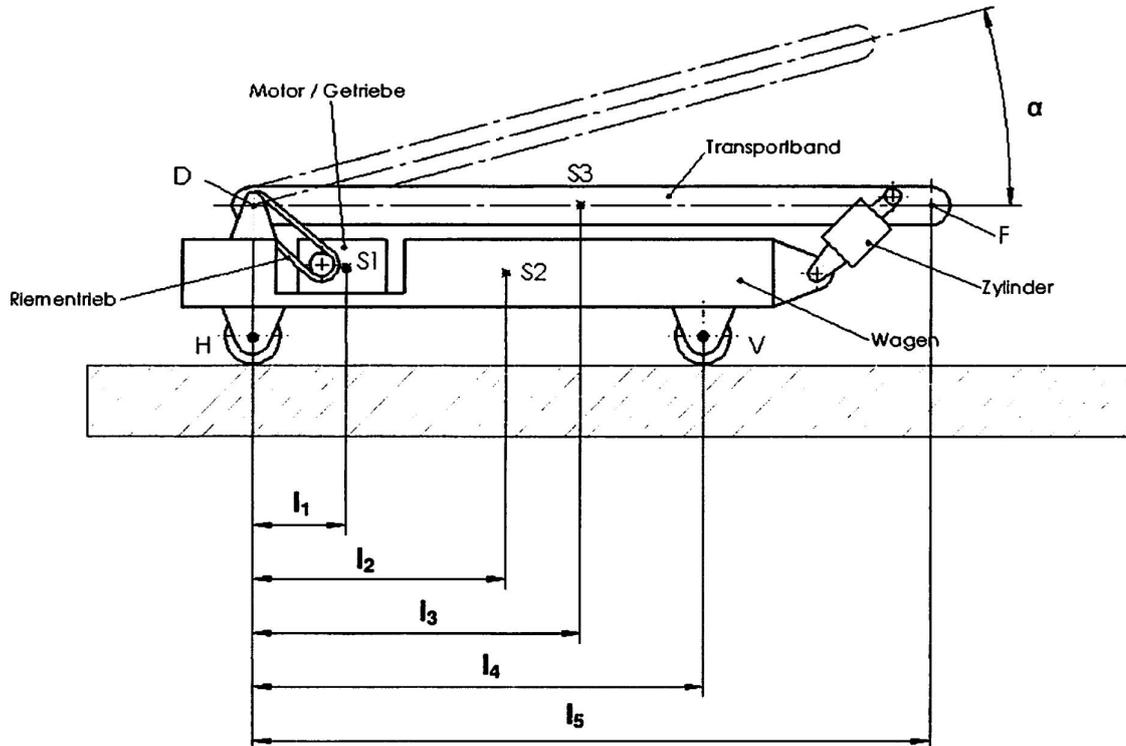


tgtm HP 2011/12-1: Fördereinrichtung

(Pflichtaufgabe)

1 Fördereinrichtung

Die dargestellte mobile Fördereinrichtung MB-100 besteht aus einem Wagen mit je zwei Rädern pro Achse. Das Transportband ist am Punkt D gelagert und kann mit Hilfe eines Zylinders in seiner Neigung um bis zu 15° verstellt werden.



Abmessungen: $l_1 = 400\text{mm}$; $l_2 = 1000\text{mm}$; $l_3 = 1500\text{mm}$; $l_4 = 1800\text{mm}$; $l_5 = 3300\text{mm}$

Gewichtskräfte: Motor und Getriebe an der Stelle S_1 : $F_{G1} = 1100\text{ N}$

Wagen an der Stelle S_2 : $F_{G2} = 3000\text{ N}$

Transportband an der Stelle S_3 : $F_{G3} = 2500\text{ N}$

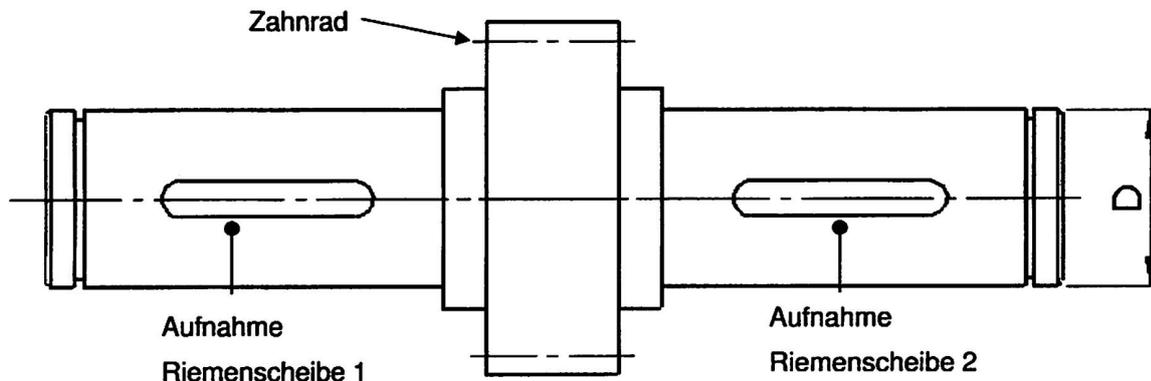
Neigungswinkel $\alpha = 15^\circ$

- 1.1 Schneiden Sie die gesamte mobile Fördereinrichtung in ihrer waagerechten Ausgangslage zur Berechnung der Radkräfte frei. 3,0
- 1.2 Berechnen Sie die Radkräfte F_H und F_V für die mobile Fördereinrichtung. 4,0
- 1.3 Das Transportband befindet sich in waagerechter Position. 4,0
Überprüfen Sie, bei welcher Last am Punkt F die mobile Fördereinrichtung gerade nicht kippt.



2 Konstruktion des Antriebs

Das erforderliche Drehmoment zum Antrieb des Transportbandes wird vom Motor über das Getriebe auf das Zahnrad der Antriebswelle übertragen. Wie in der folgenden Skizze dargestellt, sind auf der Antriebswelle zwei Aufnahmestellen für Riemscheiben vorgesehen. Zwei Passfedern nach DIN 6885 - B 8x7x32 sorgen für die Drehmomentübertragung.



Werkstoff der Antriebswelle:	16MnCr5
Werkstoff der Passfeder:	S235
Schwellendes Drehmoment am Zahnrad:	$M_z = 600 \text{ Nm}$
Sicherheit bei Torsionsbeanspruchung:	4
Sicherheit bei Abscherung:	2
zulässige Flächenpressung:	$P_{zul} = 150 \text{ N/mm}^2$

- 2.1 Dimensionieren Sie den erforderlichen Mindestdurchmesser D der Antriebswelle. 5,0
- 2.2 Weisen Sie nach, ob die gegebenen Passfedern bei einem Wellendurchmesser von $D = 30 \text{ mm}$ die geforderten Sicherheiten erfüllen. 4,0
- 2.3 Die Festigkeitsberechnung hat ergeben, dass die Passfeder den geforderten Sicherheiten nicht entspricht. 2,0

Analysieren und entwerfen Sie eine Lösung für dieses Problem und begründen Sie Ihre Antwort.

3 Antriebssystem

Der Antrieb erfolgt mit Hilfe eines Elektromotors. Zwischen Elektromotor und Transportband befinden sich ein 2-stufiges Zahnradgetriebe und ein Riementrieb.

Daten Elektromotor:

$$P_M = 16 \text{ kW} \quad n_M = 1480 \text{ min}^{-1}$$

Daten Zahnradgetriebe:

$$z_1 = 12; \quad z_2 = 24; \quad \eta_1 = 94\%; \quad z_3 = 15; \quad z_4 = 38; \quad \eta_2 = 92\%$$

Daten Riementrieb:

$$d_1 = 120 \text{ mm}; \quad d_2 = 200 \text{ mm}; \quad \eta_3 = 96\%$$

- 3.1 Stellen Sie die Energieumwandlungskette vom Elektromotor zum Transportband mittels Blockschaltbild dar und berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad. 2,0
- 3.2 Bestimmen Sie das Gesamtübersetzungsverhältnis. 2,0
- 3.3 Das Transportband hat eine Antriebsrolle mit $d = 250 \text{ mm}$. 2,0

Dokumentieren Sie die Geschwindigkeit des Transportbandes in m/s mit Hilfe einer Rechnung.



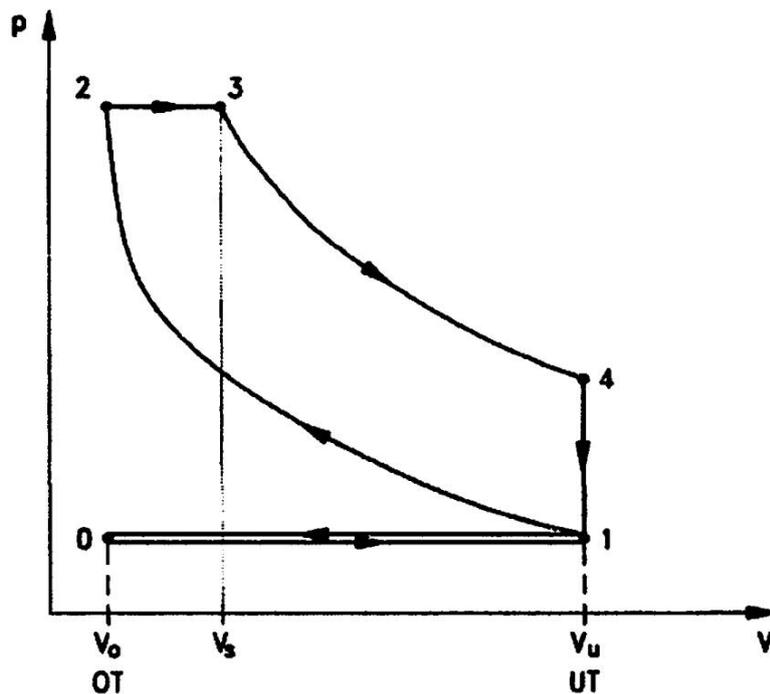
4 Motor zur Stromerzeugung

Die mobile Fördereinrichtung MB-100 soll auch einsetzbar sein, wenn kein Stromanschluss vorhanden ist. Zur Stromerzeugung wird folgendes Aggregat eingesetzt.

- 2-Zylinder
- Gesamthubraum 2100 cm^3
- Verdichtungsverhältnis $\varepsilon = 22$
- Ansaugtemperatur 20°C
- Ansaugdruck 1 bar
- Prozesstemperatur $T_3 = 2100 \text{ K}$

4.1 Der Kreisprozess des Aggregats ist im folgenden p-V-Diagramm dargestellt.

2,0



Nennen Sie die Motorart und begründen Sie Ihre Antwort.

4.2 Beschreiben Sie den vollständigen Ablauf eines Arbeitszyklus und nennen Sie dabei die jeweiligen thermodynamischen Zustandsänderungen.

3,0

4.3 Ermitteln Sie V_1 und V_2 .

2,0

Hinweis: $\varepsilon = 1 + V_{\text{Hub}} / V_2$

4.4 Bestimmen Sie die angesaugte Luftmasse je Zylinder.

2,0

4.5 Ermitteln Sie T_2 und V_3 .

3,0

40,0



Lösungsvorschläge

Statik (11 P): Benannte BG freimachen; Auflagerkräfte; Kipplast;

Festigkeit (9 P): Welle mit Passfedernut und verteiltem Torsionsmoment; Passfeder überprüfen (missverständlich);

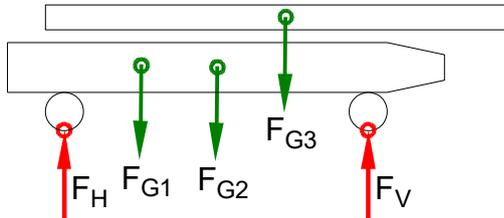
ME (2 P): Welle-Nabe-Verbindung vorschlagen

Getriebe (6 P): Blockschaltbild

Energie (12 P): Motorbauart aus p, V -Diagramm ablesen; Zustandsänderungen eines Viertaktmotors einschließlich Gaswechselschleife beschreiben; V_{OT} und V_{UT} aus V_H und ϵ berechnen (Formel gegeben); Luftmasse; Zustandsgrößen

1

1.1 LS



1.2 Annahme 89: Das Förderband befindet sich wie in Aufg. 1.1 in waagerechter Position.

$$\Sigma M_H = 0 = -F_{G1} \cdot l_1 - F_{G2} \cdot l_2 - F_{G3} \cdot l_3 + F_V \cdot l_4 \Rightarrow$$

$$F_V = \frac{F_{G1} \cdot l_1 + F_{G2} \cdot l_2 + F_{G3} \cdot l_3}{l_4}$$

$$= \frac{1100 \text{ N} \cdot 400 \text{ mm} + 3000 \text{ N} \cdot 1000 \text{ mm} + 2500 \text{ N} \cdot 1500 \text{ mm}}{1800 \text{ mm}} = 3994,4 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_H - F_{G1} - F_{G2} - F_{G3} + F_V \Rightarrow$$

$$F_H = +F_{G1} + F_{G2} + F_{G3} - F_V = 1100 \text{ N} + 3000 \text{ N} + 2500 \text{ N} - 3994,4 \text{ N} = 2605,6 \text{ N}$$

$$F_{VRad} = \frac{F_V}{2} = \frac{3994,4 \text{ N}}{2} = 1997 \text{ N}$$

$$F_{HRad} = \frac{F_H}{2} = \frac{2605,6 \text{ N}}{2} = 1303 \text{ N}$$

1.3 LS Fördereinrichtung im Moment des Kippens

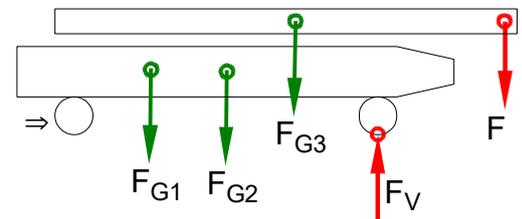
Im Moment "kippt gerade nicht" wird $F_H = 0$.

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

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

$$= \frac{1100 \text{ N} \cdot (1800 - 400) \text{ mm} + 3000 \text{ N} \cdot (1800 - 1000) \text{ mm} + 2500 \text{ N} \cdot (1800 - 1500) \text{ mm}}{3300 \text{ mm} - 1800 \text{ mm}}$$

$$= 3127 \text{ N}$$





2 Konstruktion des Antriebs

2.1 $R_e = 590 \text{ N/mm}^2$ (16MnCr5 \rightarrow [EuroTabM] „Einsatzstähle“)

Da das Drehmoment M_Z vom Zahnrad in verschiedene Richtungen zu den beiden Riemscheiben geleitet wird, muss die Welle nur das halbe Moment übertragen.

$$M_t = \frac{M_Z}{2} = \frac{600 \text{ Nm}}{2} = 300 \text{ Nm}$$

$$\tau_{tF} = 0,7 \cdot R_e = 0,7 \cdot 590 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 413 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\tau_{tF}}{\sqrt{v}} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow \tau_{tzul} = \frac{\tau_{tF}}{\sqrt{v}} = \frac{413 \text{ N/mm}^2}{4} = 103,25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{300 \text{ Nm}}{103,25 \text{ N/mm}^2} = 2,91 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{W_{perf} \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{2,91 \text{ cm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 24,6 \text{ mm}$$

Für die im Maschinenbau erforderliche Genauigkeit reicht es aus, die Tiefe der Passfedernuten auf den Durchmesser aufzuschlagen.

$t_1 = 4 \text{ mm}$ (Passfeder 6885 – 8x7 \rightarrow [EuroTabM] „Passfedern“)

$D_{erf} = d_{erf} + 4 \text{ mm} = 24,6 \text{ mm} + 4 \text{ mm} = 28,6 \text{ mm}$; gewählt: $D = 30 \text{ mm}$

2.2 Passfedern: Kraft F_P , die auf eine Passfeder wirkt:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} \Rightarrow F_P = \frac{2 \cdot M}{D} = \frac{2 \cdot 300 \text{ Nm}}{30 \text{ mm}} = 20 \text{ kN}$$

Gegen Abscherung

$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e$ (\rightarrow [EuroTabM] „Abscherung, Beanspruchung“)

$R_e = 235 \text{ N/mm}^2$ (aus der Bezeichnung von S235 oder \rightarrow [EuroTabM] „Baustähle“)

$b = 8 \text{ mm}$; $l = 32 \text{ mm}$; $t_2 = 3,3 \text{ mm}$ (Passfeder 6885 – 8x7x32 \rightarrow [EuroTabM] „Passfedern“)

$$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 235 \text{ N/mm}^2 = 141 \text{ N/mm}^2$$

$$S = b \cdot l = 8 \text{ mm} \cdot 32 \text{ mm} = 256 \text{ mm}^2$$

$$\frac{\tau_{aF}}{\sqrt{v}} = \tau_{a zul} > \tau_a = \frac{F}{S} = \frac{20 \text{ kN}}{256 \text{ mm}^2} = 78,125 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \Rightarrow$$

$$v_{aB} = \frac{\tau_{aF}}{\tau_a} = \frac{141 \text{ N/mm}^2}{78,125 \text{ N/mm}^2} = 1,8 > 2 \Rightarrow \text{ausreichend}$$

Gegen Flächenpressung

Hier steckt die Sicherheit in der zulässigen Flächenpressung p_{zul} :

$$A = t_2 \cdot l = 3,3 \text{ mm} \cdot 32 \text{ mm} = 105,6 \text{ mm}^2$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{20 \text{ kN}}{105,6 \text{ mm}^2} = 189 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > p_{zul} = 150 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \Rightarrow \text{nicht ausreichend}$$

Die gegebene Querschnittsfläche kleiner als erforderlich \rightarrow nicht ausreichend.

Hinweise 90: Aus dem Wortlaut der Aufgabe könnte man schließen, dass man nicht gegen Flächenpressung berechnen muss, weil dafür keine Sicherheit angegeben ist. Ebenso könnte man die Flächenpressung zuerst berechnen, feststellen, dass "die geforderten Sicherheiten" nicht erfüllt sind, und dann auf weitere Rechnungen verzichten. Beide Entscheidungen würde ich vom Korrektor abhängig machen.



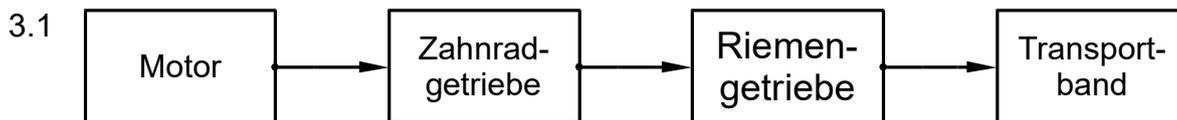
2.3 Analyse: Die Passfederverbindung ist nicht ausreichend belastbar, deshalb muss eine Welle-Nabe-Verbindung mit größerer Belastbarkeit gewählt werden.

Lösungen mit Begründung (laut Aufgabenstellung genügt eine Lösung):

- Verlängerung der Passfeder erhöht die Fläche und senkt die Flächenpressung
- Zwei gegenüberliegende Passfedern erhöhen ebenfalls die Fläche (ob das praktisch üblich ist, muss ein Schüler nicht wissen, aber tatsächlich ist diese Konstruktion in DIN 6892 „Passfedern-Berechnung und Gestaltung“ berücksichtigt (→ [Steinhilper 2007 I] S.519; [Decker 2009] S.292f, [Haberhauer 2008] S.146)
- Passfeder aus höherwertigem Werkstoff erhöht die zulässige Flächenpressung
- Ein größerer Wellendurchmesser senkt die Kraft, die durch die Passfeder übertragen wird, und ermöglicht zudem eine größere Passfeder.
- Andere Konstruktion mit höherer Belastbarkeit verwenden: Keilverbindung, Übermaßverbindung (Presssitz), Keilwelle, Polygonwelle (→ [EuroTabM] „Welle-Naben-Verbindungen“)

Hinweise 91: Die Lösung braucht nicht analysiert zu werden.

3 Antriebssystem



$$\eta_g = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0,94 \cdot 0,92 \cdot 0,96 = 0,83$$

3.2

$$i = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{d_2}{d_1} = \frac{24}{12} \cdot \frac{38}{15} \cdot \frac{200 \text{ mm}}{120 \text{ mm}} = 8,44$$

3.3

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} \Rightarrow n_T = \frac{n_M}{i} = \frac{1480 \text{ min}^{-1}}{8,44} = 175 \frac{1}{\text{min}} = 2,9 \frac{1}{s}$$

$$v = \pi \cdot n \cdot d = \pi \cdot 175 \frac{1}{\text{min}} \cdot 250 \text{ mm} = 138 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 2,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



4 Motor zur Stromerzeugung

4.1 Die Verbrennung (Prozess 2 – 3) erfolgt isobar (Gleichdruckverbrennung) und dies ist typisch für einen Dieselmotor.

4.2 0 – 1 : Ansaugen des Frischgases (isobar, Ansaugtakt)

1 – 2 : Verdichtung (adiabatisch, Verdichtungstakt)

2 – 3 : Verbrennung (isobar, Arbeitstakt)

3 – 4 : Entspannung (adiabatisch, Arbeitstakt)

4 – 1 : Ausströmen des Abgases (isochor, Ausstoßtakt)

1 – 0 : Ausstoßen der Restgase (isobar, Ausstoßtakt)

$$4.3 \quad \epsilon = 1 + \frac{V_{Hub}}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_{Hub}}{\epsilon - 1} = \frac{2100 \text{ cm}^3}{22 - 1} = 100 \text{ cm}^3 \quad \text{für Motor (50 cm}^3 \text{ für Zylinder)}$$

$$V_1 = V_2 + V_{Hub} = 100 \text{ cm}^3 + 2100 \text{ cm}^3 = 2200 \text{ cm}^3 \quad \text{für Motor (1100 cm}^3 \text{ für Zylinder)}$$

4.4 Die angesaugte Luftmasse wird vom Hubraum V_h eines Zylinders bestimmt.

$$V_h = \frac{V_{Hub}}{2} = \frac{2100 \text{ cm}^3}{2} = 1050 \text{ cm}^3$$

$$p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T \Rightarrow m_h = \frac{p_1 \cdot V_h}{R_i \cdot T_1} = \frac{1 \text{ bar} \cdot 1050 \text{ cm}^3}{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273 + 20) \text{ K}} = 1,25 \text{ g}$$

In der Praxis wird dieser Wert nicht erreicht, weil sich der Ansaugvorgang im Zeitraum von hundertstel Sekunden ab

4.5 Adiabatischer Prozess 1 – 2

Für das Volumenverhältnis V_1 / V_2 spielt es in der Gleichung keine Rolle, ob man die Volumina des ganzen Motors oder eines einzelnen Zylinders einsetzt. Einfacher ist es, das Verdichtungsverhältnis ϵ zu verwenden. Aus der gegebenen Formel ergibt sich nämlich:

$$\epsilon = 1 + \frac{V_{Hub}}{V_2} = \frac{V_2}{V_2} + \frac{V_{Hub}}{V_2} = \frac{V_2 + V_{Hub}}{V_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

und damit

$$\frac{T_1}{T_2} = \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa - 1} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa - 1} = T_1 \cdot \epsilon^{\kappa - 1} = (273 + 20) \text{ K} \cdot 22^{1,40 - 1} = 1009 \text{ K}$$

Isobarer Prozess 2 – 3

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow V_3 = V_2 \cdot \frac{T_3}{T_2} = 100 \text{ cm}^3 \cdot \frac{2100 \text{ K}}{1009 \text{ K}} = 208 \text{ cm}^3 \quad \text{für Motor (104 cm}^3 \text{ für Zylinder)}$$



tgtm HP 2011/12-2: Max Müller e.K

(Pflichtaufgabe)

Aufgrund der guten konjunkturellen Lage und den fehlenden eigenen Kapazitäten beschließt die Firma Max Müller e.K. die Montage der mobilen Fördereinrichtung bei der Maschinenfabrik August Ernst AG durchführen zu lassen.

Im Vertrag wird unter anderem folgendes festgehalten:

- Firma Max Müller e.K. liefert der Maschinenfabrik August Ernst AG alle notwendigen Materialien
- Maschinenfabrik August Ernst AG liefert die montierten Fördereinrichtungen spätestens nach zwei Wochen an die Firma Max Müller e.K.

- | | | | |
|-----|--|-----|-----|
| 1 | Nennen Sie die Art des Rechtsgeschäftes und den betreffenden Paragraphen. | 1 | 2,0 |
| 2 | Stellen Sie mithilfe des Gesetzes die Rechte und Pflichten aus diesem Vertragsverhältnis für die entsprechenden Vertragspartner dar. | 4,0 | 4,0 |
| 3 | Am 02.01.2010 liefert die Firma Max Müller e.K. alle Komponenten zur Herstellung von 100 Fördereinrichtungen an die Firma August Ernst AG. Bis zum Ablauf der vereinbarten Frist liefert die Firma August Ernst AG 98 montierte Fördereinrichtungen an die Firma Max Müller e.K.

Begründen Sie mithilfe des Gesetzes, um welche Störung es sich hierbei handelt. Erläutern Sie die Möglichkeiten der Firma Max Müller e.K. | 6,0 | 6,0 |
| 4 | Damit die Maschinenfabrik August Ernst AG die zwei fehlenden Fördereinrichtungen liefern kann, verbaut sie wissentlich zwei falsche Kugellager, da die zur Verfügung gestellten Lager nicht mehr auffindbar sind. Die zwei Anlagen werden am 01.02.2010 an die Firma Max Müller e.K. ausgeliefert und abgenommen. Die Firma Max Müller e.K. liefert am 02.02.2010 die Fördereinrichtungen an die Otto GmbH. Am 03.02.2012 meldet die Otto GmbH der Firma Max Müller e.K. den Fehler an den Fördereinrichtungen und verweist auf einen Schaden in Höhe von 10.000 €, welcher an den weiteren Produktionsmitteln entstanden ist. | | |
| 4.1 | Entwerfen Sie einen Zeitstrahl mit den markanten Daten aus diesem Fall in Bezug zu den Anspruchs- und Verjährungsdaten. | 2,0 | 2,0 |
| 4.2 | Überprüfen Sie die rechtlichen Möglichkeiten der Firma Max Müller e.K. gegenüber der Firma August Ernst AG. | 3,0 | 3,0 |
| 5 | Da sich die Firmen Müller und Otto nicht einigen können, setzen diese einen Gutachter ein, um die Schuldfrage für die fehlerhaften Fördereinrichtungen zu ermitteln.

Bewerten Sie die Verhandlung der beiden Firmen in Bezug auf die Gewährleistungsansprüche der Anlage. | 2,0 | 2,0 |
| 6 | Beurteilen Sie die Rechtslage im oben aufgeführten Fall (3), unter der Annahme, dass die Firma August Ernst AG nach Ablauf von drei Wochen die Fördereinrichtungen noch nicht geliefert hat. | 2,0 | 2,0 |

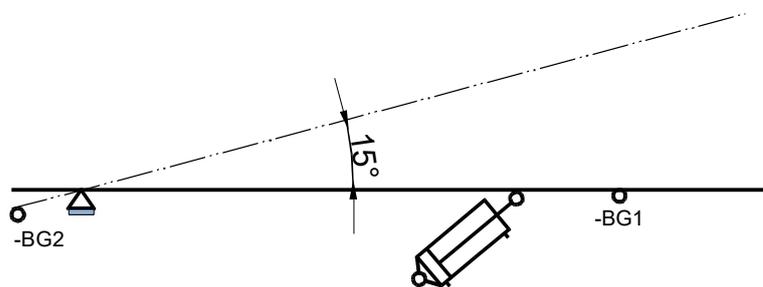
20,0



tgtm HP 2011/12-3: Transportband

(Wahlaufgabe)

Um das Transportband in seiner Neigung verstellen zu können, ist ein doppelwirkender Hubzylinder mit Endlagedämpfung auszulegen und die Steuerung zu entwickeln.³⁸



⊙	-SF0 NOT-AUS
⊕	-SF1 Taster Anlage ein
⊙	-SF2 Taster Anlage aus
⊕	-SF3 Taster Heben
⊖	-SF4 Taster Senken
⊗	-PF1 Grün
⊗	-PF2 Orange
⊗	-PF3 Rot

Die Basissteuerung für das Anheben des höhenverstellbaren Förderbands muss folgende Randbedingungen erfüllen:

- Die Anlage wird mit dem Taster -SF1 in Betrieb genommen. Die Betriebsfähigkeit wird mit einer grünen Lampe signalisiert.
- Die Anlage wird mit dem Taster -SF2 ausgeschaltet.
- Das höhenverstellbare Transportband kann aus seiner horizontalen Lage auf $\alpha = 15^\circ$ bzw. von $\alpha = 15^\circ$ in die horizontale Lage bewegt werden. Zwischenstellungen sind nicht möglich. Die Hubbewegung wird mit dem Taster -SF3 und die Senkbewegung mit dem Taster -SF4 initiiert.
- Die Lage $\alpha = 0^\circ$ bzw. $\alpha = 15^\circ$ wird durch die Tastrollen -BG1 und -BG2 festgestellt.
- Während eines Hub- bzw. Senkvorgangs leuchtet eine orangefarbene Lampe.
- Bei NOT-AUS durch die Betätigung von -SF0 fährt das höhenverstellbare Transportband in seine horizontale Grundstellung. Bei NOT-AUS leuchtet eine rote Lampe.
- Aus Sicherheitsgründen müssen die Hub- und Senkbewegungen langsam erfolgen.

1	Der Zylinder hat einen Wirkungsgrad von 93 % und muss einer Belastung von 9 kN standhalten. Der Arbeitsdruck der Anlage beträgt 5,2 bar. Dimensionieren Sie den erforderlichen Normzylinder.	3,0
2	Stellen Sie den Pneumatikplan dar und benennen Sie die Bauteile mit Namen.	3,0
3	Erstellen Sie die entsprechende Zuordnungsliste für eine SPS-Steuerung auf dem Arbeitsblatt 1.	4,0
4	Entwerfen Sie das Programm für die entsprechende SPS-Steuerung in der Funktionsbausteinsprache (FBS) für den Betrieb des Transportbandes.	6,0
5	Gegen Aufpreis kann die Steuerung mit einer Laufzeitüberwachung für das Heben ausgeliefert werden. Sollte das Transportband zehn Sekunden nach Start des Hubvorgangs nicht in seiner Endlage angekommen sein, ist der Senkvorgang automatisch einzuleiten. Entwerfen Sie ein Konzept zur Anpassung der Steuerung und dokumentieren Sie dieses Konzept nachvollziehbar.	4,0

38 Die Bezeichnungen der Originalaufgabe wurden hier an [EuroTabM47] angepasst.



Für die Aufnahme der Förderbänderproduktion benötigt die Firma Max Müller e.K. zusätzliche Kapazitäten in Maschinen und Produktionsstätten. Für die notwendige Finanzierung der geplanten Investitionen stehen mehrere Möglichkeiten der Kapitalbeschaffung zur Auswahl.

- | | | |
|-------|--|------|
| 6 | Nennen Sie, unabhängig von der oben aufgeführten Rechtsform, die zwei grundsätzlichen Finanzierungsarten und führen Sie je zwei Beispiele hierfür auf. | 2,0 |
| 7 | Der Unternehmer Max Müller e.K. entscheidet sich mit seinem Freund Otto Napf die bestehende Einzelunternehmung in eine Offene Handelsgesellschaft zu überführen.
Nennen Sie mithilfe des Gesetzes einen möglichen Firmennamen. | 1,0 |
| 8 | Bei der Umfirmierung wurde der Wert von Max Müllers Unternehmen mit 400.000 € aufgeführt und Karl Napf bringt 100.000 € Kapital ein. Im ersten Jahr als OHG wird ein Gewinn von 80.000 € erwirtschaftet. Die beiden Gesellschafter erhalten eine monatliche Tätigkeitsvergütung von je 2.000 €.
Ermitteln Sie den jeweils zustehenden Gewinnanteil und den Auszahlungsbetrag am Ende des Geschäftsjahres mithilfe einer Gewinnverteilungstabelle auf Grundlage der gesetzlichen Regelung. | 3,0 |
| 9 | Bewerten Sie die vorliegende Gewinnverteilung und entwerfen Sie einen Alternativvorschlag. | 2,0 |
| 10 | Nach erfolgter Umwandlung der Einzelunternehmung in eine Offene Handelsgesellschaft wendet sich der Gläubiger Franz Meier an Karl Napf mit der Aufforderung, die noch ausstehende Summe von 25.000 € aus der alten Firma Max Müller e.K. zu begleichen.
Beurteilen Sie die Möglichkeiten des Gläubigers Meier. | 2,0 |
| <hr/> | | 30,0 |



Arbeitsblatt 1

zu Aufgabe 3: Zuordnungsliste

Bauteil	Anschluss	Funktion - Bemerkung
-SF0		
-SF1		
-SF2		
-SF3		
-SF4		
-BG1		
-BG2		
-MB1		
-MB2		
-PF1		
-PF2		
-PF3		



Lösungsvorschlag

SPS: (20 P): Zylinder auswählen; Pneumatikplan; Zuordnungsliste; FBS Verknüpfungssteuerung und Laufzeitüberwachung

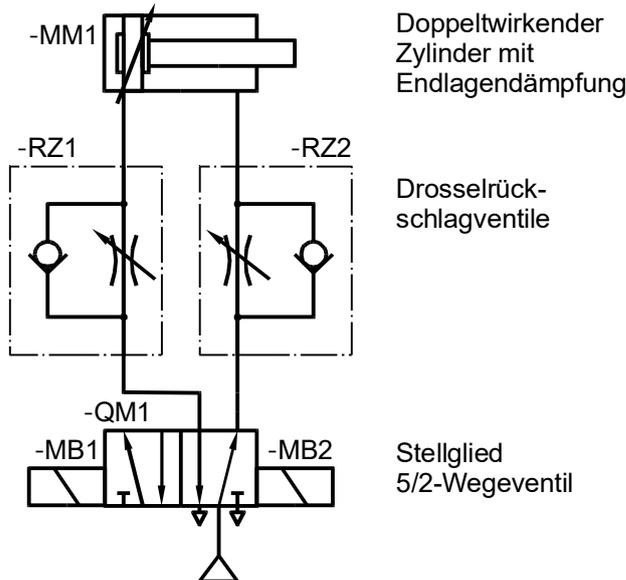
1 Normzylinder

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F}{p \cdot \eta} = \frac{9 \text{ kN}}{5,2 \text{ bar} \cdot 93\%} = \frac{9000 \text{ N}}{5,2 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 0,93} = 186 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0186 \text{ m}^2}{\pi}} = 0,154 \text{ m} = 154 \text{ mm}$$

Gewählt: Normzylinder mit KolbenØ $d_1 = 160 \text{ mm}$ und KolbenstangenØ $d_2 = 40 \text{ mm}$
 (→ [EuroTabM] „Pneumatikzylinder, Abmessungen“)

2 Pneumatikplan



Die Nummerierung der Bauteile ist nicht gefordert.

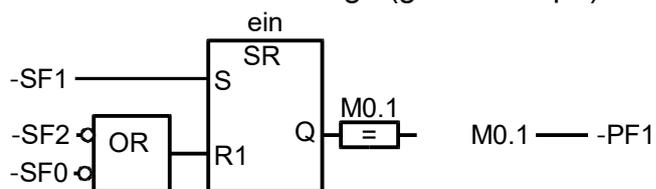
3 Zuordnungsliste

Bauteil	Anschluss	Funktion - Bemerkung
-SF0	E0.0	Öffner, Not-Aus
-SF1	E0.1	Schließer, Taster, schaltet Anlage ein
-SF2	E0.2	Öffner, Taster, schaltet Anlage aus
-SF3	E0.3	Schließer, Taster, hebt Transportband
-SF4	E0.4	Schließer, Taster, senkt Transportband
-BG1	E0.5	Schließer, Sensor, Transportband untere Lage
-BG2	E0.6	Schließer, Sensor, Transportband obere Lage
-MB1	A0.0	1-Signal → Zylinder -MM1 fährt aus, hebt Transportband
-MB2	A0.1	1-Signal → Zylinder -MM1 fährt ein, senkt Transportband
-PF1	A0.2	Leuchte 1 Grün, an → Anlage ist betriebsfähig
-PF2	A0.3	Leuchte 2 Orange, an → Hub- oder Senkvorgang
-PF3	A0.4	Leuchte 3 Rot, an → Not-Aus

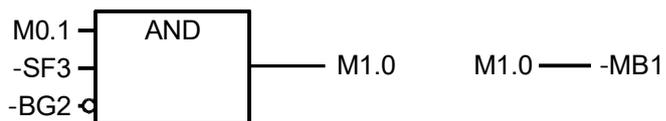


4 FBS

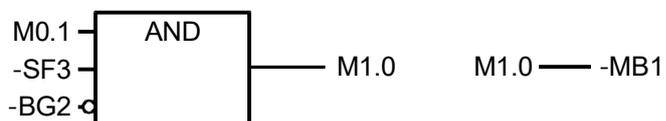
Inbetriebnahme mit Anzeige (grüne Lampe)



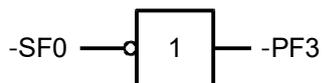
Heben



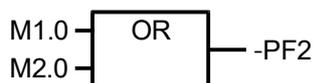
Senken



Not-Aus anzeigen (rote Lampe)



Heben / Senken anzeigen (orange Lampe)

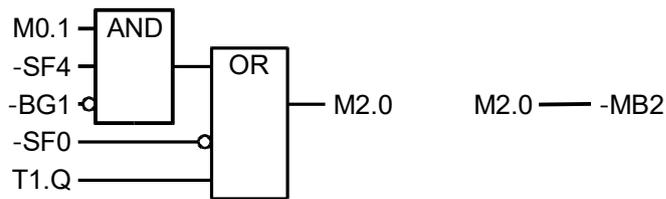


Hinweis 92: $\overline{\text{BG1}}$ und $\overline{\text{BG2}}$ vor den Setzeingängen von M1.0 und M2.0 sind nicht ausdrücklich gefordert.

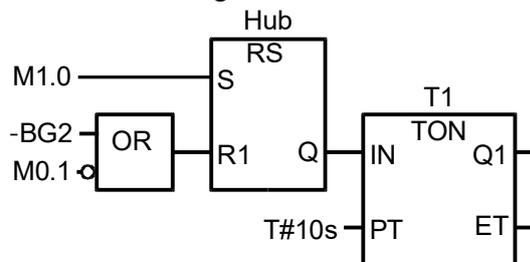


5 FBS mit Laufzeitüberwachung

Senken auslösen mit Zeitüberwachung

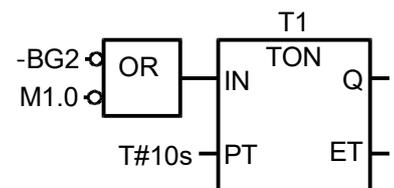


Zeitüberwachung für das Heben



Da M1.0 nur das Startsignal zum Heben liefert, aber nicht während des ganzen Hebens ansteht, muss es gespeichert werden. Das Rücksetzen des Speichers durch $\overline{M0.1}$ verhindert, dass die Zeitüberwachung nach Abschalten der Anlage weiterläuft und u.U. Senken auslöst.

Lösungen ohne Speicher (Beispiel rechts) unter Verwendung vorhandener Signale sind denkbar, aber hängen von der Aufgabe ab und müssen individuell gefunden werden – das ist zeitaufwändig und riskant, also in einer Prüfung nicht zu empfehlen.

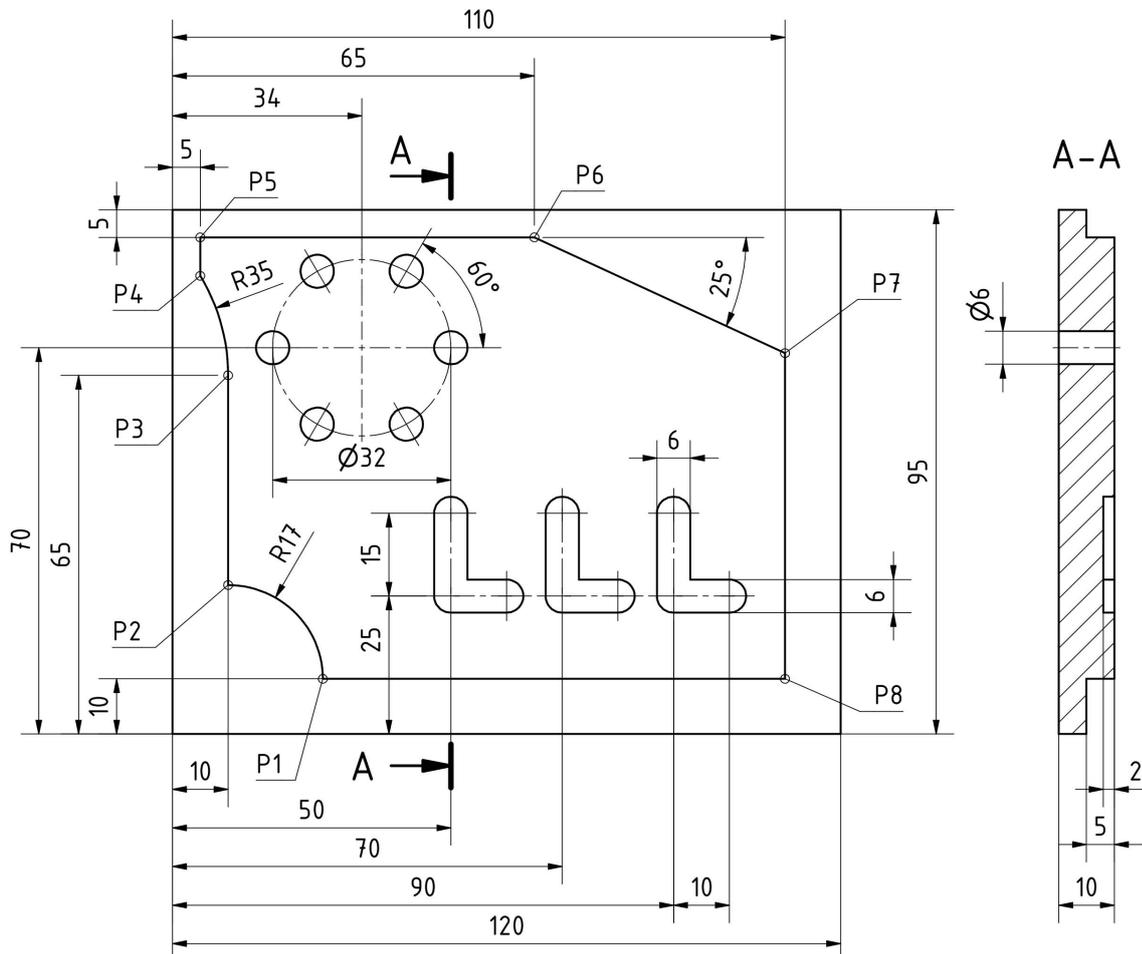




tgtm HP 2011/12-4: Fixierplatte

(Wahlaufgabe)

Die unten dargestellte Fixierplatte aus S235-JR dient zur Arretierung des Getriebes und soll mit Hilfe eines CNC-Programms auf einer Fräsmaschine bearbeitet werden. Die Außenkontur ist bereits vorgeschruppt und bereit zum Schlichten mittels eines HSS-Fräswerkzeuges.



- 1 Legen Sie die Lage des Werkstücknullpunktes und des Werkzeugwechsellpunktes P0 fest und begründen Sie sachlogisch. 2,0
- 2 Nennen Sie den Vorteil der Bahnkorrektur. 1,0
- 3 Bestimmen Sie auf dem Arbeitsblatt 1 die fehlenden technologischen Daten (umrandete Felder) zur Herstellung der Fixierplatte. 3,0
- 4 Bestimmen Sie die fehlenden Koordinaten der Außenkontur und tragen Sie diese auf dem Arbeitsblatt 1 ein. 5,0
 Dokumentieren Sie die Berechnung für die Konturpunkte, die nicht direkt aus der Zeichnung ablesbar sind.
- 5 Die drei L-Formen sollen mit Hilfe eines Unterprogramms hergestellt werden. Das Unterprogramm wird einmalig im Hauptprogramm aufgerufen. Der Werkzeugwechsel ist bereits vollzogen. 6,0
 Entwickeln Sie auf dem Arbeitsblatt 2 diesen Programmaufruf und das Unterprogramm.
- 6 Entwerfen Sie einen Zyklus zur Herstellung des Lochkreises auf dem Arbeitsblatt 2. 3,0



Im Betrieb Max Müller e.K. sind im letzten Abrechnungszeitraum folgende Kosten angefallen:

Gehälter	450.000,00 €
Fertigungslöhne	600.000,00 €
Abschreibungen	100.000,00 €
Hilfslöhne	100.000,00 €
Hilfsstoffe	50.000,00 €
Fertigungsmaterial	250.000,00 €
Hausmeisterservice	40.000,00 €
Verpackung für Versand von CNC Teilen	10.000,00 €

7 Bestimmen Sie anhand einer Tabelle, ob es sich bei den aufgeführten Kosten um Einzel- oder Gemeinkosten handelt. 2,0

8

8.1 Führen Sie eine Verteilung der Gemeinkosten auf die Hauptkostenstellen durch. Verwenden Sie dazu die Tabelle auf dem Arbeitsblatt 3. 4,0

Folgende weitere Informationen sind für Sie relevant:

- Die Sonderverpackungen werden nur der Vertriebsstelle zugeordnet.
- Der Hausmeisterservice wird gleichmäßig auf alle Kostenstellen verteilt.
- Hilfslöhne werden zu 25 % dem Materialbereich, 50 % dem Fertigungsbereich und 25 % dem Vertriebsbereich zugeordnet.
- Hilfsstoffe fallen zu 20 % im Materialbereich und 80 % im Fertigungsbereich an.
- Die restlichen Gemeinkosten werden mithilfe eines Schlüssels im Verhältnis 1:6:2:1 verteilt.

8.2 Ermitteln Sie die Zuschlagssätze in % (zwei Nachkommastellen) der einzelnen Kostenstellen und übertragen Sie diese in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt 3. 2,0

9 Die Firma könnte einen Zusatzauftrag von 10.000 Stück zum Preis von je 349 € annehmen. 2,0

Bei der Nachkalkulation der Teile haben sich folgende Werte eingestellt:
Materialkosten 100 €, Fertigungslöhne 250 €.

Beurteilen Sie, ob die Firma diesen Auftrag annehmen soll.

30,0



Arbeitsblatt 1

zu Aufgabe 3: Technologische Daten

Arbeitsschritt		d [mm]	z	v_c [m/min]	f bzw. f_z [mm]	a_p [mm]	n [min ⁻¹]	v_f in [mm/min]
Schaftfräser	T1	30	4		0,15	5		
Schaftfräser	T2	6	2			3		
Spralbohrer	T3	6	-	-	-	-	-	-

zu Aufgabe 4 Koordinatenplan

Punkt	X	Y	Z	I	J
P0					
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					
P6					
P7					
P8					



Arbeitsblatt 2

zu Aufgabe 5: Programmaufruf für die L-Formen im Hauptprogramm

N	G	
N180		

zu Aufgabe 5: Unterprogramm für die L-Formen

N	G	
N300		

zu Aufgabe 6: Zyklus für die Bohrungen

N	G	
N400		



Arbeitsblatt 3

zu Aufgabe 8.1 und 8.2: BAB

Vertrieb										
Verwaltung										
Fertigung										
Material										
Schlüssel										
Summe										
Gemeinkosten- bezeichnung									Basis	Zuschlagsätze



Lösungsvorschläge

CNC (20 P): Werkstücknullpunkt und Werkzeugwechsellpunkt auswählen; Bahnkorrektur begründen; Schnitt- und Einstelldaten; Koordinaten; Unterprogramm schreiben; Zyklus für Lochkreis

- 1 Werkstücknullpunkt: In Zeichnungslage linke, untere Ecke auf der Oberseite des Werkstückes, da von dort alle Bemaßungen ausgehen.

Werkzeugwechsellpunkt: Muss weit genug von Werkstück weg sein, damit der Werkzeugwechsel genügend Platz hat, darf aber nicht zu weit weg sein, da die Verfahrwege Zeit kosten. Beispiel: X-100 Y-100 Z100.

- 2 Mit Bahnkorrektur muss man den Werkzeugradius nicht berücksichtigen, das vereinfacht die Berechnung der Bahnkoordinaten und den Wechsel des Werkzeuge.

- 3 Technologische Daten

Arbeitsschritt		d [mm]	z	v_c [m/min]	f bzw. f_z [mm]	a_p [mm]	n [min ⁻¹]	v_f in [mm/min]
Schaftfräser	T1	30	4	85	0,15	5	902	541
Schaftfräser	T2	6	2	60	0,06	3	4509	811
Spiralbohrer	T3	6	-	-	-	-	-	-

S235JR = Baustahl mit $R_m = 360 \dots 510 \text{ N/mm}^2$ (→ [EuroTabM] "Baustähle, unleg.")

Schaftfräser T1 Ø30 (→ [EuroTabM] "Schnittdaten, Fräsen", „Fräsen, Schnittdaten“)

– $v_c = 85 \text{ m/min}$ (Konturfräsen, HSS, Baustahl $\leq 500 \text{ MPa}$, Schlichten)

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{85 \text{ m/min}}{\pi \cdot 30 \text{ mm}} = 902 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,15 \frac{\text{mm}}{\text{U}} \cdot 4 \cdot 902 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 541 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Schaftfräser T2 Ø6 (→ [EuroTabM] "Schnittdaten, Fräsen", „Fräsen, Schnittdaten“)

– $v_c = 85 \text{ m/min}$ (wie oben)

– $f_z = 0,009 \text{ mm/U}$ je Zahn (interpoliert zw. $0,005 \text{ mm}$ (Ø6) und $0,022 \text{ mm}$ (Ø20))

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{85 \text{ m/min}}{\pi \cdot 6 \text{ mm}} = 4509 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,09 \frac{\text{mm}}{\text{U}} \cdot 2 \cdot 4509 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 811 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

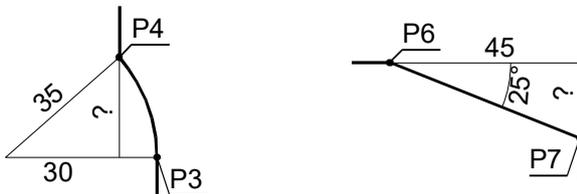


4 Koordinatenplan

Punkt	X	Y	Z	I	J
P0	12	-16	-5		
P1	2	10	-5		
P2	10	27	-5		
P3	10	65	-5		
P4	5	83,028	-5		
P5	5	90	-5		
P6	65	90	-5		
P7	110	69,016	-5		
P8	110	10	-5		

$$P_{4y} = P_{3y} + \sqrt{R35^2 - (R35 - (P_{3x} - P_{4x}))^2} = 65 \text{ mm} + \sqrt{35^2 - (35 - (10 - 5))^2} \text{ mm} = 83,028 \text{ mm}$$

$$P_{7y} = P_{6y} - (P_{4x} - P_{6x}) \cdot \tan 25^\circ = 90 \text{ mm} - (110 - 65) \text{ mm} \cdot \tan 25^\circ = 69,016$$



5 Programmaufruf für die L-Formen im Hauptprogramm

N	G			
N180	G01	X50	Y40	Z1
N190	G22	L01	H3	

Hinweis 93: Das Unterprogramm wird in Zeile N190 zwar „einmalig“ aufgerufen, aber mit 3 Wiederholungen. Deshalb muss das Unterprogramm nur ein L bearbeiten und zum Startpunkt des nächsten L fahren.

Unterprogramm L01 (für die L-Formen; die Namensähnlichkeit L ist zufällig)

N	G		
N300	G91		; relative Koordinaten ein
N310	G01	Z-3	: eintauchen von Z1 zu Z-2
N320	G01	Y-15	; lange senkrechte Linie
N330	G01	X10	; kurze waagerechte Linie
N340	G01	Z3	; „auftauchen“
N350	G00	X10 Y15	; Sprung zum nächsten Startpunkt
N360	G90	M17	; relativ aus, Unterprogramm Ende

6 Zyklus für die Bohrungen (ungeprüft)

N	G							
N400	G81	ZA-12,8	V2					
N410	G77	R16	AN0	AI60	AP300	O6	IA34	JA70

$$Z = t + 0,3 \cdot l_a = 10 \text{ mm} + 0,3 \cdot 6 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 12,8 \text{ mm}$$



tgtm HP 2010/11-0

Arbeitszeit	270 Minuten
Hilfsmittel	eingeführte Gesetzessammlung eingeführte Formelsammlung und Tabellenbuch Metall eingeführte Formelsammlung Mathematik Formeln und Tabellen "Technik und Management" zugelassener Taschenrechner bei zugelassenen CAS-Rechnern muss der Speicher gelöscht sein
Stoffgebiet	Aufgabe 1: (Pflichtbereich) Maschinenbau Aufgabe 2: (Pflichtbereich) Betriebswirtschaftslehre Aufgabe 3: (Wahlbereich) gemischte Aufgabe Aufgabe 4: (Wahlbereich) gemischte Aufgabe
Bemerkungen	Die Aufgaben 1 und 2 (Pflichtbereich) sind von allen Prüflingen zu bearbeiten. Aus den Aufgaben 3 und 4 (Wahlbereich) wählt die Schülerin/der Schüler eine Aufgabe aus. Der Aufgabensatz umfasst 19 Seiten. Sie sind verpflichtet, die Vollständigkeit des Aufgabensatzes umgehend zu überprüfen und fehlende Seiten der Aufsicht führenden Lehrkraft anzuzeigen. Jede Aufgabe ist mit einem neuen Blatt zu beginnen. Bei Verstößen gegen die angemessene Darstellungsform kann ein Punkteabzug erfolgen.

Szenario

Die PowerKart OHG produziert Rennkarts in Kleinserie.

Die Gesellschafter sind zwei Maschinenbauingenieure, die sich mit einer gemeinsamen Entwicklung selbstständig gemacht haben. Die Firma beschäftigt 10 Mitarbeiter. Der Standort ist in der Nähe einer renommierten Rennstrecke in Deutschland.



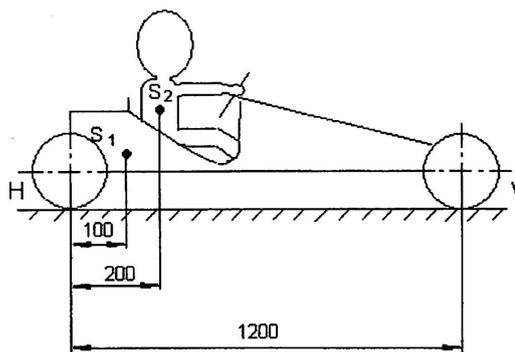
tgtm HP 2010/11-1: Rennkart

(Pflichtaufgabe)

1 Rennkart (vereinfacht)

Die Masse des Rennkarts m_K wird im Schwerpunkt S_1 mit 90 kg und die des Fahrers m_F im Schwerpunkt S_2 mit 80 kg angegeben.

Skizze des Rennkarts (4 Räder)



1.1 Zeichnen Sie den freigemachten Rennkart zur Berechnung der Achskräfte.

3,0

1.2 Berechnen Sie die Radkräfte.

4,0

1.3 Ein Hinterrad kann maximal die Kraft von 900 N und ein Vorderrad maximal die Kraft von 150 N aufnehmen.

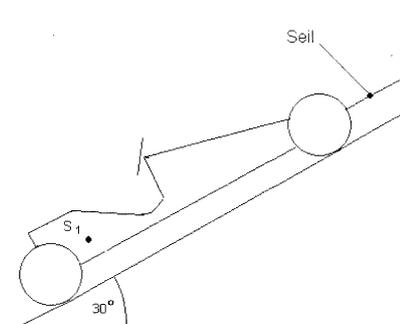
4,0

Entwickeln Sie einen Lösungsweg zur Ermittlung der maximalen Masse des Fahrers.

2 Messe – Präsentation

Der Rennkart wird bei einer Messepräsentation auf einer schiefen Rampe ausgestellt.

Rennkart auf der Rampe



2.1 Zeichnen Sie den freigemachten Rennkart zur Berechnung der Seilkraft.

1,0

2.2 Berechnen Sie die Zugkraft in dem Befestigungsseil.

2,0

2.3 Die Marketingabteilung plant aus optischen Gründen eine Befestigung durch zwei Kunststoffseile (PA 66). Die geforderte Sicherheit beträgt 1,5 bei einer Zugkraft von 450 N.

4,0

Dimensionieren Sie den erforderlichen Durchmesser eines Kunststoffseiles.

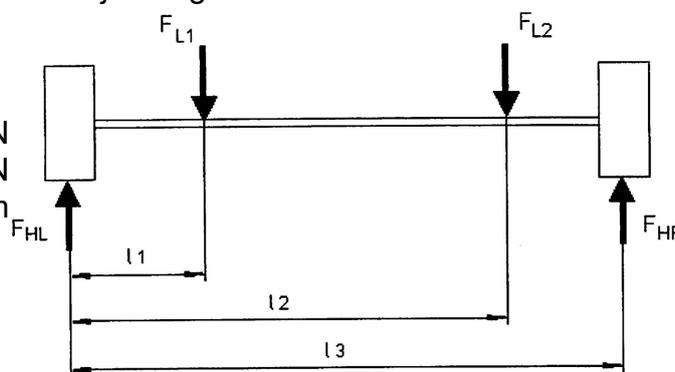
3 Konstruktion der Hinterradachse

4,0

Das Konstruktionsbüro plant entsprechend der jeweiligen Kundenwünsche die Gestaltung der Hinterradachse.

Hinterachsbelastung infolge von Rad- und Lastkräften

F_{HL}	=	878 N	F_{HR}	=	822 N
F_{L1}	=	825 N	F_{L2}	=	875 N
l_1	=	120 mm	l_2	=	695 mm
l_3	=	860 mm			



Ein Kunde wünscht den Einsatz eines Rundstahls aus S275 mit einem Durchmesser von 30 mm. Für die auftretende schwelende Biegebelastung soll eine Sicherheit von 4,5 garantiert werden.

Überprüfen Sie, ob die geforderte Sicherheit gewährleistet ist.



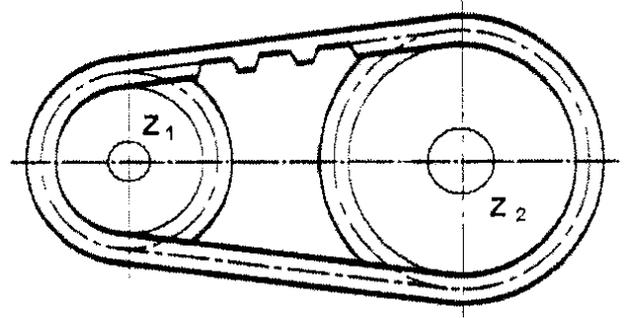
4 Zahnriementrieb

Der Antrieb der Hinterräder mit einem Durchmesser von $d_H = 280 \text{ mm}$ auf der Welle von z_2 erfolgt über einen Motor mit einer Drehzahl von $n_{\max} = 5900 \text{ min}^{-1}$.

Zahnriementrieb mit Riemenscheiben
(unmaßstäblich)

$$z_1 = 11$$

$$z_2 = 66$$



- | | | |
|-----|--|-----|
| 4.1 | Nennen Sie zwei Vorteile eines Riementrieb gegenüber einem Zahnradtrieb. | 2,0 |
| 4.2 | Berechnen Sie die maximale Geschwindigkeit des Rennkarts. | 3,0 |
| 4.3 | Untersuchen Sie, welche Riemenscheibenpaarung geeignet ist, wenn eine maximale Geschwindigkeit von 75 km/h erreicht werden darf. | 3,0 |

Zur Auswahl stehen:

Riemenscheibe 1: $z_1=13$

Riemenscheibe 2: $z_2= 40, 45, 50$ oder 55

5 Antrieb des Rennkarts

Aus Marketinggründen plant die Firma mit einer Sonderedition ihres Rennkarts an den Start eines Rennens zu gehen.

Hierzu wird der Rennkart mit einem 4-Zylinder Otto-Viertaktmotor mit Schaltgetriebe ausgestattet. Der Prozess besteht aus zwei Isochoren und zwei Adiabaten.

- | | | |
|-----|---|-----|
| 5.1 | Vergleichen Sie einen Otto- und einen Dieselmotor bezüglich der Zündung. | 2,0 |
| 5.2 | Stellen Sie den idealisierten Prozess des Ottomotors (ohne Ladungswechselschleife) in einem p-V-Diagramm dar. | 2,0 |
| 5.3 | Benennen Sie die Eckpunkte fortlaufend (Ziffer 1 bei Verdichtungsbeginn). | 1,0 |
| 5.4 | Kennzeichnen Sie die Nutzarbeit im Diagramm. | 1,0 |
| 5.5 | Der Motor besitzt einen Gesamthubraum von 390 cm^3 . Er saugt Luft bei einer Temperatur von 18°C und 0,85 bar an. Das Verdichtungsverhältnis $\epsilon = 10$. Berechnen Sie die angesaugte Luftmasse pro Zylinder. | 2,0 |

Hinweis: Verdichtungsverhältnis $\epsilon = \frac{V_U}{V_O}$

- | | | |
|-----|--|-----|
| 5.6 | Entwickeln Sie einen Lösungsweg zur Bestimmung der fehlenden Zustandsgrößen im Prozesspunkt 2. | 2,0 |
|-----|--|-----|

$\Sigma=40$



Lösungen

Statik (14 P): Benannte BG freimachen; Aufstandskräfte; zulässige Last berechnen;

Festigkeit (8 P): Kunststoffseil (Zug), Biegung;

Getriebe (8 P): Verständnisfrage Riementrieb / Zahnradtrieb

Energie (10 P): Verständnisfrage Otto / Diesel, p,V-Diagramm (Otto) skizzieren und ausfüllen; Luftmasse; Zustandsgrößen berechnen

1 Rennkart (vereinfacht)

1.1 Lageskizze Rennkart (siehe rechts)

$$1.2 \quad \Sigma M_H = 0 = -F_{G1} \cdot 100 \text{ m} - F_{G2} \cdot 200 \text{ m} + F_V \cdot 1200 \text{ m} \Rightarrow$$

$$F_V = \frac{F_{G1} \cdot 100 \text{ m} + F_{G2} \cdot 200 \text{ m}}{1200 \text{ m}} = \frac{900 \text{ N} \cdot 100 \text{ m} + 800 \text{ N} \cdot 200 \text{ m}}{1200 \text{ m}} = 208,3 \text{ N}$$

$$F_{VRad} = \frac{F_V}{2} = \frac{208,3 \text{ N}}{2} = 104 \text{ N}$$

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

$$F_H = +F_{G1} + F_{G2} - F_V = 900 \text{ N} + 800 \text{ N} - 208,3 \text{ N} = 1491,7 \text{ N}$$

$$F_{HRad} = \frac{F_H}{2} = \frac{1491,7 \text{ N}}{2} = 746 \text{ N}$$

$$1.3 \quad \Sigma M_H = 0 = -F_{G1} \cdot 100 \text{ mm} - F_{G2max} \cdot 200 \text{ mm} + 2 \cdot F_{VRadmax} \cdot 1200 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$F_{G2max} = \frac{-F_{G1} \cdot 100 \text{ mm} + 2 \cdot F_{VRadmax} \cdot 1200 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = \frac{-900 \cdot 100 \text{ mm} + 2 \cdot 150 \text{ N} \cdot 1200 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$= 1350 \text{ N}$$

$$m_{2max} = \frac{F_{G2max}}{g} = \frac{1350 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} = 135 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_V = 0 = 2 \cdot F_{HRadmax} \cdot 1200 \text{ mm} - F_{G1} \cdot (1200 - 100) \text{ mm} - F_{G2max} \cdot (1200 - 200) \text{ mm} \Rightarrow$$

$$F_{G2max} = \frac{2 \cdot F_{HRadmax} \cdot 1200 \text{ mm} - F_{G1} \cdot (1200 - 100) \text{ mm}}{(1200 - 200) \text{ mm}}$$

$$= \frac{2 \cdot 900 \text{ mm} \cdot 1200 \text{ mm} - 900 \text{ N} \cdot 1100 \text{ mm}}{1000 \text{ mm}} = 1170 \text{ N}$$

$$m_{2max} = \frac{F_{G2max}}{g} = \frac{1170 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} = 117 \text{ kg}$$

Der Fahrer darf max. 117 kg wiegen.

2 Messe – Präsentation

2.1 Lageskizze Rennkart auf der schiefen Ebene (siehe rechts)

$$2.2 \quad \Sigma F_x = 0 = -F_{G1x} + F_S \Rightarrow$$

$$F_S = F_{G1x} = F_{G1} \cdot \sin 30^\circ = 900 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ = 450 \text{ N}$$

2.3 $R(\text{PA66}) = 55 \text{ N/mm}^2$ (→ [EuroTabM] „Kunststoffe“, „Thermoplaste“

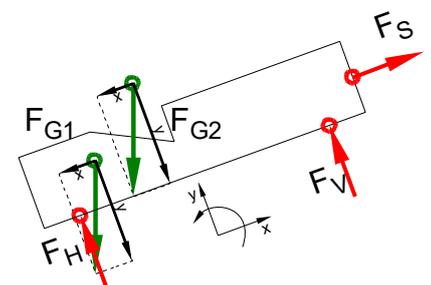
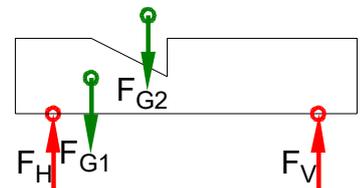
$$\frac{R_m}{\nu} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_m}{\nu} = \frac{55 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 36,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S = \frac{F_S}{2 \cdot \sigma_{zzul}} = \frac{450 \text{ N}}{2 \cdot 36,67 \text{ N/mm}^2} = 6,14 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d_{Serf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,14 \text{ mm}^2}{\pi}} = 2,8 \text{ mm}$$

gewählt: $d_s = 3 \text{ mm}$





Hinweis 94: Die Zugfestigkeit wurde hier durch die "Streckspannung" angenähert, da keine andere Festigkeit verfügbar ist.

3 Konstruktion der Hinterradachse

Maximales Biegemoment

$$M_{L1}(\text{links}) = |F_{HL} \cdot l_1| = 878 \text{ N} \cdot 120 \text{ mm} = 105,36 \text{ Nm}$$

$$M_{L2}(\text{rechts}) = |F_{HR} \cdot (l_3 - l_2)| = 822 \text{ N} \cdot (860 - 695) \text{ mm} = 135,63 \text{ Nm} = M_{bmax}$$

Widerstandsmoment

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot (30 \text{ mm})^3}{32} = 2,65 \text{ cm}^3$$

Sicherheitszahl

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

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

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

$$\sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} = \frac{135,63 \text{ Nm}}{2,65 \text{ cm}^3} = 51,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$v = \frac{\sigma_{bF}}{\sigma_b} = \frac{330 \text{ N/mm}^2}{51,2 \text{ N/mm}^2} = 6,4$$

ist größer als die geforderte Sicherheitszahl 4,5, also ausreichend.

4 Zahnriementrieb

4.1 Vorteile eines Riementriebs gegenüber einem Zahnradtrieb: laufruhiger, schwingungsdämpfend, preisgünstiger, toleranter gegen Fehlern in der Lage der Achsen, größere Achsabstände möglich, geringeres Gewicht.

$$4.2 \quad i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{66}{11} = 6$$

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} \Rightarrow n_{ab} = \frac{n_{max}}{i} = \frac{5900 \text{ min}^{-1}}{6} = 983,3 \text{ min}^{-1}$$

$$v = \pi \cdot n_{ab} \cdot d_H = \pi \cdot 983,3 \text{ min}^{-1} \cdot 280 \text{ mm} = 14,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 865 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 51,9 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$4.3 \quad v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{ab} = \frac{v}{\pi \cdot d_H} = \frac{75 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{\pi \cdot 280 \text{ mm}} = \frac{75 \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}}{\pi \cdot 280 \text{ mm}} = \frac{20,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\pi \cdot 280 \text{ mm}} = 23,7 \text{ s}^{-1} = 1421 \text{ min}^{-1}$$

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{5900 \text{ min}^{-1}}{1421 \text{ min}^{-1}} = 4,15$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} \Rightarrow z_2 = z_1 \cdot i = 13 \cdot 4,15 = 54$$

gewählt: $z_2 = 55$

Hinweis 95: Eine kleinere Riemenscheibe 2 würde eine Geschwindigkeit über 75 km/h möglich machen und damit nicht der Anforderung entsprechen.



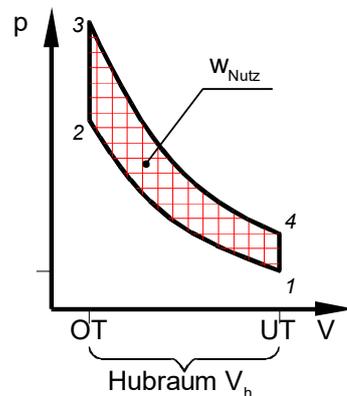
5 Antrieb des Rennkarts

5.1 Ottomotoren werden fremdgezündet, i.d.R. mithilfe von Zündkerzen.
Dieselmotoren werden selbstgezündet durch die Temperatur, die beim Verdichten der Luft entsteht.

5.2

5.3 → 5.2

5.4 → 5.2



5.5
$$V_h = \frac{V_H}{z} = \frac{390 \text{ cm}^3}{4} = 97,5 \text{ cm}^3$$

$$p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T \Rightarrow$$

$$m_h = \frac{p_1 \cdot V_h}{R_i \cdot T_1} = \frac{0,85 \text{ bar} \cdot 97,5 \text{ cm}^3}{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273+18) \text{ K}} = \frac{0,85 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \cdot 97,5 \cdot (0,01 \text{ m})^3}{287 \text{ Nm} \cdot 291} \text{ kg} = 0,099 \text{ g}$$

5.6 Zustandsgrößen sind Volumen, Druck und Temperatur. Es handelt sich um eine adiabatische Zustandsänderung:

$$\epsilon = \frac{V_{UT}}{V_{OT}} = \frac{V_{OT} + V_h}{V_{OT}} = 1 + \frac{V_h}{V_{OT}} \Rightarrow$$

$$V_{OT} = \frac{V_h}{\epsilon - 1} = \frac{97,5 \text{ cm}^3}{10 - 1} = 10,8 \text{ cm}^3 = V_2$$

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{1005 \text{ J/kgK}}{718 \text{ J/kgK}} = 1,40$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa-1}$$

$$\Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa} = p_1 \cdot \epsilon^{\kappa} = 0,85 \text{ bar} \cdot 10^{1,40} = 21,4 \text{ bar} = p_2$$

$$\Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa-1} = T_1 \cdot \epsilon^{\kappa-1} = (273+18) \text{ K} \cdot 10^{1,40-1} = 731 \text{ K} = T_2$$

Hinweis 96:

- Sie machen Ihrem Korrektor die Entscheidung leichter, wenn Sie nicht nur den Lösungsweg entwickeln, sondern auch noch die Lösung berechnen ;-)
- Gelegentlich vereinfacht man die Berechnungen und setzt den Hubraum V_h und den größten Brennraum V_{UT} gleich. Richten Sie sich auch hier nach den Vorgaben Ihres Korrektors.

Damit wäre
$$V_{OT} = \frac{V_h}{\epsilon} = \frac{97,5 \text{ cm}^3}{10} = 9,75 \text{ cm}^3 = V_2$$



tgtm HP 2010/11-2: Power-Kart OHG

4,0

Aufgabe 2 (Pflichtaufgabe)

Die Belegschaft der Powerkart OHG möchte einen Betriebsrat einrichten.

1 Begründen Sie, ob bei dieser Unternehmensgröße die Bildung eines Betriebsrates möglich ist. 3,0

2 Beurteilen Sie, ob der Betriebsrat in den folgenden Fällen ein 4,0
 - Mitbestimmungsrecht
 - Mitwirkungsrecht oder
 - Beratungs- und Informationsrecht hat.

Fall 1: Die Geschäftsleitung der PowerKart OHG kündigt einem Mitarbeiter.

Fall 2: Die Gesellschafter der PowerKart OHG beschließen einen neuen Gesellschafter aufzunehmen.

Fall 3: Die Geschäftsleitung der PowerKart OHG möchte neue Kontrollgeräte einführen, um die Qualität der Arbeitsleistung ihrer Mitarbeiter zu überwachen.

Fall 4: Für die Kartproduktion sollen zwei weitere Arbeitereingestellt werden.

3 Die PowerKart OHG möchte die Leistungsbereitschaft ihrer Mitarbeiter verbessern, indem sie die Arbeitsabläufe umstrukturiert.

3.1 Beschreiben Sie in diesem Zusammenhang Job-enrichment. 1,0

3.2 Beurteilen Sie, ob sich eine Job-enrichment-Maßnahmen problemlos bei einem Produktionsarbeiter anwenden lässt. 3,0

4 Die PowerKart OHG investiert in eine neue Maschinenanlage. Für die Kalkulation soll von nun an ein Maschinenstundensatz zugrunde gelegt werden. 2,0
 Begründen Sie, in welchen Fällen die Ermittlung von Maschinenstundensätzen sinnvoll ist.

5 Ermitteln Sie den Maschinenstundensatz bei einer geplanten Auslastung von 900 Stunden im Jahr: 4,0

Anschaffungswert	80.000 €
Geplante Nutzungsdauer	4 Jahre
Kalkulatorische Zinsen	6,00%
Belegte Fläche	40 qm
Raumkosten pro Jahr	90€/qm
Stromkosten	0,19€/kWh
Leistungsaufnahme der Maschine	12 kW
Instandhaltungskosten	1.200 €/Jahr

6 Beurteilen Sie mögliche Änderungen im Maschinenstundensatz, wenn die geplante Auslastung der Maschine um 30 % unterschritten wird (keine Berechnung). 3,0

Σ=20,0



tgtm HP 2010/11-3: Konturplatte

Wahlaufgabe

Auf einer CNC- Senkrecht-Fräsmaschine soll die Konturplatte aus einer Aluminium-Legierung gemäß gegebener Zeichnung (siehe Anlage 1) gefertigt werden.

Es stehen folgende Werkzeuge zur Verfügung

Nr.	Werkzeug	Durchmesser	Zähnezahl	Max. Schnitttiefe
T1	Schaftfräser HSS	d = 30 mm	z = 6	$a_p = 6$ mm
T2	Schaftfräser HSS	d = 18 mm	z = 3	$a_p = 6$ mm
T3	NC Anbohrer 90° HSS	d = 12mm		
T4	Wendelbohrer HSS			-

Der Werkzeugwechsellpunkt liegt bei X100, Y -75, Z 100.

		Punkte
1	Erläutern Sie die Lage des Werkstücknullpunktes.	2,0
2	Zur Verfügung stehen die Werkzeuge T1 und T2. Ermitteln Sie die geeigneten Werkzeuge zur Fertigung der gesamten Außenkontur und der Kreistasche. Dokumentieren Sie Ihre Empfehlung für die Wahl von T1 oder/und T2 aus technischer und wirtschaftlicher Sicht.	4,0
3	Bestimmen Sie auf dem Arbeitsblatt 1 die fehlenden Daten im Arbeitsplan zur Herstellung der Konturplatte unter Berücksichtigung der vorgegebenen Werte.	4,0
4	Erstellen Sie auf dem Arbeitsblatt 1 den Koordinatenplan mit Absolutkoordinaten zur Fertigung der Kontur für die Punkte P1 - P7.	3,0
5	Entwickeln Sie auf dem Arbeitsblatt 2 den CNC Programmteil zur Fertigung der Außenkontur mit dem Werkzeug T1 und der Kreistasche unter Verwendung eines Zyklus mit dem Werkzeug T2. Beachten Sie den Werkzeugwechsellpunkt.	3,0
6	Die Bohrungen werden mit Hilfe eines Teilkreiszyklus gefertigt. Sie sind zentriert, das entsprechende Werkzeug ist aufgenommen, alle technologischen Daten sind programmiert. Das Werkzeug befindet sich im Werkzeugwechsellpunkt. Erstellen Sie auf dem Arbeitsblatt 2 den Programmabschnitt für das Bohren (ohne Vorbohren).	2,0
7	Am Punkt P7 soll eine Abschrägung vorgenommen werden. Die Schräge verläuft unter 20° zur Waagerechten und besitzt den lotrechten Abstand 15 mm vom Punkt P7. Dokumentieren Sie den Rechenweg zur Ermittlung der Koordinaten der neu entstandenen Punkte P7a und P7b und zeichnen Sie dazu den veränderten Konturzug vom Punkt P6 bis zum Punkt P8 im Maßstab 2:1.	2,0



8 Die PowerKart OHG beabsichtigt die neue Maschinenanlage mit einem Anschaffungswert von 80.000 € über einen Bankkredit (Abzahlungsdarlehen) zu finanzieren. Die Hausbank bietet folgende Konditionen an:

Kreditlaufzeit: 4 Jahre

Zinssatz: 6 %

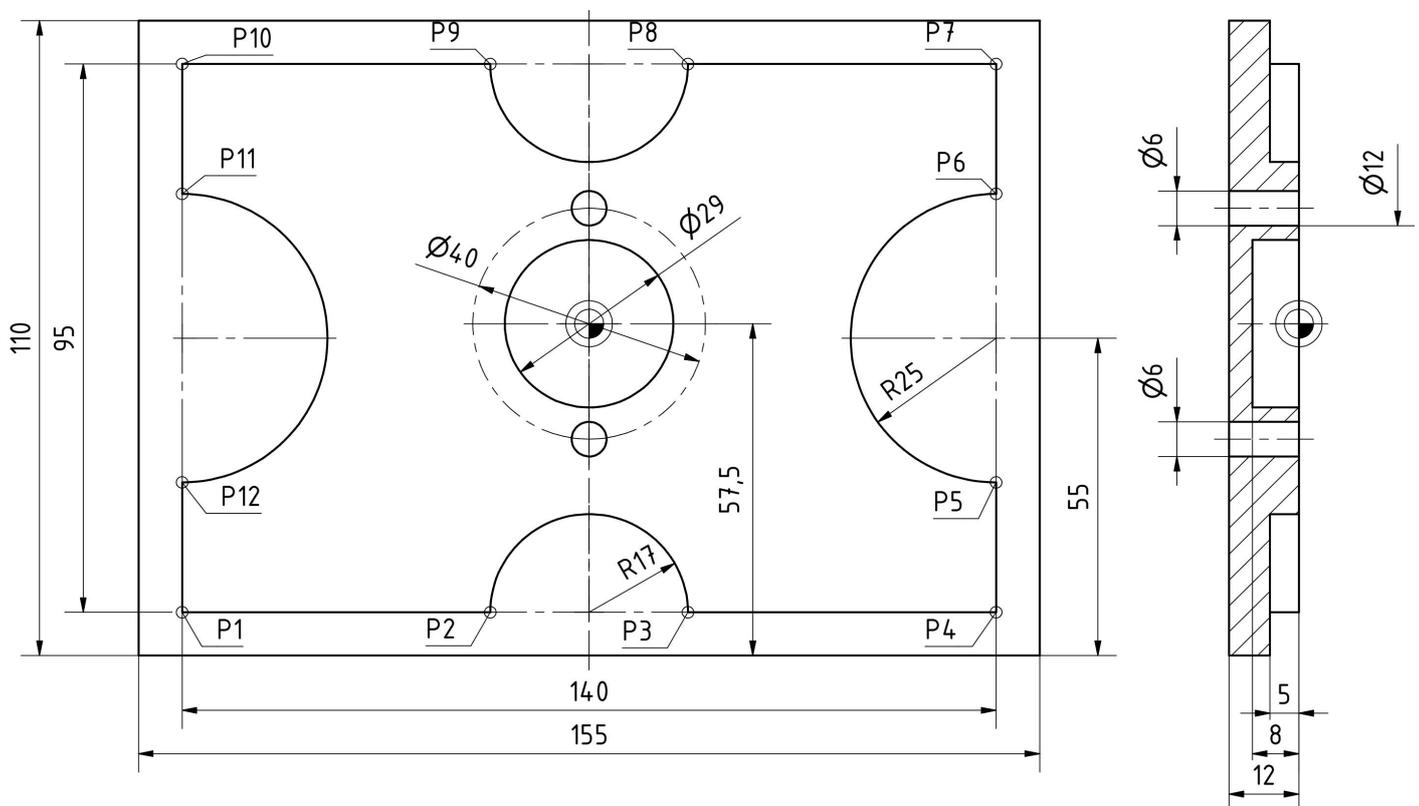
Tilgung und Zinsen jeweils zum Jahresende

Zusätzlich verlangt die Bank für das Darlehen eine selbstschuldnerische Bürgschaft von einem Bürgen, der nicht Firmenteilhaber ist.

- | | | |
|-----|--|-----|
| 8.1 | Nennen Sie zwei weitere Darlehensarten. | 1,0 |
| 8.2 | Beschreiben sie neben der Kreditfinanzierung zwei weitere Finanzierungsmöglichkeiten. | 2,0 |
| 8.3 | Führen Sie die Finanzierung für das Abzahlungsdarlehen durch und ermitteln Sie die Kosten des Darlehens. | 3,0 |
| 9 | Erläutern Sie die Pflichten, die sich aus einer Bürgschaft heraus ergeben. | 1,0 |
| 10 | Analysieren Sie, warum die Bank einen zusätzlichen Bürgen verlangt und auf eine selbstschuldnerische Bürgschaft besteht. | 3,0 |

Anlage 1

Konturplatte aus Al (unmaßstäblich)





Anlagen

zu Aufgabe 3.3: Arbeitsplan

Arbeitsschritt	Werkzeug	v_c in m/min	f bzw. f_z in mm	a_p in mm	n in min-1	v_f in mm/min
Fräsen Außenkontur	T_____	60		5		
Fräsen Kreistasche	T2	50	0,1	2 x 5		
Zentrieren und Ansenken	T3	45	0,2			
Bohren	T4					

zu Aufgabe 3.4: Koordinatenplan

Punkt	X	Y	Z	I	J
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					
P6					
P7					



Lösungsvorschläge

CNC (20 P): Werkstücknullpunkt begründen; Werkzeugauswahl; Schnitt- und Einstelldaten; Koordinaten; Kreistasche per Zyklus; Bohrungen mit Teilkreiszyklus;

- 1 Der Werkstücknullpunkt liegt in der Mitte der zentralen Kreistasche an der Oberfläche der Konturplatte. Dort können einige Symmetrien in der Werkstückbemaßung ausgenutzt werden. 2,0
- 2 Werkzeug T1 mit dem $\varnothing 30$ ermöglicht es, die Außenkontur und speziell die Radien R25 in einen Durchgang zu fräsen, außerdem ist seine Vorschubgeschwindigkeit v_f etwas größer als bei T2 (siehe Aufgabe 3). Für die Kreistasche ist T1 zu groß, deshalb muss man hier T2 verwenden. 4,0



Man kann also das Werkstück nur mit T2 fräsen oder mit Werkzeugwechsel zw. T1 (Außenkontur) und T2 (Kreistasche). Bei der zweiten Variante ist die Hauptnutzungszeit (Werkzeug im Eingriff) geringer, dafür ist ein Werkzeugwechsel nötig. Welche Variante wirtschaftlich günstiger ist, hängt auch von der Werkzeugwechselzeit, der Stückzahl usw. ab, und kann hier nur geschätzt werden.

Für eine Prüfung ist zu berücksichtigen, das mit der 1. Variante der Arbeitsplan und mit der 2. Variante das CNC-Programm kürzer werden ;-)

3 Arbeitsplan 4,0

Arbeitsschritt	Werkzeug	v_c in m/min	f bzw. f_z in mm	a_p in mm	n in min^{-1}	v_f in mm/min	d in mm	z
Fräsen Außenkontur oder mit T2 (s.u.)	T1	60	0,1	5	637	382	30	6
Fräsen Kreistasche	T2	50	0,1	2 x 5	884	265	18	3
Zentrieren und Ansenken	T3	45	0,2	-	1194	478	12	-
Bohren	T4	45	0,2	-	2387	478	6	-

Werkzeug T1: $f_z = 0,1$ mm (-> [EuroTabM] „Fräsen, Schnittdaten“ für HSS, Al und größter d

$$v_c = \pi \cdot n \cdot d \rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{60 \text{ m/min}}{\pi \cdot 30 \text{ mm}} = 637 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \text{ mm} \cdot 6 \cdot 637 \frac{1}{\text{min}} = 382 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Werkzeug T2

$$v_c = \pi \cdot n \cdot d \rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{50 \text{ m/min}}{\pi \cdot 18 \text{ mm}} = 884 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \text{ mm} \cdot 3 \cdot 884 \frac{1}{\text{min}} = 265 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

4 Koordinatenplan (Maße in mm) 3,0

Punkt	X	Y	Z	I	J	Bemerkung
P1	-70	-50	-5			$Y_1 = (-57,5 + \frac{110-95}{2}) \text{ mm}$
P2	-17	-50	-5			
P3	17	-50	-5	17	0	
P4	70	-50	-5			
P5	70	-27,5	-5			$Y_5 = (-57,5 + 55 - 25) \text{ mm}$
P6	70	22,5	-5	0	25	$Y_6 = (-57,5 + 55 + 25) \text{ mm}$
P7	70	45	-5			$Y_7 = (-57,5 + 110 - \frac{110-95}{2}) \text{ mm}$



5 CNC-Programmteil (PAL 2007)

3,0

N	G	X	Y	Z	...	...	...	...	...
N01	G00	X100	Y-75	Z100	F382	S637	T1	M03	...
N02	G00	X-90	Y-70						
N03	G00			Z-5					
N04	G42								
N05	G01	X-70	Y-50						
N06	G01	X-17							
N07	G02	X17	Y-50		I17	J0			
N08	G01	X70							
N09	G01		Y-27,5						
N10	G02		Y22,5		I0	J25			
N11	G01		Y45						
N12	G01	X17							
N13	G02	X-17			I-17	J0			
N14	G01	X-70							
N15	G01		Y22,5						
N16	G02		Y-27,5		I0	J-25			
N17	G01		Y-51						
N18	G00			Z5					
N19	G40								
N20	G00	X100	Y-75	Z100	F265	S884	T2	M03	Kreistasche Ø29
N21	G00	X0	Y0	Z1					
N22	G87			Z-8	D5	R14,5	V1		
N23	G00	X100	Y-75	Z100	F478	S1194	T4	M03	nicht Teil der Aufgabe
N24	G00	X0	Y0	Z1					nicht Teil der Aufgabe
N25	G81			ZA-3	V1				nicht Teil der Aufgabe
N26	G77	I0	J0		R20	AN90	AP270	O2	nicht Teil der Aufgabe
N27	G00	X100	Y-75	Z100	F478	S2387	T4	M03	nicht Teil der Aufgabe

6 Programmabschnitt für das Bohren (PAL 2007)

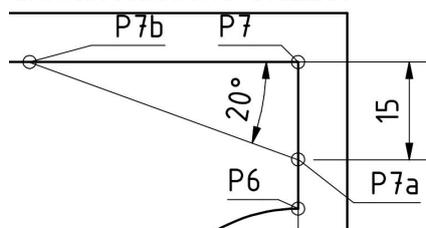
3,0

N28	G00	X0	Y0	Z1					
N29	G81			ZA-15	V1				
N30	G77	I0	J0		R20	AN90	AP270	O2	
N31	G00	X100	Y-75	Z100					
N32					M30				

7 Abschrägung

3,0

unmaßstäbliche Skizze:



$$X_{7a} = X_7 = +70 \text{ mm}$$

$$Y_{7a} = Y_7 - 15 \text{ mm} = (45 - 15) \text{ mm} = +30 \text{ mm}$$

$$X_{7b} = X_7 - \frac{15 \text{ mm}}{\tan 20^\circ} = 70 \text{ mm} - 41,212 \text{ mm} = +28,788 \text{ mm}$$

$$Y_{7b} = Y_7 = +45 \text{ mm}$$

8 und folgende fehlen



4 Die folgende Zuordnungsliste ist gegeben.

Bauteil	Anschluss	Funktion / Bemerkung
-SF0	E0.0	Öffner, Abbruch Schalter
-SF1	E0.1	Schließer, Ein/Aus-Wahlschalter
-SF2	E0.2	Schließer, Starttaster
-BG1	E0.3	Schließer, Rollentaster, Zylinder -MM1 hintere Endlage
-BG2	E0.4	Schließer, Rollentaster, Zylinder -MM1 vordere Endlage
-BG3	E0.5	Schließer, Rollentaster, Zylinder -MM2 hintere Endlage
-BG4	E0.6	Schließer, Rollentaster, Zylinder -MM2 vordere Endlage
-BG5	E0.7	Schließer, Rollentaster, Werkstück vorhanden
-MB1	A0.1	1-Signal, Spannzylinder -MM1 fährt aus
-MB2	A0.2	1-Signal, Spannzylinder -MM1 fährt ein
-MB3	A0.3	1-Signal, Biegezylinder -MM2 fährt aus
-MB4	A0.4	1-Signal, Biegezylinder -MM2 fährt ein

Entwickeln Sie den Funktionsplan für diese Steuerung und tragen Sie die entsprechenden Bezeichnungen in die freien Felder auf dem Arbeitsblatt 1 ein.

5 Entwickeln Sie auf dem Arbeitsblatt 2 das SPS Programm in der Funktionsbausteinsprache (FBS) für die vorgegebenen Programmteile (Netzwerke).

5,0

Der Absatz der PowerKart OHG erfolgt über Direktvertrieb. Viele Kunden haben nach Kauf des Rennkarts Probleme mit der Lenkung. Der Querlenker bricht nach wenigen Betriebsstunden.

6 Karl Zapf hat einen Rennkart erworben und es tritt der oben beschriebene Schaden ein. Da der Kauf vor acht Tagen erfolgt ist, rät ihm ein guter Freund, den Kart sofort zurück zu geben und das Geld zurück zu verlangen, da ja noch keine zwei Wochen vergangen sind.

2,0

Bestimmen Sie Herrn Zapfs Rechte mithilfe des BGB.

7 Bewerten Sie die Empfehlung des guten Freundes.

1,0

8 Aufgrund der massiven Probleme mit den Querlenkern (ca. 125.000 € Nacharbeitungskosten) erwägen die Gesellschafter, diese Querlenker besser im eigenen Betrieb fertigen zu lassen. Um dies zu ermöglichen wäre eine Investition von 500.000 € nötig. Vor einer Entscheidung soll geprüft werden, ob diese Investition überhaupt wirtschaftlich sinnvoll ist.

4,0

Der angesetzte Kapitalzinssatz beträgt 10 %. Der betrachtete Zeitraum beträgt 5 Jahre.

Berechnen Sie den Kapitalwert dieser Investition und vervollständigen Sie die Tabelle auf dem Arbeitsblatt 3.

9 Analysieren Sie das Berechnungsergebnis und geben Sie eine Empfehlung über die mögliche Durchführung der geplanten Investition ab.

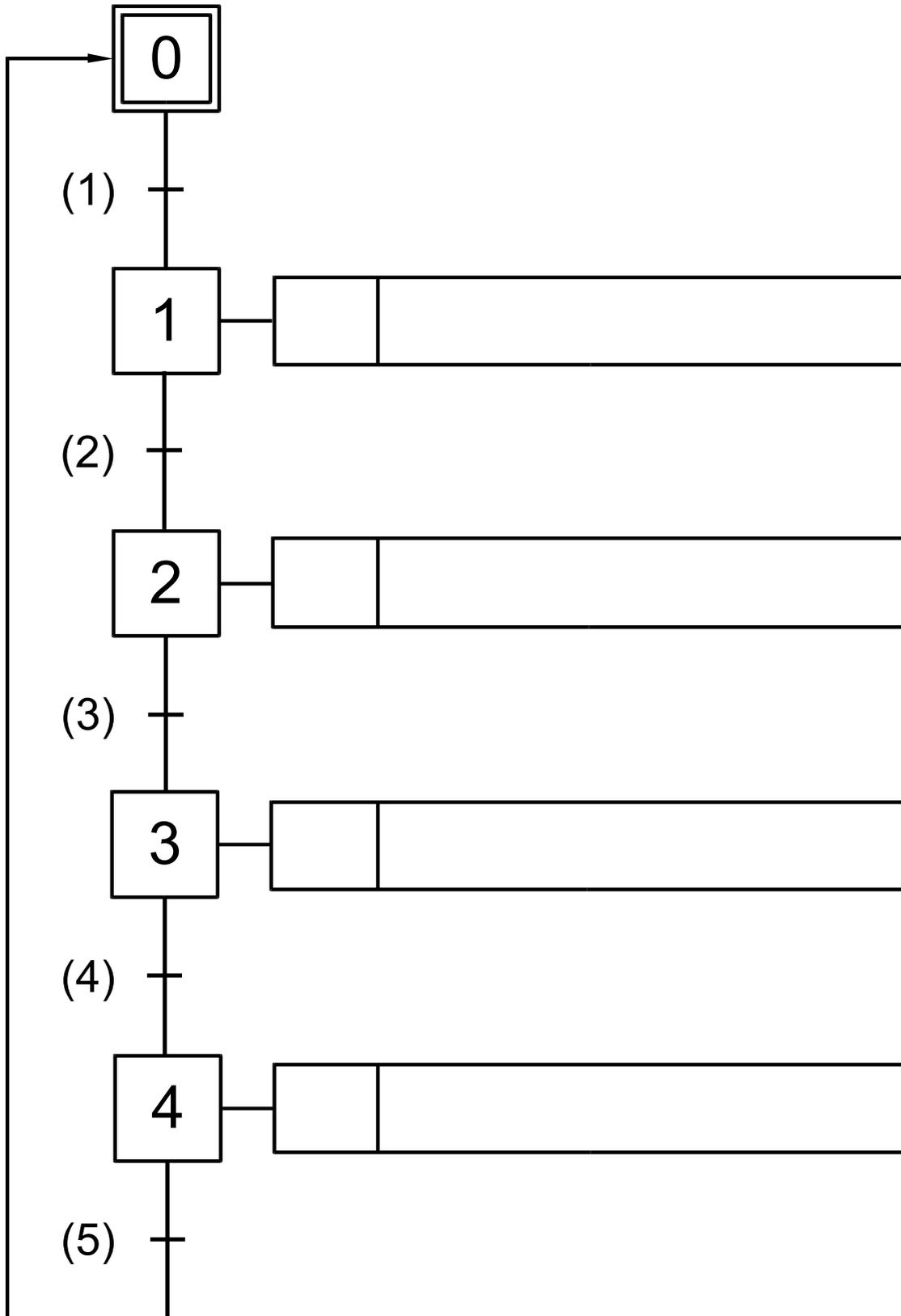
3,0

30,0



Arbeitsblatt 1

zu Aufgabe 4 – Funktionsplan

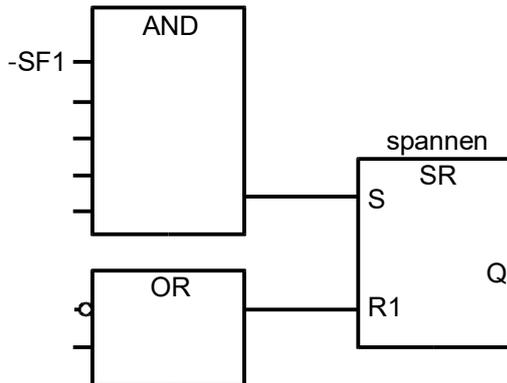




Arbeitsblatt 2

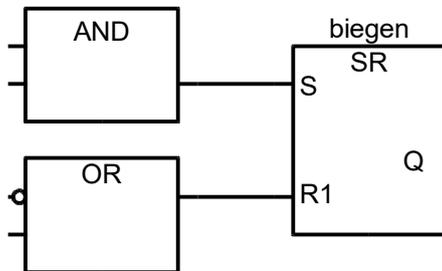
zu Aufgabe 5 – SPS Programm

Schritt 1: Spannzylinder -MM1 ausfahren



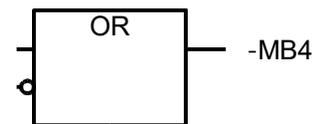
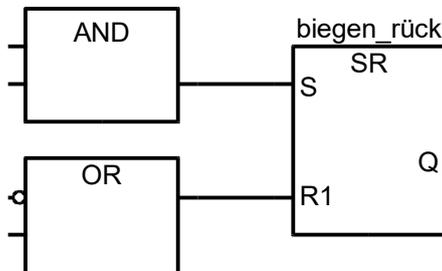
_____ -MB1

Schritt 2: Biegezyylinder -MM2 ausfahren

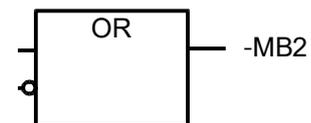
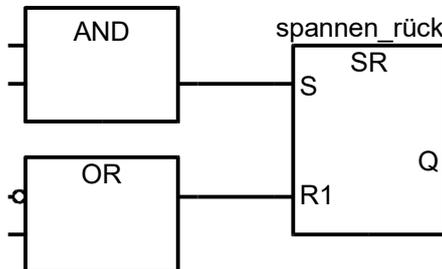


_____ -MB3

Schritt 3: Biegezyylinder -MM2 einfahren



Schritt 4: Spannzylinder -MM1 einfahren





Arbeitsblatt 3

zu Aufgabe 8

$$\text{Abzinsungsfaktor} = \frac{1}{(1+i)^n} \quad i = \text{Zinssatz, } n = \text{Jahre}$$

Jahr	Abzinsungsfaktor (4 Nachkommastellen)	Rückflüsse	Barwerte
0			
1		125000	
2		125000	
3		125000	
4		125000	
5		125000	
Summe			
Anschaffungskosten			
Kapitalwert			



Lösungen

SPS (20 P): Zylinder berechnen; Arbeitsdruck berechnen; Luftverbrauch, Druckluftkosten; Funktionsplan (Grafcet); vorgegebene FBS ausfüllen (Ablaufsteuerung)

$$1 \quad \eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F}{p \cdot \eta} = \frac{2400 \text{ N}}{6 \text{ bar} \cdot 90\%} = \frac{2400 \text{ N}}{6 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 0,90} = 44,4 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 44,4 \text{ cm}^2}{\pi}} = 75,2 \text{ mm}$$

Gewählt: Normzylinder mit KolbenØ $d_1 = 80 \text{ mm}$ und KolbenstangenØ $d_2 = 25 \text{ mm}$
 (→ [EuroTabM] „Pneumatikzylinder, Abmessungen“)

$$2 \quad A = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 = \frac{\pi \cdot (80 \text{ mm})^2}{4} = 5027 \text{ mm}^2$$

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow p_{\text{Betr}} = \frac{F}{A \cdot \eta} = \frac{1700 \text{ N}}{5027 \text{ mm}^2 \cdot 0,90} = 0,376 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 3,8 \text{ bar}$$

$$3 \quad A_1 = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 = \frac{\pi \cdot (80 \text{ mm})^2}{4} = 5027 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 = \frac{\pi \cdot (125 \text{ mm})^2}{4} = 12272 \text{ mm}^2$$

$$n = 400 \frac{\text{Teile}}{\text{Tag}} \cdot 20 \frac{\text{Tage}}{\text{Monat}} = 8000 \frac{\text{Teile}}{\text{Monat}}$$

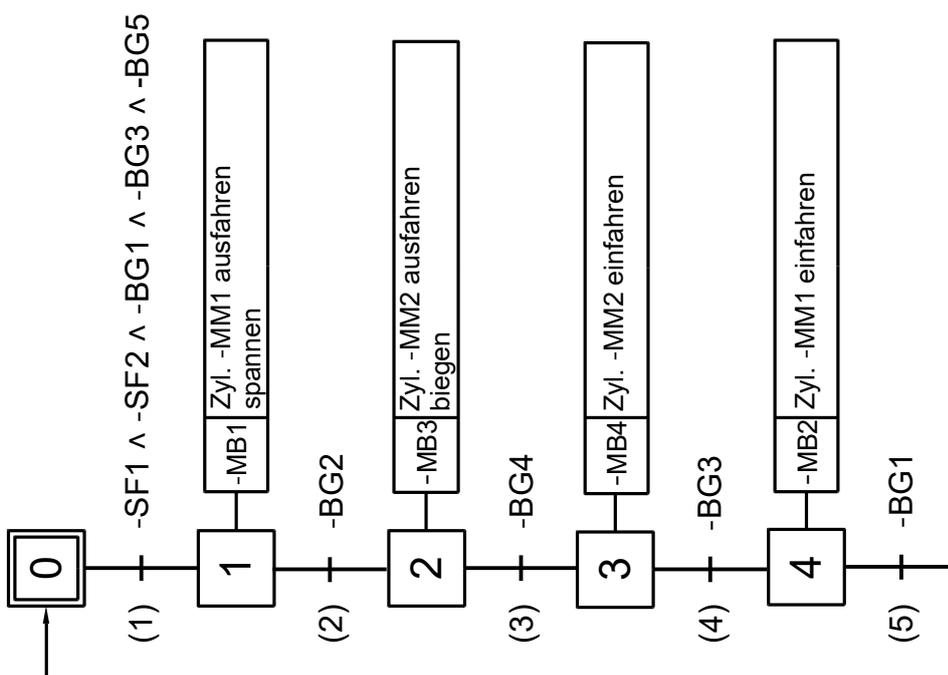
$$Q_1 \approx 2 \cdot A_1 \cdot s_1 \cdot n \cdot \frac{p_{\text{Arb}} + p_{\text{amb}}}{p_{\text{pe}}} = 2 \cdot 5027 \text{ mm}^2 \cdot 80 \text{ mm} \cdot 8000 \frac{\text{Teile}}{\text{Monat}} \cdot \frac{5 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} = 38,6 \frac{\text{m}^3}{\text{Monat}}$$

$$Q_2 \approx 2 \cdot A_2 \cdot s_2 \cdot n \cdot \frac{p_{\text{Arb}} + p_{\text{amb}}}{p_{\text{pe}}} = 2 \cdot 12272 \text{ mm}^2 \cdot 160 \text{ mm} \cdot 8000 \frac{\text{Teile}}{\text{Monat}} \cdot \frac{5 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} = 188,5 \frac{\text{m}^3}{\text{Monat}}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 38,6 \frac{\text{m}^3}{\text{Monat}} + 188,5 \frac{\text{m}^3}{\text{Monat}} = 227,1 \frac{\text{m}^3}{\text{Monat}}$$

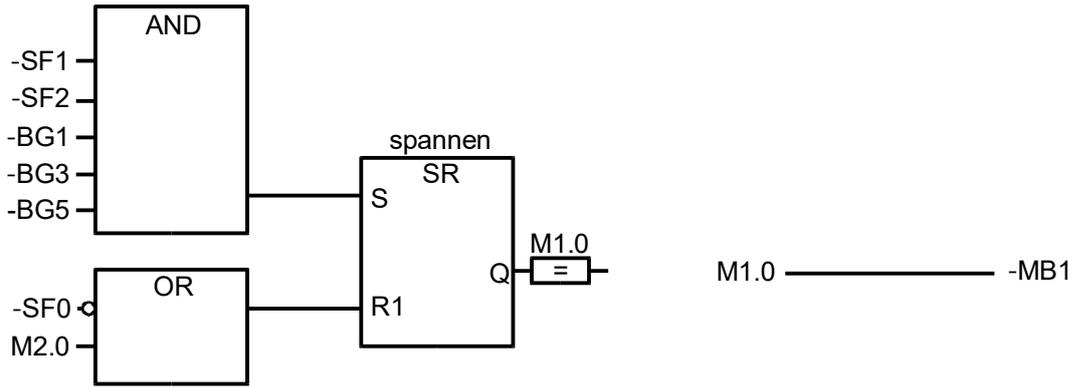
$$\text{Kosten} = Q \cdot k = 227,1 \frac{\text{m}^3}{\text{Monat}} \cdot 1 \text{ Monat} \cdot 26 \frac{\text{Cent}}{\text{m}^3} = 59,05 \frac{\text{€}}{\text{Monat}}$$

4

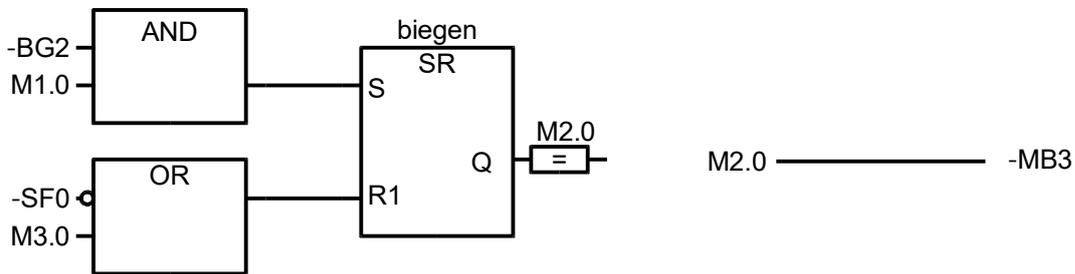




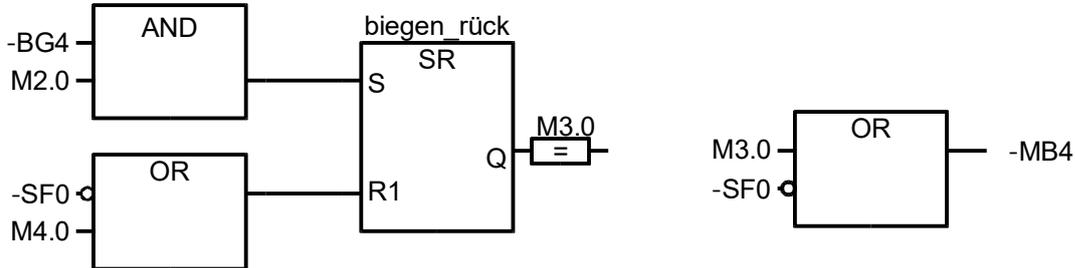
5 Schritt 1: Spannzylinder -MM1 ausfahren



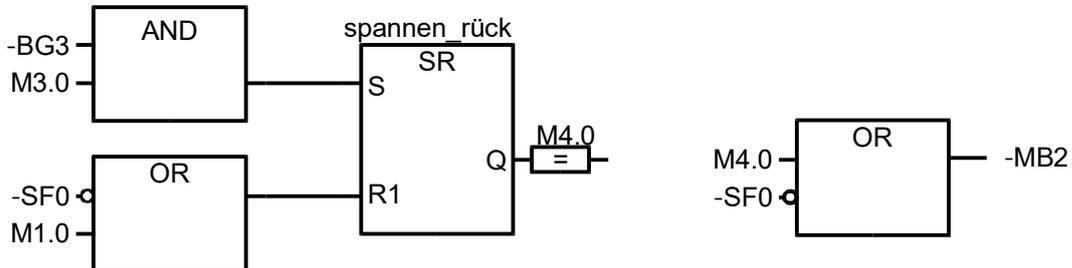
Schritt 2: Biegezyylinder -MM2 ausfahren



Schritt 3: Biegezyylinder -MM2 einfahren



Schritt 4: Spannzylinder -MM1 einfahren



6 und folgende fehlen hier



tgtm HP 2009/10-1: Lastenlift L-TM-300

Alle Aufgaben beziehen sich auf das nachfolgend skizzierte Unternehmen.

Die Firma Kronos AG beschäftigt derzeit 71 Mitarbeiter in Freudenstadt und hat sich in den letzten 25 Jahren auf die Herstellung von Hebezeugen spezialisiert. Kronos bietet individuelle Lösungen zum Transportieren und Heben kleinerer und mittlerer Lasten an.

Das Absatzgebiet beschränkt sich bisher auf den deutschsprachigen Raum, jedoch plant die Kronos AG zur Ausweitung des Absatzes nach Osteuropa die Neugründung einer Produktionsstätte in günstiger Lage.

Der Lastenlift L-TM - 300 dient zum Heben von Lasten bis 300 kg.

Bei Betrieb durch die Handkurbel bewegen sich Schiene 1, Schiene 2 und der Mast teleskopartig auseinander.

Ein Seilzug, der von der Kurbelrolle über mehrere Rollen in Mast und Schienen verläuft, bewirkt durch Verkürzung (aufrollen) bzw. Verlängerung (abrollen) die entsprechende Auf- und Abbewegung der Schienen und damit des Lasthakens.

1 Lastenlift (vereinfacht)

Daten:

maximal zulässige Last:

$$F_L = 3 \text{ kN}$$

Masse Kran:

$$m = 100 \text{ kg in S}$$

Abmessungen:

$$l_1 = 800 \text{ mm}$$

$$l_2 = 1600 \text{ mm}$$

$$l_3 = 1300 \text{ mm}$$

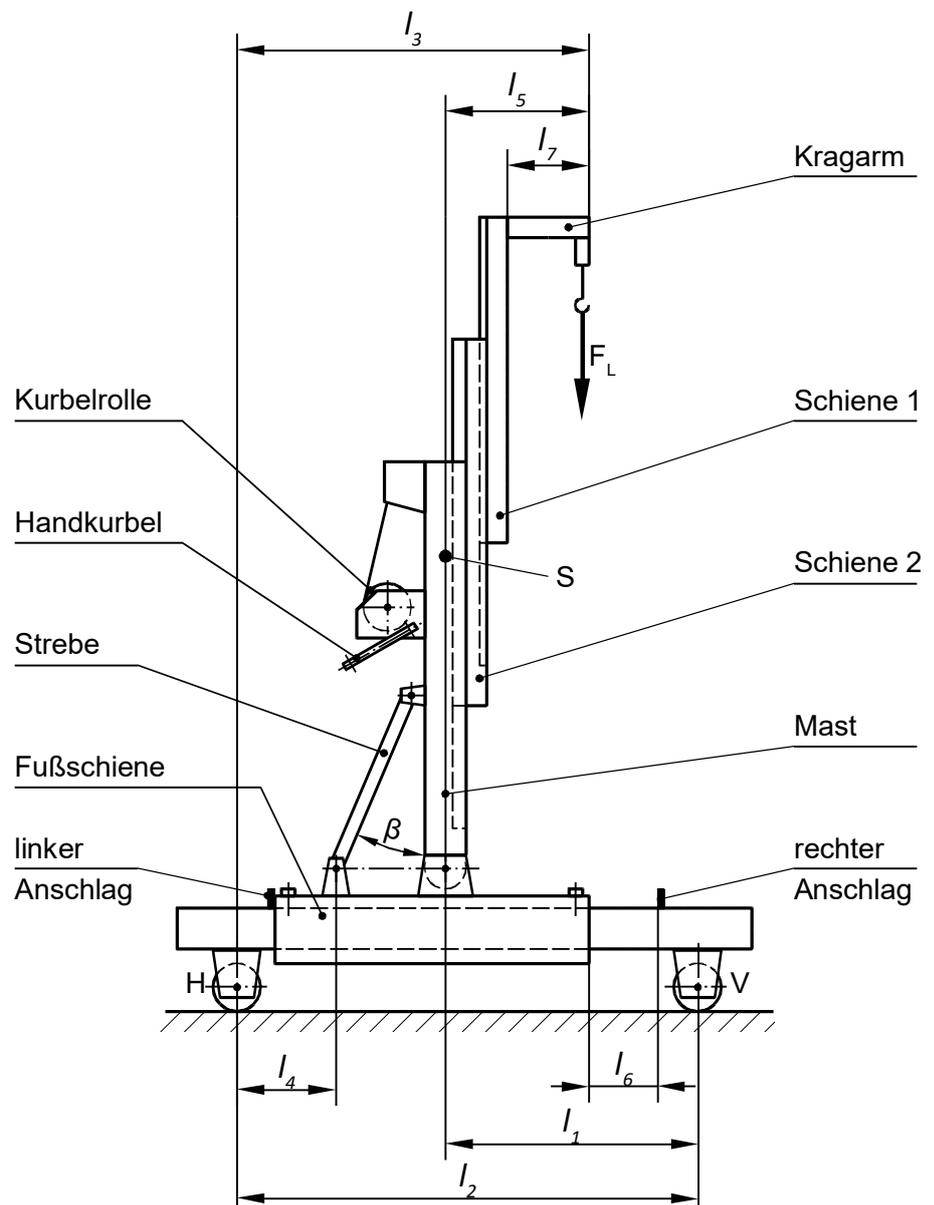
$$l_4 = 400 \text{ mm}$$

$$l_5 = 500 \text{ mm}$$

$$l_6 = 250 \text{ mm}$$

$$l_7 = 250 \text{ mm}$$

$$\beta = 30^\circ$$





- 1.1 Berechnen Sie die Radkräfte F_V und F_H für die oben gezeichnete Stellung mit der maximal zulässigen Last. 4,0
- 1.2 Entwickeln Sie einen Lösungsansatz für die Ermittlung der Kraft F in der Strebe und der Lagerkraft F_A im Mastlager und berechnen Sie diese Kräfte. 5,0
- 1.3 Beschreiben Sie die Auswirkung auf die Kraft in der Strebe, wenn der Kran weiter nach oben ausfährt. 1,0
- 1.4 Bestimmen Sie die Stelle und Größe des maximalen Biegemoments im Kragarm. 1,0
- 1.5 Der Kragarm soll aus einem quadratischen Hohlprofil aus Al 99,5 hergestellt werden. 4,0

Für die Konstruktion sind folgende Vorgaben einzuhalten:

$$\sigma_{b,zul} = 24 \frac{N}{mm^2}$$

Dimensionieren Sie unter diesen Voraussetzungen die Seitenlänge H .

$$\frac{h}{H} = 0,8$$

$$W_x = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H}$$

- 1.6 Der Lastenlift wird umgerüstet, indem die Fußschiene mit dem Kranaufbau gegen den rechten Anschlag geschoben und ein längerer Kragarm eingewechselt wird, so dass der Abstand von der Mastachse bis zum Haken dann $l_5^* = 1400 \text{ mm}$ beträgt. Weisen Sie nach, ob nun Kippgefahr besteht. 5,0

2 Kurbeltrieb und Seilzugführung

Die Abbildung zeigt schematisch Kurbeltrieb und Seilzugführung. Lager B ist am Mast befestigt, die Lager C und D an der Schiene 2. Die Schiene 1 mit dem Lasthaken wird in Schiene 2 so geführt, dass eine senkrechte Verfahrbewegung möglich ist.

Daten:

maximal zulässige Last:

$$F_L = 3 \text{ kN}$$

Getriebewirkungsgrad:

$$\eta_G = 85 \%$$

Kurbelradius:

$$r_K = 210 \text{ mm}$$

Seiltrommeldurchmesser

$$d_{Tr} = 50 \text{ mm}$$

Verluste je Rolle:

$$5 \%$$

Verluste Schienenführung:

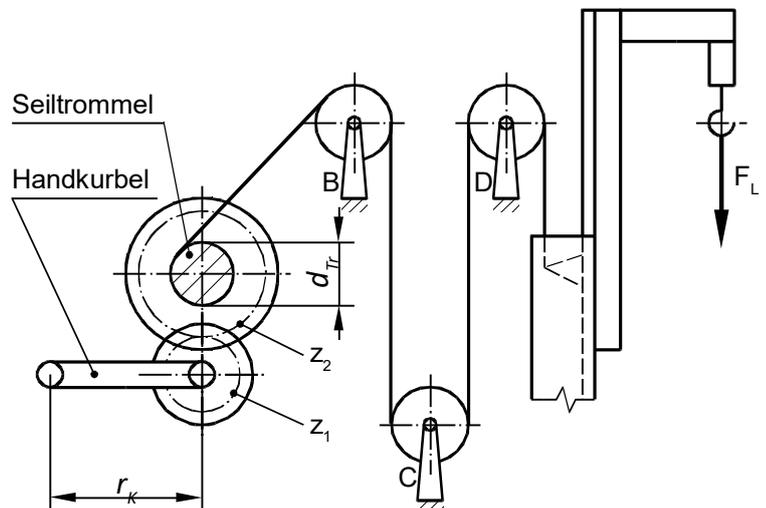
$$20 \%$$

Zahnrad Kurbelwelle:

$$z_1 = 18$$

Zahnrad Trommelwelle:

$$z_2 = 63$$



- 2.1 Zeichnen Sie den Energiefluss für das System Kurbeltrieb und Seilzugführung und bestimmen Sie den Gesamtwirkungsgrad. 3,0



- 2.2 Für den Seilzug stehen zwei Seilquerschnitte zur Auswahl: Er besteht entweder aus 6 Litzen mit jeweils 19 Einzeldrähten oder aus 6 Litzen mit 37 Einzeldrähten. 3,0

In der Seilmitte befindet sich eine Fasereinlage, die hier für die Berechnung zur Belastbarkeit nicht berücksichtigt wird.

Die Grenzspannung für den Seilwerkstoff beträgt $\sigma_{lim} = 1770 \text{ N/mm}^2$ und es ist eine Sicherheit von $v = 4$ zu berücksichtigen.

Berechnen Sie für eine Seilkraft von $F_S = 3000 \text{ N}$ einen geeigneten Seilquerschnitt und weisen Sie nach, welcher Seilquerschnitt der kostengünstigste ist.

Seilquerschnitt	Einzeldraht $\varnothing d_e$ in mm	Preis in € / m	
		Hersteller A	Hersteller B
	0,20	0,88	1,02
	0,31	1,31	1,25
	0,20	1,57	1,49
	0,24	1,92	1,88

- 3 Der Kragarm mit der Maximallast von 3 kN wird mit einer Geschwindigkeit von $V_{Hub} = 2,4 \text{ m/min}$ nach oben gekurbelt. Der Gesamtwirkungsgrad beträgt $\eta_G = 58\%$.
- 3.1 Berechnen Sie die Leistung an der Handkurbel. 2,0
- 3.2 Entwickeln Sie einen Lösungsansatz zur Ermittlung des Drehmoments an der Seiltrommel und berechnen Sie das Drehmoment. 3,0
- 3.3 Weisen Sie die notwendige Kraft an der Handkurbel nach. 2,0
- 3.4 Bestimmen Sie den Hubweg des Kranhakens bei 10 Kurbelumdrehungen. 2,0
- 4 Fertigung des Lastenlifts
- Beim Schweißen der Aluminiumteile des Lastenlifts wird zum Abschirmen der Schweißstelle vor schädlichem Luftzutritt das Schutzgas Argon verwendet.
- Bei einem Füllvorgang werden 16kg Argon von $p_1 = 2 \text{ bar}$ auf $p_2 = 200 \text{ bar}$ bei 20°C isotherm verdichtet.
- 4.1 Berechnen Sie das Gasvolumen V_1 vor dem Füllvorgang sowie das Gasvolumen V_2 nach dem Füllvorgang ($R_i = 208 \text{ J/kgK}$). 2,0
- 4.2 Zeichnen Sie den Prozessverlauf in ein p-V-Diagramm ein und stellen Sie im Diagramm die Verdichtungsarbeit und den Wärmeumsatz dar. 2,0
- 4.3 Berechnen Sie die zum Befüllen der Gasflasche notwendige Verdichtungsarbeit und die dabei umgesetzte Wärmemenge. 2,0

40,0



Lösungsvorschläge

1

1.1 LS Lastenlift (siehe rechts)

$$F_G = m \cdot g = 100 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_V = 0 = -F_H \cdot l_2 + F_G \cdot l_1 + F_L \cdot (l_1 - l_5) \Rightarrow$$

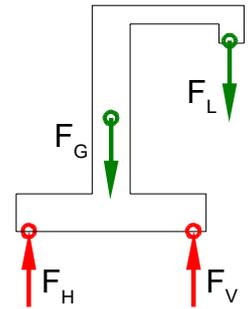
$$F_H = \frac{F_G \cdot l_1 + F_L \cdot (l_1 - l_5)}{l_2} = \frac{1 \text{ kN} \cdot 800 \text{ mm} + 3 \text{ kN} \cdot (800 - 500) \text{ mm}}{1600 \text{ mm}} = 1,06 \text{ kN}$$

$$F_{HRad} = \frac{F_H}{2} = \frac{1,06 \text{ kN}}{2} = 0,53 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_H - F_G - F_L + F_V \Rightarrow$$

$$F_V = -F_H + F_G + F_L = -1,06 \text{ kN} + 1 \text{ kN} + 3 \text{ kN} = 2,94 \text{ kN}$$

$$F_{VRad} = \frac{F_V}{2} = \frac{2,94 \text{ kN}}{2} = 1,47 \text{ kN}$$



1.2 LS Mast + Strebe (siehe rechts)

$$\Sigma M_A = 0 = F_{By} \cdot (l_2 - l_1 - l_4) - F_L \cdot l_5 \Rightarrow$$

$$F_{By} = F_L \cdot \frac{l_5}{l_2 - l_1 - l_4} = 3 \text{ kN} \cdot \frac{500 \text{ mm}}{(1600 - 800 - 400) \text{ mm}} = 3,75 \text{ kN}$$

$$F_B = \frac{F_{By}}{\cos \beta} = \frac{3,75 \text{ kN}}{\cos 30^\circ} = 4,33 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Ax} - F_{Bx} \Rightarrow F_{Ax} = F_{Bx} = F_B \cdot \sin \beta = 4,33 \cdot \sin 30^\circ = 2,17 \text{ kN}$$

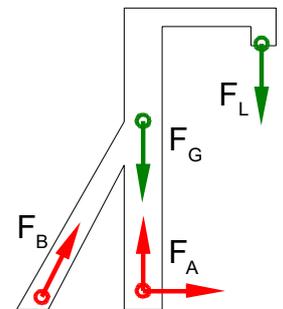
$$\Sigma F_y = 0 = -F_{By} + F_{Ay} - F_G - F_L \Rightarrow$$

$$F_{Ay} = F_{By} + F_G + F_L = 3,75 \text{ kN} + 1 \text{ kN} + 3 \text{ kN} = 7,75 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(2,17 \text{ kN})^2 + (7,75 \text{ kN})^2} = 8,05 \text{ kN}$$

$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{7,75 \text{ kN}}{2,17 \text{ kN}} = 74,4^\circ$$

$\alpha_A = 74,4^\circ$ nach links oben gegen die positive x-Achse



1.3 Mit dem Heben der Last ändern sich weder Hebelarme noch Lasten, also auch nicht die Lagerkräfte.

1.4 Das maximale Biegemoment im Kragarm wirkt an der Stelle, die am weitesten von der Last entfernt ist. Der Hebelarm entspricht also der Länge des Kragarmes.

$$M_{bmax} = |-F_L \cdot l_7| = 3 \text{ kN} \cdot 250 \text{ mm} = 750 \text{ Nm}$$

1.5 Für ein quadratisches Hohlprofil gilt: $B = H$ und $b = h$, dazu $h = 0,8 \cdot H$

$$\frac{\sigma_{bF}}{V} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \Rightarrow W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{750 \text{ Nm}}{24 \text{ N/mm}^2} = 31,25 \text{ cm}^3$$

$$W = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{H^4 - h^4}{6 \cdot H} = \frac{H^4 - (0,8 \cdot H)^4}{6 \cdot H} = 0,0984 \cdot H^3 \Rightarrow$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{W}{0,0984}} = \sqrt[3]{\frac{31,25 \text{ cm}^3}{0,0984}} = 68,2 \text{ mm}$$

Gewählt: $H = 70 \text{ mm}$



1.6 Kippgefahr

Lageskizze des Lastenliftes wie in Aufg. 1.1 mit anderen Maßen.

Berechnung über die Achskraft F_H :

$$\begin{aligned} \Sigma M_V = 0 &= -F_H \cdot l_2 + F_G \cdot (l_1 - l_6) + F_L \cdot (l_1 - l_6 - l_5^*) \Rightarrow \\ F_H &= \frac{F_G \cdot (l_1 - l_6) + F_L \cdot (l_1 - l_6 - l_5^*)}{l_2} = \frac{1 \text{ kN} \cdot (800 - 250) \text{ mm} + 3 \text{ kN} \cdot (800 - 250 - 1400) \text{ mm}}{1600 \text{ mm}} \\ &= -1,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$F_H < 0$ bedeutet, dass der Kran kippt.

Berechnung über den Kippsicherheitsfaktor:

Der Kippsicherheitsfaktor γ ist der Quotient aus der Summe der haltenden (hier: linksdrehenden) Momente zu den kippenden (hier: rechtsdrehenden) Momenten.

$$\gamma = 0 = \frac{|\Sigma M_{V-Links}|}{|\Sigma M_{V-Rechts}|} = \frac{|F_G \cdot (l_1 - l_6)|}{|F_L \cdot (l_5^* - l_1 + l_6)|} = \frac{1 \text{ kN} \cdot (800 - 250) \text{ mm}}{3 \text{ kN} \cdot (1400 - 800 + 250) \text{ mm}} = 0,22$$

$\gamma < 1$ bedeutet, dass der Kran kippt.

Berechnung über die zulässige Last ($F_H = 0$):

$$\begin{aligned} \Sigma M_V = 0 &= +F_G \cdot (l_1 - l_6) + F_{Lzul} \cdot (l_1 - l_6 - l_5^*) \Rightarrow \\ F_{Lzul} &= F_G \cdot \frac{l_1 - l_6}{l_1 - l_6 - l_5^*} = -1 \text{ kN} \cdot \frac{800 - 250}{800 - 250 - 1400} \cdot \frac{\text{mm}}{\text{mm}} = 0,65 \text{ kN} \end{aligned}$$

$F_{Lzul} < F_L$ bedeutet, dass der Kran kippt.

2 Kurbeltrieb und Seilzugführung

2.1 Energiefluss kann man auf verschiedene Weise darstellen, z.B als Blockschaltbild:



oder Energieflussdiagramm

fehlt

$$\eta_{ges} = \eta_G \cdot \eta_B \cdot \eta_C \cdot \eta_{SF} = 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,80 = 0,583 = 58,3 \%$$

2.2

$$\frac{\sigma_{zlim}}{\sqrt{v}} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{\sigma_{lim}}{\sqrt{v}} = \frac{1770 \text{ N/mm}^2}{4} = 442,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_s}{\sigma_{zzul}} = \frac{3000 \text{ N}}{442,5 \text{ N/mm}^2} = 6,8 \text{ mm}^2$$

Querschnitte der Drahtseile

Seil	Litzen	Einzeldrähte	DrahtØ	Fläche S	günstigster Preis	Hersteller
1	6	19	0,20 mm	3,5 mm ²	0,88	A
2	6	19	0,31 mm	8,6 mm ²	1,25	B
3	6	37	0,20 mm	6,9 mm ²	1,49	B
4	6	37	0,24 mm	10,0 mm ²	1,88	B

Beispielrechnung für das 1. Seil

$$S = 6 \cdot 19 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 6 \cdot 19 \cdot \frac{\pi \cdot (0,20 \text{ mm})^2}{4} = 6 \cdot 19 \cdot 0,0314 \text{ mm}^2 = 3,58 \text{ mm}^2$$

Ausreichende Querschnittsfläche S haben die Drahtseile 2 bis 4, darunter ist Seil 2 von Hersteller B das kostengünstige.



3 Kurbel

$$3.1 \quad P_{ab} = F \cdot v_{Hub} = 3 \text{ kN} \cdot 2,4 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 120 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_M = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{120 \text{ W}}{0,58} = 206,9 \text{ W}$$

Hinweis 97: Für 200 Watt Dauerleistung braucht es trainierte Bediener...

$$3.2 \quad F_{Kurbel} = \frac{F_L}{\eta_B \cdot \eta_C \cdot \eta_D \cdot \eta_{SF}} = \frac{3 \text{ kN}}{0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,80} = 4374 \text{ N}$$

$$M_{Tr} = F_{Kurbel} \cdot \frac{d_{Tr}}{2} = 4374 \text{ kN} \cdot \frac{50 \text{ mm}}{2} = 109,3 \text{ Nm}$$

$$3.3 \quad i_G = \frac{z_2}{z_1} = \frac{63}{18} = 3,5$$

$$M_{Kurbel} = \frac{M_{Tr}}{\eta_G \cdot i_G} = \frac{109,3 \text{ Nm}}{0,85 \cdot 3,5} = 36,8 \text{ Nm}$$

$$M = F \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow F_{Kurbel} = \frac{M_{Kurbel}}{r_K} = \frac{36,8 \text{ Nm}}{210 \text{ mm}} = 175,0 \text{ N}$$

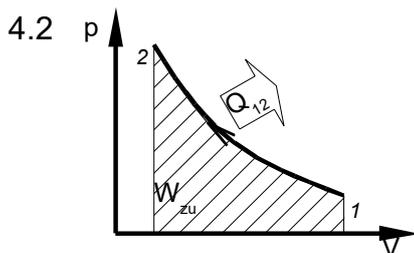
$$3.4 \quad s = \frac{10}{i_G} \cdot \text{Seiltrommelumfang} = \frac{10}{i_G} \cdot \pi \cdot d_{Tr} = \frac{10}{3,5} \cdot \pi \cdot 50 \text{ mm} = 2,857 \cdot 157,1 \text{ mm} = 449 \text{ mm}$$

4 Fertigung

$$4.1 \quad p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T \Rightarrow$$

$$V_1 = \frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{p_1} = \frac{16 \text{ kg} \cdot 208 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273 + 20) \text{ K}}{2 \text{ bar}} = 4,88 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{m \cdot R_i \cdot T_2}{p_2} = \frac{16 \text{ kg} \cdot 208 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273 + 20) \text{ K}}{200 \text{ bar}} = 48,8 \text{ dm}^3$$



$$4.3 \quad W_{12} = -m \cdot R_i \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2} = -16 \text{ kg} \cdot 208 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273 + 20) \text{ K} \cdot \ln \frac{2 \text{ bar}}{200 \text{ bar}} = 4,49 \text{ MJ}$$

$$Q_{12} = -W_{12} = -4,49 \text{ MJ}$$

Statik (15 P): Freimachen ohne Vorgabe; Kräfte berechnen; Verständnisfragen Maßänderungen
 Festigkeit (8 P): M_{bmax} ; Kastenprofil (Biegung); Drahtseil (mit Preisbetrachtung)
 Getriebe (12 P): Energiefluss zeichnen; Handkurbel
 Energie (6 P): Schweißgas; Gasvolumen; p, V -Diagramm; Verdichtungsarbeit



tgtm HP 2009/10-2: Kronos AG

Mecklenburg-Vorpommern bietet Investoren hervorragende Standortbedingungen: Neben seiner zentralen Lage in Europa und der Brückenfunktion nach Skandinavien und Osteuropa sind preisgünstige Immobilien und großzügige Gewerbeflächen ein entscheidendes Plus. In den Ostseehäfen des Landes, die zu den modernsten der Welt zählen, konzentrieren sich Warenströme aus aller Welt. Die neue Ostseeautobahn A20, das größte deutsche Fernstraßenprojekt nach 1945, komplettiert seit 2006 die leistungsfähige Verkehrsinfrastruktur.

- 1 Nennen Sie ausgehend vom Text sechs Standortfaktoren, die für Mecklenburg – Vorpommern als Standort für die Filiale der Kronos-AG sprechen.
- 2 Zeigen Sie anhand eines Beispiels, wie die Wahl eines günstigen Standorts die Kostensituation des Unternehmens nachhaltig verbessern kann.
- 3 Bei der Gründung der Unternehmung standen die Rechtsform der Offenen Handelsgesellschaft (OHG) und der Aktiengesellschaft (AG) zur Wahl. Analysieren Sie die Entscheidung der Unternehmensführung für die Rechtsform der AG anhand vier Kriterien.
- 4 Nach langem Suchen entschließt sich die Kronos-AG, in Schwerin eine Filiale mit 12 Mitarbeitern zu eröffnen. Herr Alofs erhält die Filialprokura, Frau Helber erhält eine Handlungsvollmacht.
 - 4.1 Erklären Sie den Begriff der Handlungsvollmacht.
 - 4.2 Begründen Sie, ob Herr Alofs folgende Geschäfte tätigen darf:
 - Lageristen einstellen
 - Eine Hypothek auf ein Grundstück eintragen
 - Prokura an seinen Freund Patzke erteilen
 - Die Filiale schließen
- 5 Für die Gründung in Schwerin ist eine Investition in Höhe von 2,5 Mio. € aufzuwenden.
Erklären Sie in diesem Zusammenhang die Begriffe Gründungs- und Erweiterungsinvestition.
- 6 Die Kronos-AG plant die Anschaffung einer neuen Drehmaschine für die Produktion in Schwerin. Nach einer Vorauswahl stehen zwei Investitionsalternativen zur Auswahl.

	Alternative 1:	Alternative 2:
Anschaffungskosten [€]	70.000	50.000
Nutzungsdauer [Jahre]	5	5
Restwert in n = 5 [€]	15.000	1.000

Der Kalkulationszinssatz beträgt 8%

$$\text{Abzinsungsfaktor} = \frac{1}{(1+i)^n} \quad i = \text{Zinssatz, } n = \text{Jahre}$$

- 6.1 Berechnen Sie die Kapitalwerte in ganzen Euro beider Investitionsalternativen und vervollständigen Sie die Tabelle auf dem Arbeitsblatt 1.
- 6.2 Beurteilen Sie den Nutzen jeder einzelnen Investition für das Unternehmen und entscheiden Sie sich begründet für eine Alternative.

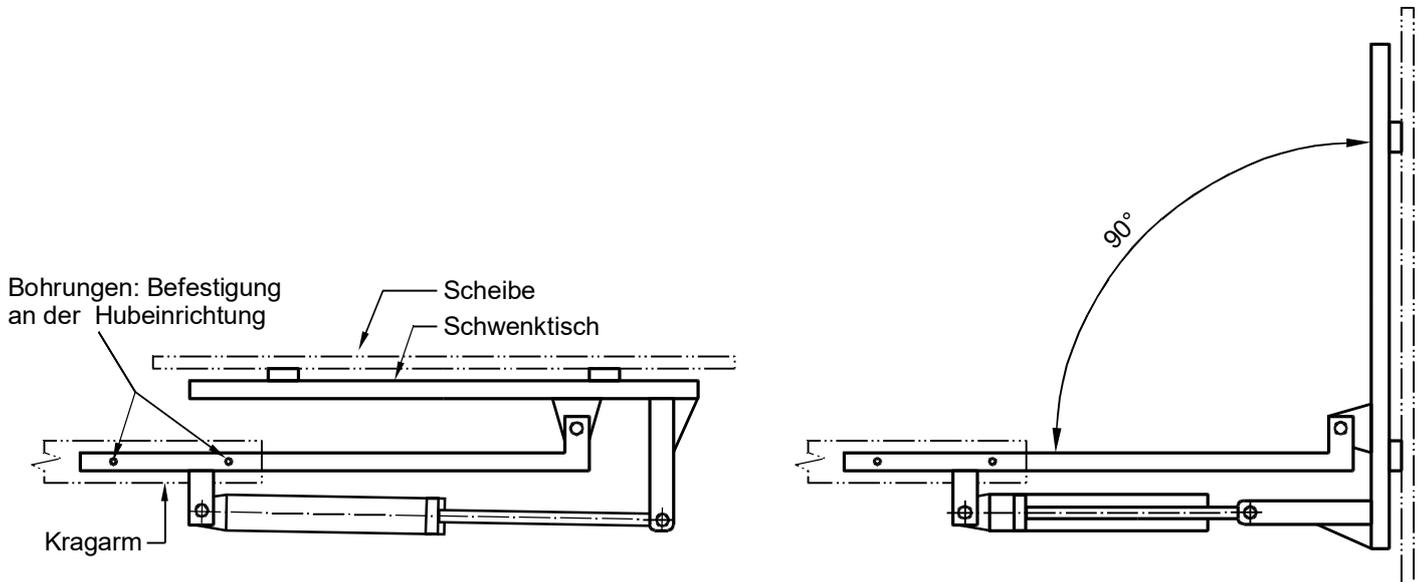


tgtm HP 2009/10-3: Schwenkmodul

(Wahlaufgabe)

Zur Montage von großen Fliesen und Scheiben an Hausfassaden wird ein pneumatisches Schwenkmodul für den Lastenlift angeboten.⁴⁰

Darstellung vereinfacht und unmaßstäblich



Waagerechte Lage des Schwenktisches

Senkrechte Lage des Schwenktisches

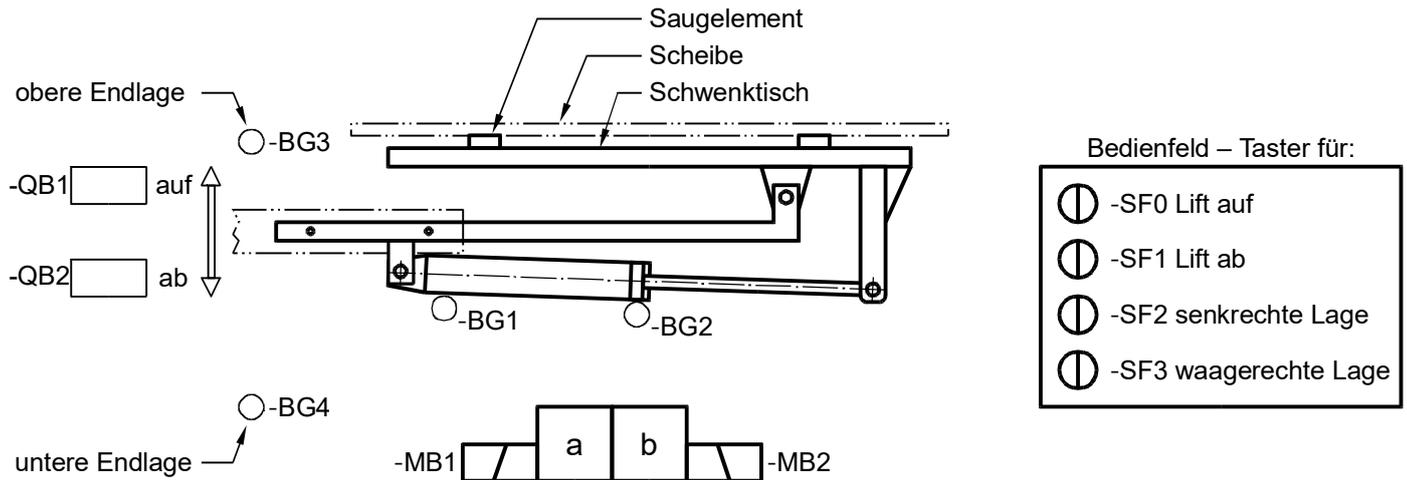
Zugkraft im Zylinder: $F = 2000 \text{ N}$
 Hub: $s = 400 \text{ mm}$
 Arbeitsdruck: $p_0 = 4,5 \text{ bar}$
 Wirkungsgrad: $\eta = 0,9$

- | | | |
|---|---|-----|
| 1 | Dimensionieren Sie den erforderlichen Normzylinder. | 3,0 |
| 2 | In einer Stunde werden 15 Scheiben montiert. Die Verluste in den Leitungen betragen 15 %. Die Kosten für die Druckluftherzeugung belaufen sich auf $0,06 \text{ €/m}^3$.
Ermitteln Sie die Energiekosten für eine Stunde. | 3,0 |
| 3 | Die Pneumatikanlage wird mit einem Druckluftspeicher mit 50 Liter Inhalt und einem Manometerdruck nach der Aufladung von $p_e = 120 \text{ bar}$ betrieben.
Die Druckluft wird isotherm auf den Arbeitsdruck reduziert
Überprüfen Sie, ob eine Druckluftfüllung für einen Arbeitstag von 8 Stunden ausreicht. | 3,0 |
| 4 | Bestimmen Sie für den gewählten Normzylinder den erforderlichen Mindestdruck bei einer Mindestzugkraft von 2000 N. | 2,0 |

⁴⁰ Die Bezeichnungen der Originalaufgabe wurden hier an [EuroTabM47] angepasst.



Technologieschema



Der Lastenlift wird mit einem Schwenkmodul und einem elektrischen Hubantrieb ausgerüstet. Es ist folgende SPS-Steuerung zu projektieren.

Das Hochfahren erfolgt durch die Betätigung des Tasters -SF0. Dazu wird der Hubmotor mit -QB1 geschaltet. Wird der Taster -SF0 losgelassen, bzw. die obere Endlage bei -BG3 erreicht, wird der Motor abgeschaltet.

Das Herunterfahren erfolgt durch die Betätigung des Tasters -SF1. Dazu wird der Hubmotor mit -QB2 geschaltet. Wird der Taster -SF1 losgelassen, bzw. die untere Endlage bei -BG4 erreicht, wird der Motor abgeschaltet.

Das Schwenken des Schwenktisches in die senkrechte Lage wird durch die Betätigung des Tasters -SF2 eingeleitet.

Das Zurückschwenken des Schwenktisches in die waagerechte Lage wird durch die Betätigung des Tasters -SF3 eingeleitet.

Randbedingungen:

Der Lastenlift darf nur hoch- bzw. herunterfahren, wenn sich der Schwenktisch in waagerechter Position (-BG2) oder senkrechter Position (-BG1) befindet.

Der Schwenktisch darf nur schwenken, wenn er sich in der jeweiligen Endlage befindet und der Lastenlift sich vertikal nicht bewegt.

- | | | |
|---|--|-----|
| 5 | Stellen Sie auf dem Arbeitsblatt 1 die Zuordnungsliste dar. | 3,0 |
| 6 | Zeichnen Sie auf dem Arbeitsblatt 1 das Anschlussbild. | 3,0 |
| 7 | Entwickeln Sie die Funktionsgleichungen für:
Hochfahren, Herunterfahren, Schwenken in senkrechte Lage, Schwenken in waagerechte Lage. | 3,0 |

tgtn HP 2009/10-3: Schwenkmodul



Die Firma Kronos-AG produziert im Bereich „Kleinlasten“ drei verschiedene fahrbare Lastenlifte.

Für einen Monat rechnet die Geschäftsleitung mit folgende Daten:

monatliche Fixkosten: 657.000 €.

Punkte	LTM-300	LTM-400	LTM-600
monatlicher Absatz [Stück]	100	90	150
Verkaufspreis [€/Stück]	4.200	4.500	5.500
Variable Stückkosten [€/Stück]	2.000	2.200	2.500
Kapazität [Stück]	100	160	150

- 8 Ermitteln Sie den Deckungsbeitrag und das Betriebsergebnis für einen Monat. 3,0
- 9 Ein Kunde erteilt einen Zusatzauftrag über 50 Stück Lastenlifte LTM-400, wenn diese zu einem Verkaufspreis von 4300 € geliefert werden können. 3,0
Berechnen Sie das durch den Zusatzauftrag entstehende neue Betriebsergebnis. Begründen Sie die Änderung des Betriebsergebnisses.
- 10 Ein wichtiger Kunde möchte den Lastenlift LTM-400 für 2.400 € kaufen.
- 10.1 Beurteilen Sie, ob die Kronos-AG den Auftrag annehmen sollte. 2,0
Stellen Sie dabei einen Zusammenhang zwischen Deckungsbeitrag und kurzfristiger Preisuntergrenze dar.
- 10.2 Beurteilen Sie, in welchen Situationen es für ein Unternehmen sinnvoll sein kann bei der Preisgestaltung bis zur kurzfristigen Preisuntergrenze zu gehen. 2,0
(2 Angaben)

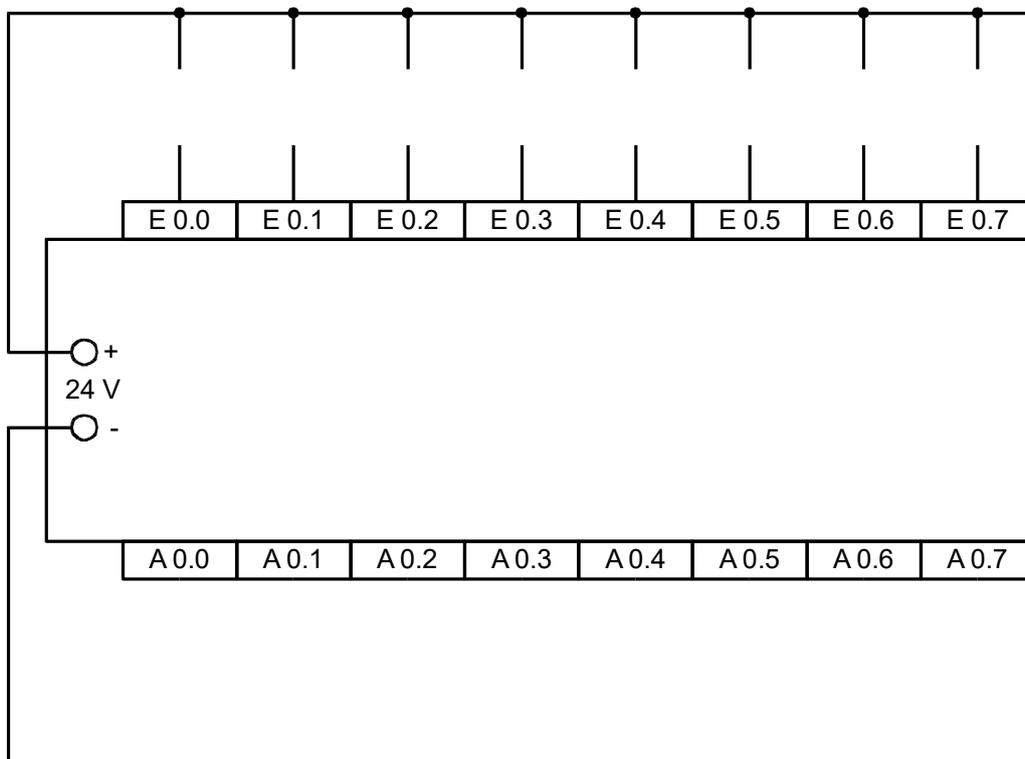


Arbeitsblatt

Zu Aufgabe 5: Zuordnungsliste

Bauteil	Anschluss	Funktion - Bemerkung
-SF0		
-SF1		
-SF2		
-SF3		
-BG1		
-BG2		
-BG3		
-BG4		
-QB1		
-QB2		
-MB1		
-MB2		

Zu Aufgabe 6: Anschlussbild





Lösungsvorschläge

SPS (17 P): Zylinder auswählen (Kolbenstange); Luftverbrauch und –kosten; Zylinderdruck; Zuordnungsliste; Anschlussplan; Funktionsgleichungen

Energie (3 P): Luftbedarf bei isothermer Zustandsänderung

$$1 \quad \eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F}{p \cdot \eta} = \frac{2000 \text{ N}}{4,5 \text{ bar} \cdot 90\%} = \frac{2000 \text{ N}}{4,5 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 0,90} = 49,4 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{\text{erf}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 49,4 \text{ cm}^2}{\pi}} = 79,3 \text{ mm}$$

Der Normzylinder mit $d_1 = 80 \text{ mm}$ und $d_2 = 25 \text{ mm}$ ist knapp, da die Zugkraft mit dem Rückhub erzeugt wird, bei dem die Kolbenstange die wirksame Fläche verkleinert. Deshalb muss überprüft werden, ob die Fläche ausreicht:

$$A_{80, \text{Rück}} = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (80^2 - 25^2) \text{ mm}^2}{4} = 45,4 \text{ cm}^2$$

Die Fläche reicht nicht, deshalb wird der nächstgrößere Normzylinder gewählt mit $d_1 = 100 \text{ mm}$ und $d_2 = 25 \text{ mm}$ (\rightarrow [EuroTabM] „Pneumatikzylinder, Abmessungen“).

Hinweis 98: Eine wiederholte Kontrollrechnung verlange ich von einem TG-Schüler nicht; es genügt der Hinweis: „.. müsste nochmal gerechnet werden ..“

2 Annahme 99: Doppeltwirkender Zylinder mit vollem Druck in beiden Richtungen

$$A = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot (100 \text{ mm})^2}{4} = 7854 \text{ mm}^2$$

$$Q \approx 2 \cdot \frac{A \cdot s_1}{\eta} \cdot n \cdot \frac{p_0 + p_{\text{amb}}}{p_{\text{amb}}} = 2 \cdot \frac{7854 \text{ mm}^2}{1 - 15\%} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 15 \frac{1}{\text{Stunde}} \cdot \frac{4,5 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}}$$

$$= 0,610 \frac{\text{m}^3}{\text{Stunde}}$$

$$\text{Kosten} = Q \cdot k = 0,610 \frac{\text{m}^3}{\text{Stunde}} \cdot 0,06 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 0,0366 \frac{\text{€}}{\text{Stunde}}$$

Hinweis 100: Die Berücksichtigung der Kolbenstange verlange ich bei Aufgaben zum Luftverbrauch nicht.

3 Kesselvolumen

Luftbedarf bei Umgebungsdruck

$$V_{\text{amb}} = Q \cdot t = 0,610 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 8 \text{ h} = 4,88 \text{ m}^3$$

Benötigtes Kesselvolumen bei 120 bar

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow V_e = V_{\text{amb}} \cdot \frac{p_{\text{amb}}}{p_e} = 4880 \text{ dm}^3 \cdot \frac{1 \text{ bar}}{(120+1) \text{ bar}} = 40,3 \text{ dm}^3$$

Der Kessel mit 50 l reicht bei 120 bar aus.

$$4 \quad A_{100, \text{Rück}} = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (100^2 - 25^2) \text{ mm}^2}{4} = 7363 \text{ mm}^2$$

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow p_{\text{min}} = \frac{F}{A \cdot \eta} = \frac{2000 \text{ N}}{73,63 \text{ cm}^2 \cdot 90\%} = 3 \cdot \frac{10 \text{ N}}{\text{cm}^2} = 3,0 \text{ bar}$$

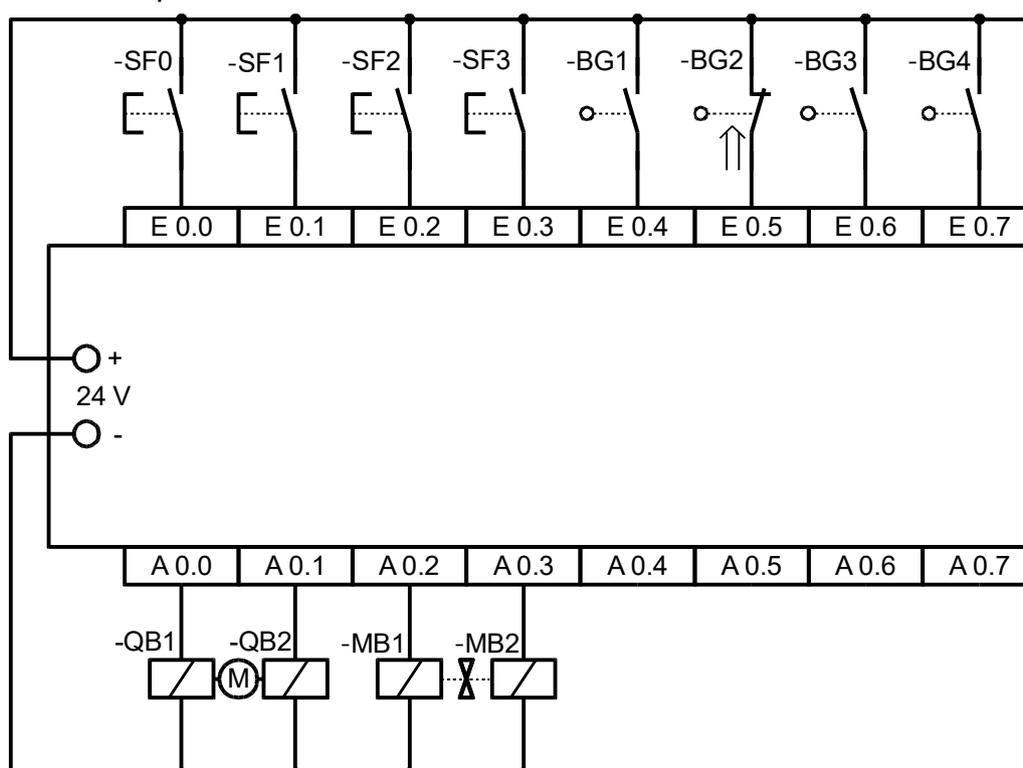


5 Zuordnungsliste

Bauteil	Anschluss	Funktion - Bemerkung
-SF0	E0.0	Schließer; 1-Signal → hebt Hubantrieb
-SF1	E0.1	Schließer; 1-Signal → senkt Hubantrieb
-SF2	E0.2	Schließer; 1-Signal → schwenkt Schwenktisch in die Senkrechte
-SF3	E0.3	Schließer; 1-Signal → schwenkt Schwenktisch in die Waagerechte
-BG1	E0.4	Schließer; 1-Signal ← Schwenktisch ist senkrecht, *)
-BG2	E0.5	Schließer; 1-Signal ← Schwenktisch ist waagrecht, *)
-BG3	E0.6	Schließer; 1-Signal ← Hubantrieb ist oben, *)
-BG4	E0.7	Schließer; 1-Signal ← Hubantrieb ist unten, *)
-QB1	A0.0	1-Signal → Hubantrieb hebt, Last auf
-QB2	A0.1	1-Signal → Hubantrieb senkt, Last ab
-MB1	A0.2	1-Signal → Schwenktisch schwenkt in die Senkrechte
-MB2	A0.3	1-Signal → Schwenktisch schwenkt in die Waagerechte

*) Sensor mit Rolle oder magnetischem Schalter

6 Anschlussplan



7 Funktionsgleichungen

Hochfahren (kontinuierlich): $QB1 = SF0 \wedge \overline{BG3} \wedge (BG1 \vee BG2) \wedge \overline{QB2}$

Herunterfahren (kontinuierlich): $QB2 = SF1 \wedge \overline{BG4} \wedge (BG1 \vee BG2) \wedge \overline{QB1}$

Schwenken in die Senkrechte (gespeichert): $MB2 = SF2 \wedge \overline{QB1} \wedge \overline{QB2} \wedge BG2$

Schwenken in die Waagerechte (gespeichert): $MB1 = SF3 \wedge \overline{QB1} \wedge \overline{QB2} \wedge BG1$

8 und Folgende fehlen



tgtm HP 2009/10-4: Deckplatte

Die Deckplatte aus Al 99,5 (siehe Arbeitsblatt 1) soll auf einer CNC-Senkrecht-Fräsmaschine hergestellt werden.

Auf der CNC-Maschine stehen die Werkzeuge T1 bis T5 (siehe Arbeitsblatt 2) zur Verfügung. Der Werkzeugwechsellpunkt mit den Koordinaten X150, Y150, Z150 ist auch Start- und Endpunkt der Programme.

- 1 Technologische Daten 2,5

Bestimmen Sie die fehlenden technologischen Daten (dick umrandete Felder) in der Tabelle auf dem Arbeitsblatt 2.
Berücksichtigen Sie bereits eingetragene Werte.
- 2 Arbeitsplan
- 2.1 Die Bohrungen werden zentriert, aber nicht vorgebohrt. 2,0

Entwerfen Sie einen Arbeitsplan für die erforderlichen Bearbeitungsschritte für die Herstellung der Deckplatte aus dem Rohteil (250x200x13) und tragen Sie diese in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt 2 ein.
Berücksichtigen Sie dabei technische und ökonomische Aspekte.
- 2.2 Das Werkzeug T2 (Fräser Ø18) steht auf Grund eines Werkzeugbruchs nicht mehr zur Verfügung. 1,0

Begründen Sie zwischen welchen Maßen der Durchmesser des Ersatzfräasers liegen muss.
- 3 Herstellung der Außenkontur mit Programmierung
- 3.1 Bestimmen Sie die Koordinaten für die Punkte P1 bis P7 und tragen Sie diese in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt 3 ein. 3,5

Dokumentieren Sie die Berechnungen für die Konturpunkte, die nicht direkt aus der Zeichnung entnommen werden können.
Hinweis: Beachten Sie die Lage des Werkstücknullpunktes.
- 3.2 Legen Sie einen geeigneten Startpunkt P_{Start} für den Beginn der Bahnkorrektur fest, nehmen Sie Stellung zu Ihrer Wahl und zeichnen Sie den Punkt in der Zeichnung auf dem Arbeitsblatt 1 ein. 1,5
- 3.3 Die Arbeitsspindel befindet sich im Werkzeugwechsellpunkt. 4,5

Entwickeln Sie für das Werkzeug T2 den Programmteil für die Fertigbearbeitung der Kontur P1 bis P7 beginnend mit dem Einwechseln des Werkzeugs und stellen Sie den Programmablauf ab dem Satz N300 auf dem Arbeitsblatt 3 dar.
- 4 Programmierung - Unterprogramm
- Die kreuzförmigen Formelemente sollen durch ein Unterprogramm L01 gefräst werden. Das Werkzeug T3 ist aufgenommen, die technologischen Daten sind eingetragen.
- 4.1 Entwerfen Sie den Koordinatenplan für die Formelemente auf dem Arbeitsblatt 4. 1,5
- 4.2 Entwickeln Sie das Unterprogramm L01 und stellen Sie den Programmablauf ab dem Satz N10 auf dem Arbeitsblatt 4 dar. 3,5



Außergerichtliche Verhandlung am Arbeitsgericht Karlsruhe

Ein Mitarbeiter in der Schweißerei der Kronos-AG in Freudenstadt wurde nach sieben Monaten im Betrieb ohne weitere Angaben fristgerecht gekündigt.

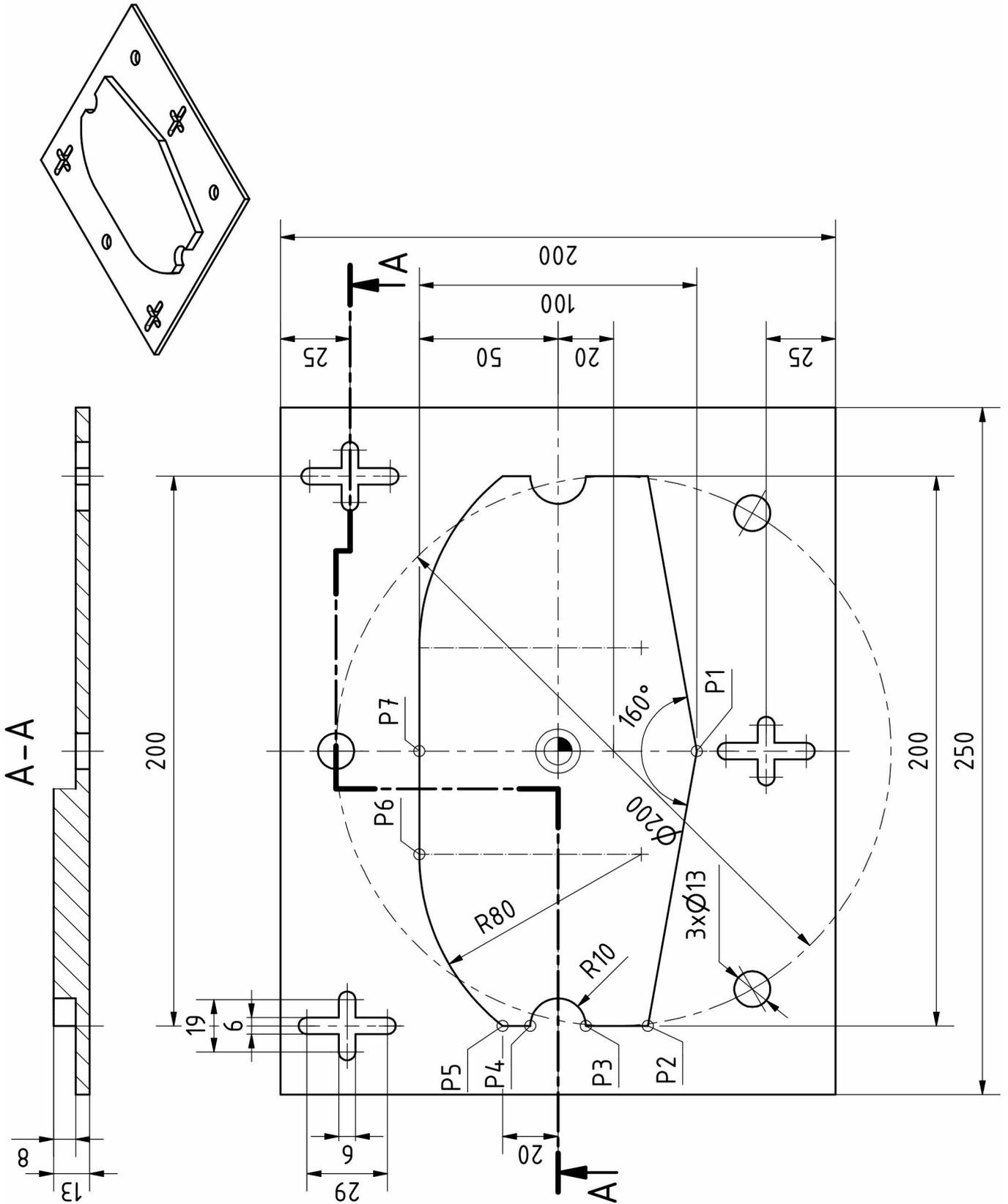
Der Mitarbeiter reichte Kündigungsschutzklage beim Arbeitsgericht Karlsruhe ein.

Die Güteverhandlung wurde kurzfristig anberaumt.

- | | | |
|-----|---|-----|
| 5 | Erklären Sie, ob die ordentliche Kündigung in diesem Fall berechtigt ist. | 1,0 |
| 6 | Beschreiben Sie die Funktion bzw. den Nutzen einer Güteverhandlung innerhalb der Arbeitsgerichtsbarkeit. | 2,0 |
| 7 | Bei Arbeitsverträgen gilt der Grundsatz der Formfreiheit. Der Gesetzgeber schreibt jedoch die Schriftform vier Wochen nach Arbeitsbeginn für den Arbeitsvertrag vor. Nehmen Sie Stellung, weshalb der Gesetzgeber diese Vorschrift erlassen hat. | 3,0 |
| 8 | Überprüfen Sie, welche Pflichten aus dem Arbeitsvertrag in den folgenden Fällen verletzt werden. Verwenden Sie Fachausdrücke. | 2,0 |
| 8.1 | Herr Pauling muss an seinem Arbeitsplatz mit einer Bohrmaschine arbeiten, bei der durch lose Drähte das Gehäuse zeitweise unter Strom steht. Sein Chef meint, er solle eben aufpassen. | |
| 8.2 | Herr Pauling arbeitet heimlich am Samstag bei der Firma Meier KG, einem Konkurrenten der Kronos-AG. | |
| 8.3 | Herr Pauling erzählt am Stammtisch, dass es bei seinem Arbeitgeber mit der Sicherheit und Sauberkeit nicht so genau genommen wird. | |
| 8.4 | In seinem Beruf als Werkzeugmechaniker arbeitet er am liebsten an der CNC-Maschine, sein Chef verlangt aber von Herrn Pauling, dass er Spezialanfertigungen auch am Schraubstock fertigt. Dies verweigert Herr Pauling. | |
| 9 | Friedrich Hecker ist als Elektriker bei der Kronos-AG beschäftigt. Er ist zur Zeit nur zuständig für die Wartung der Fräsmaschinen.
Erläutern Sie zwei Möglichkeiten, seine Arbeit abwechslungsreicher bzw. verantwortungsvoller zu gestalten. | 2,0 |



Arbeitsblatt 1:





Arbeitsblatt 2

zu Aufgabe 1: Technologische Daten

Werkzeug	Werkzeug Bezeichnung	d in mm	z	v_c in m/min	a_p in mm	f / f_z in mm	n in min⁻¹	v_f in mm/min
T1	HSS-Schaftfräser (Schruppen)	40	-	-	-	-	-	-
T2	HSS-Schaftfräser (Schlichten)	16	12		10			
T3	HSS-Schaftfräser (Schlichten)	6	-	-	-	-	-	-
T4	HSS-NC-Anbohrer	20	-	-	-	-	-	-
T5	HSS-Wendelbohrer	13	-	-	-	-	-	-

zu Aufgabe 2.1: Arbeitsplan

Nr.	Arbeitsschritt	Werkzeug



Lösungsvorschläge

CNC (20 P): Schnitt- und Einstelldaten; Arbeitsplan; Werkzeugauswahl; Koordinaten; Startpunkt für Bahnkorrektur; Kontur programmieren; Unterprogramm erstellen

1 Technologische Daten (nur markierte Bereiche sind Teil der Aufgabe) 2,5

Werkzeug	Werkzeug Bezeichnung	d in mm	z	v_c in m/min	a_p in mm	f/f_z in mm	n in min^{-1}	v_f in mm/min
T1	HSS-Schafffräser (Schruppen)	40	6	50	10	0,2	398	477
T2	HSS-Schafffräser (Schlichten)	16	12	150	10	0,09	2984	3223
T3	HSS-Schafffräser (Schlichten)	6	3	150	10	0,06	7958	1432
T4	HSS-NC-Anbohrer	20	2	20	-	0,1	490	98
T5	HSS-Wendelbohrer	13	2	80	-	0,1	1959	392

Werkzeug T2:

$f_z = 0,09$ mm (\rightarrow [EuroTabM] „Fräsen, Schnittdaten“ für HSS, Al, Schafffräser, d)

$v_c = 150$ (wie oben, zusätzlich Schlichten)

$$v_c = \pi \cdot n \cdot d \rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{150 \text{ m/min}}{\pi \cdot 16 \text{ mm}} = 2984 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,09 \text{ mm} \cdot 12 \cdot 2984 \frac{1}{\text{min}} = 3223 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

2 Arbeitsplan

2.1 Arbeitsschritte 2,0

Nr.	Arbeitsschritt	Werkzeug
1	Schruppen der Fläche mit Aufmaß gegen die Kontur (Aufmaß für die Fläche?)	T1
2	Schlichten der Kontur (und ggf. der Fläche)	T2
3	Kreuznuten fräsen	T3
4	Bohrungen zentrieren	T4
5	Bohrungen bohren	T5

2.2 Der Durchmesser des Ersatzfräses darf nicht über 20mm liegen, da er sonst die Halbkreise R10 nicht fräsen kann. Der Durchmesser sollte nicht unter 10mm liegen, da die Halbkreise R10 dann nicht in einem Zug gefräst werden können. 1,0

3 Außenkontur

3.1 Koordinatenplan für P1 .. P7 (Maße in mm) 3,5

Punkt	X	Y	Z	I	J	Bemerkung
P1	0	-50	-8			
P2	-100	-32,367	-8			
P3	-100	-10	-8			
P4	-100	+10	-8			
P5	-100	+20	-8			
P6	-37,550	+50	-8	62,450	-50	
P7	0	+50	-8			

$$Y_2 = Y_1 + 100 \text{ mm} \cdot \tan 10^\circ; I_6 = \sqrt{80^2 - 50^2} \text{ mm}; X_6 = X_5 + I_6$$

3.2 fehlt



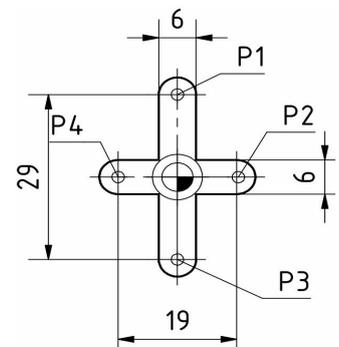
3.3 Programmierung Konturzug (PAL 2007)

N		X	Y	Z	..	..	..	..	Bemerkung
N300	G00	X150	Y150	Z150	S2984	F3223	T2	M03	; Werkzeug Ø16
N310	G00	X5	Y-80	Z1					; Startpunkt P0
N320	G00			Z-8					
N330	G41								; Kontur schlichten
N340	G01	X0	Y-50						; P1
N350	G01	X-100	Y-32,367						; P2
N360	G01	X-100	Y-10						; P3
N370	G03	X-100	Y10		I0	J10			; P4
N380	G01	X-100	Y20						; P5
N390	G02	X-37,55	Y50		I62,450	J-50			; P6
N400	G01	X37,55							; P6 gespiegelt → P7

4 Formelemente (Kreuznuten)

4.1 Koordinatenplan für die Formelemente

Punkt	X	Y	Z
P1	0	14,5	
P2	9,5	0	
P3	0	-14,5	
P4	-9,5	0	



4.2 Programmierung Unterprogramm L01 (PAL 2007)

N	G	X	Y	Z	...	...	...
N10	%10						
N20	G91						
N30	G00			Z-8			; Positionieren
N40	G01			Z-7			; Eintauchen
N50	G01		Y-29				; Nut von oben nach unten
N60	G01			Z7			
N70	G00	X-9,5	Y14,5				
N80	G01			Z-7			
N90	G01	X19					; Nut von links nach rechts
N100	G01			Z7			
N110	G00	X-9,5	Y14,5	Z8			
N120	G90						
N130					M17		

5 und folgende fehlen



tgtm HP 2008/09-1: Tiefbohranlage

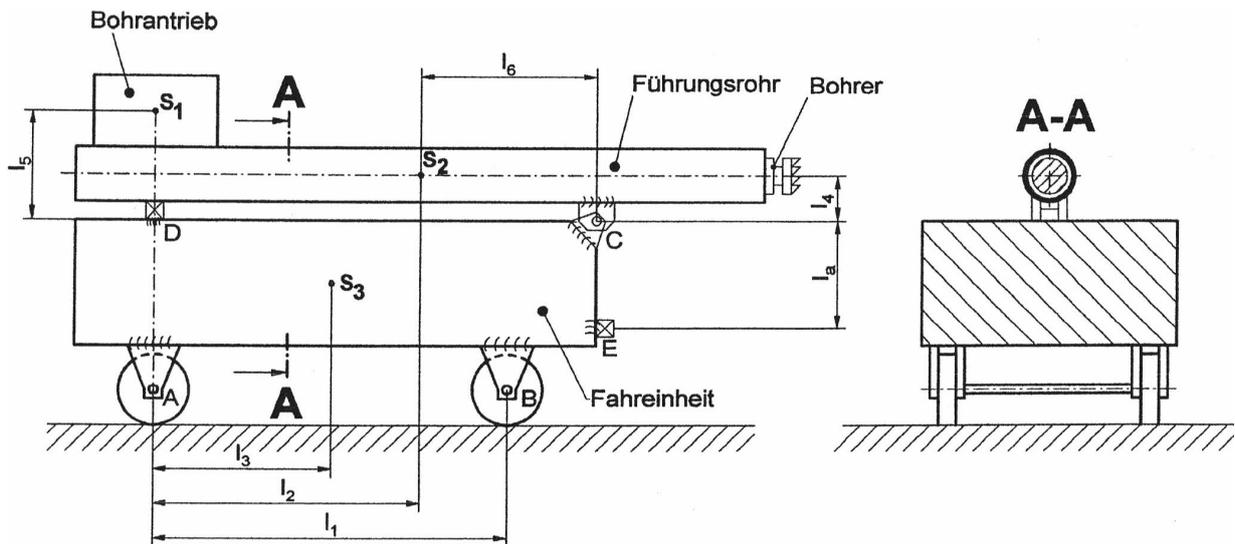
(Pflichtaufgabe)

Die mobile Tiefbohranlage führt Erdbohrungen zur geothermischen Warmegewinnung durch. Die dargestellte Anlage befindet sich im Fahrbetrieb. Für den Bohrbetrieb wird das Führungsrohr vertikal aufgerichtet.

Punkte

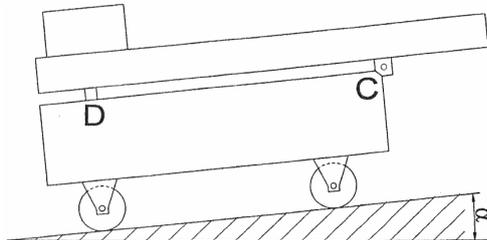
1 Tiefbohranlage (vereinfacht)

6,0



Bohrantrieb	$F_{G1} = 3 \text{ kN}$ in S_1	$l_1 = 4 \text{ m}$	$l_4 = 0,5 \text{ m}$
Führungsrohr mit Bohrer	$F_{G2} = 5 \text{ kN}$ in S_2	$l_2 = 3 \text{ m}$	$l_5 = 1,2 \text{ m}$
Fahreinheit	$F_{G3} = 20 \text{ kN}$ in S_3	$l_3 = 2 \text{ m}$	$l_6 = 2 \text{ m}$
		$l_a = \text{Abstand Lager / Anschlag E}$	

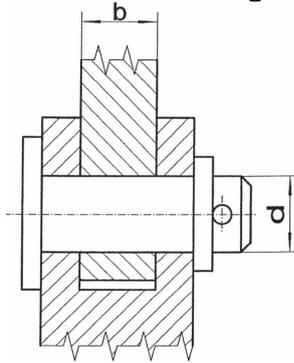
- 1.1 Zeichnen Sie die freigemachte Bohranlage zur Berechnung der Achskräfte. 2,0
- 1.2 Berechnen Sie die Achskräfte F_A und F_B für die oben gezeichnete Stellung. 4,0
- 1.3 Die Tiefbohranlage steht an einer Steigung mit dem Winkel $\alpha = 6^\circ$. Untersuchen Sie für die gezeichnete Stellung die Kräfte F_C und F_D in den Lagern C und D. 6,0



- 1.4 Die Tiefbohranlage steht jetzt wieder **waagrecht**. Das Führungsrohr ist für den Bohrbetrieb senkrecht aufgerichtet und liegt am Anschlag E an. Skizzieren Sie die neue Situation und weisen Sie durch Rechnung die Auswirkung des Lagerabstands l_a auf die Kräfte F_E und F_C nach. 3,0



2 Bolzenverbindung im Lager C



$$F_{C,max} = 20 \text{ kN}$$

Bolzenwerkstoff: C22E

$$p_{zul} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

$$v = 8 \text{ (gegen Abscheren)}$$

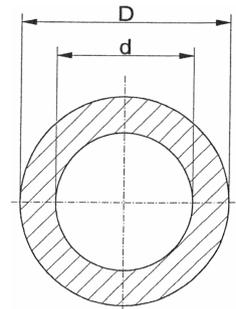
2.1 Ermitteln Sie den erforderlichen Bolzendurchmesser und nennen Sie den zu wählenden Bolzendurchmesser. 4,0

2.2 Ein Lieferant bietet Hohlbolzen aus C60E an. Der Außendurchmesser D ist durch das Ergebnis von Aufgabe 2.1 festgelegt.

Mögliche Durchmesserhältnisse D/d sind:

$D/d = 1,3$ oder $D/d = 1,5$ oder $D/d = 1,7$.

Überprüfen Sie, welches Durchmesser Verhältnis für das Lager C geeignet ist.



3 Antrieb der Fahreinheit

Die Fahreinheit wird von einem Viertaktmotor angetrieben. Das p-V-Diagramm auf dem Arbeitsblatt 1 beschreibt den Motorprozess.

3.1 Nennen Sie den Motortyp, dem das auf dem Arbeitsblatt 1 dargestellte p-V-Diagramm entspricht. 1,0

3.2 Bestimmen Sie die Ziffern in den Eckpunkten des Kreisprozesses auf dem Arbeitsblatt 1. Stellen Sie die Zustandsänderungen und die technischen Vorgänge in der Tabelle 1 auf dem Arbeitsblatt 1 dar. 3,0

3.3 Zeichnen Sie auf dem Arbeitsblatt 1 in das p-V-Diagramm ein: Q_{ab} , Q_{zu} , W_{nutz} , W_{ab} , W_{zu} . 2,0

3.4 Der 4-Zylindermotor besitzt einen Gesamthubraum von 3.000 cm^3 . Er saugt Luft bei 1 bar und $20 \text{ }^\circ\text{C}$ an. Berechnen Sie die angesaugte Luftmasse pro Zylinder. 2,0

3.5 Das Verdichtungsverhältnis beträgt $\epsilon = 20$. Im Anschluss an die Verdichtung erfolgt eine Volumenvergrößerung auf das 1,5-fache von V_{OT} . 5,0

Berechnen Sie die Werte für Druck, Volumen und Temperatur des Kreisprozesses (ohne Ladungswechselschleife) und tragen Sie die Ergebnisse in Tabelle 2 auf dem Arbeitsblatt 1 ein.

Hinweis: Verdichtungsverhältnis $\epsilon = \frac{V_{UT}}{V_{OT}}$

4 Getriebe der Fahreinheit

4.1 Das Fahrzeug erreicht im Fahrbetrieb die Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h bei einer Drehzahl des Antriebsmotors von 3000 1/min . Die Antriebsräder haben einen Durchmesser von 800 mm . Berechnen Sie das erforderliche Gesamtübersetzungsverhältnis. 2,0

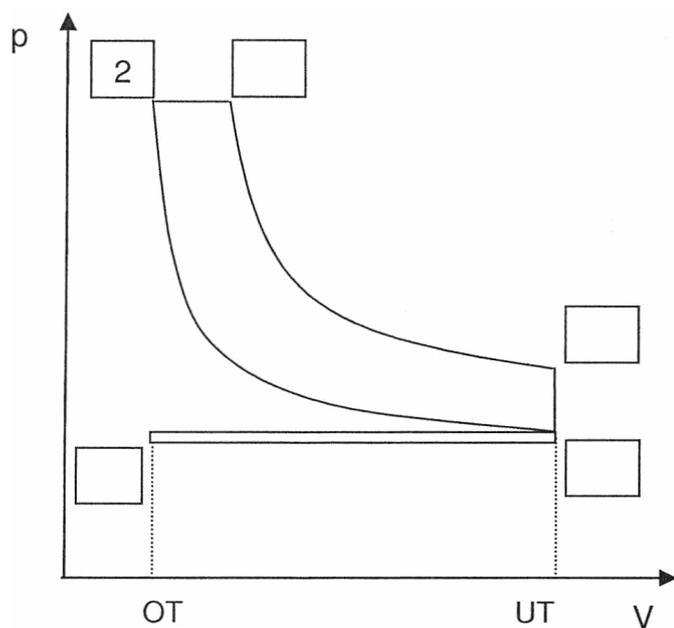
4.2 Für den Fahrtrieb soll ein zweistufiges Stirnradgetriebe verwendet werden. Entwerfen Sie den Getriebeaufbau und bestimmen Sie die Zähnezahlen der Stirnräder. 2,0

$\Sigma = 40,0$



Arbeitsblatt 1

zu Aufgabe 3.2 und 3.3



zu Aufgabe 3.2: Tabelle 1

Zustand	Zustandsänderung	Vorgang
0-1	isobar	ansaugen
1-2		
2-3		
3-4		
4-1		
1-0		

zu Aufgabe 3.5: Tabelle 2

Zustand	p [bar]	V [cm ³]	T [K]
1			
2			
3			
4			



Lösungen 1

1

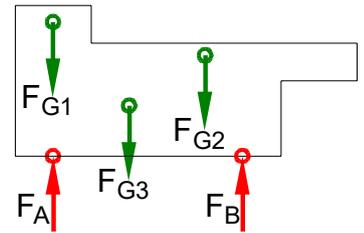
1.1 Lageskizze waagerechte Tiefbohranlage (siehe rechts)

$$1.2 \quad \Sigma M_A = 0 = -F_{G3} \cdot l_3 - F_{G2} \cdot l_2 + F_B \cdot l_1 \Rightarrow$$

$$F_B = \frac{F_{G3} \cdot l_3 + F_{G2} \cdot l_2}{l_1} = \frac{20 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} + 5 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 13,75 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_A - F_{G1} - F_{G2} - F_{G3} + F_B \Rightarrow$$

$$F_A = F_{G1} + F_{G2} + F_{G3} - F_B = 3 \text{ kN} + 5 \text{ kN} + 20 \text{ kN} - 13,75 \text{ kN} = 14,25 \text{ kN}$$



1.3 Lageskizze geneigtes Führungsrohr (siehe rechts)

$$F_{G1x} = F_{G1} \cdot \sin \alpha = 3 \text{ kN} \cdot \sin 6^\circ = 0,314 \text{ kN}$$

$$F_{G1y} = F_{G1} \cdot \cos \alpha = 3 \text{ kN} \cdot \cos 6^\circ = 2,983 \text{ kN}$$

$$F_{G2x} = F_{G2} \cdot \sin \alpha = 5 \text{ kN} \cdot \sin 6^\circ = 0,523 \text{ kN}$$

$$F_{G2y} = F_{G2} \cdot \cos \alpha = 5 \text{ kN} \cdot \cos 6^\circ = 4,973 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_D = 0 = F_{G1x} \cdot l_5 + F_{G2x} \cdot l_4 - F_{G2y} \cdot l_2 + F_{Cy} \cdot (l_2 + l_5) \Rightarrow$$

$$F_{Cy} = \frac{-F_{G1x} \cdot l_5 - F_{G2x} \cdot l_4 + F_{G2y} \cdot l_2}{l_2 + l_6} = \frac{-0,314 \text{ kN} \cdot 1,2 \text{ m} - 0,523 \text{ kN} \cdot 0,5 \text{ m} + 4,973 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m}}{3 \text{ m} + 2 \text{ m}} = 2,856 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = -F_{G1x} - F_{G2x} + F_{Cx} \Rightarrow F_{Cx} = F_{G1x} + F_{G2x} = 0,314 \text{ kN} + 0,523 \text{ kN} = 0,836 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_D - F_{G1y} - F_{G2y} + F_{Cy} \Rightarrow$$

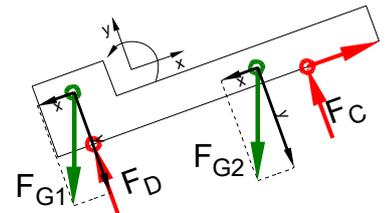
$$F_D = F_{G1y} + F_{G2y} - F_{Cy} = 2,983 \text{ kN} + 4,973 \text{ kN} - 2,856 \text{ kN} = 5,10 \text{ kN}$$

$$F_C = \sqrt{F_{Cx}^2 + F_{Cy}^2} = \sqrt{(0,836 \text{ kN})^2 + (2,856 \text{ kN})^2} = 2,98 \text{ kN}$$

$$\alpha_C = \arctan \frac{F_{Cy}}{F_{Cx}} = \arctan \frac{2,856 \text{ kN}}{0,836 \text{ kN}} = 73,7^\circ$$

$\alpha_A = 73,7^\circ$ nach links oben gegen die x-Achse im gewählten Koordinatensystem.

$\alpha_A = 79,7^\circ$ nach links oben gegen die Waagerechte.



1.4 Lageskizze senkrechtes Führungsrohr

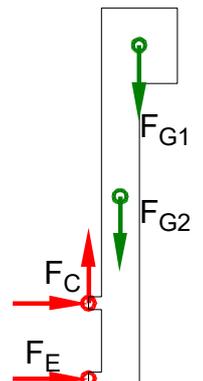
$$\Sigma M_C = 0 = -F_{G1} \cdot l_5 - F_{G2} \cdot l_4 + F_E \cdot l_a \Rightarrow F_E = \frac{F_{G1} \cdot l_5 + F_{G2} \cdot l_4}{l_a}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_E + F_{Cx} \Rightarrow F_{Cx} = -F_E$$

$$\Sigma F_y = 0 = -F_{G1} - F_{G2} + F_{Cy} \Rightarrow F_{Cy} = F_{G2} + F_{G1}$$

→ F_{Cy} ist von l_a unabhängig

→ F_E und F_{Cx} (und damit F_C) werden kleiner, je größer l_a wird.





2 Bolzen

2.1 Durchmesser

Erforderlicher Durchmesser gegen Flächenpressung

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F_{Cmax}}{p_{zul}} = \frac{20 \text{ kN}}{40 \text{ N/mm}^2} = 500 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot b \Rightarrow d_{erf} = \frac{A}{b} = \frac{500 \text{ mm}^2}{50 \text{ mm}} = 10 \text{ mm}$$

Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren

$R_e = 210 \text{ N/mm}^2$ (C22E → [EuroTabM] „Vergütungsstähle“)

$$\tau_{aB} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 210 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 126 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\tau_{aB}}{\sqrt{v}} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{\sqrt{v}} = \frac{126 \text{ N/mm}^2}{8} = 15,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_{Cmax}}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{20 \text{ kN}}{2 \cdot 15,75 \text{ N/mm}^2} = 634,9 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 637,9 \text{ mm}^2}{\pi}} = 28,4 \text{ mm}$$

gewählt: $d = 30 \text{ mm}$ (der größere der beiden Werte)

2.2 Hohlbolzen

Die Flächenpressung wird von der hohlen Form nicht berührt.

$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e$ (→ [EuroTabM] „Abscherung, Beanspruchung“)

$R_e = 520 \text{ N/mm}^2$ (C60E → [EuroTabM] „Vergütungsstähle“)

$$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 520 \text{ N/mm}^2 = 312 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_{aF}}{\sqrt{v}} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aF}}{\sqrt{v}} = \frac{312 \text{ N/mm}^2}{8} = 39 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_{Cmax}}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{20 \text{ kN}}{2 \cdot 39 \text{ N/mm}^2} = 256,4 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{(30 \text{ mm})^2 - \frac{4 \cdot 256,4 \text{ mm}^2}{\pi}} = 23,9 \text{ mm} (= d_{max})$$

$$D/d = \frac{30 \text{ mm}}{23,9 \text{ mm}} = 1,25$$

gewählt: $D/d = 1,3$

Hinweis 101:

- Entweder: Zweimal um die Ecke denken – das Durchmesser Verhältnis D/d muss größer werden, damit der Innendurchmesser d kleiner wird.
- Oder: Einfach für jedes Durchmesser Verhältnis D/d den Innendurchmesser d berechnen und einen geeigneten Wert auswählen:
 - $D/d = 1,3 \rightarrow d = D/1,3 = 30 \text{ mm} / 1,3 = 23,1 \text{ mm}$ (geeignet)
 - $D/d = 1,5 \rightarrow d = D/1,5 = 30 \text{ mm} / 1,5 = 20 \text{ mm}$ (geeignet)
 - $D/d = 1,7 \rightarrow d = D/1,7 = 30 \text{ mm} / 1,7 = 17,6 \text{ mm}$ (geeignet)



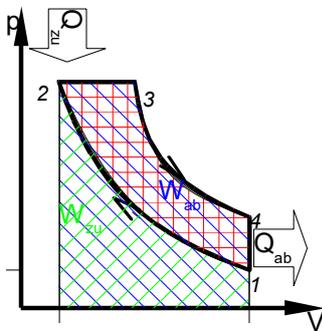
3 Antrieb der Fahrinheit

3.1 Viertakt-Dieselmotor

3.2 Tabelle 1

Zustand	Zustandsänderung	Vorgang
0-1	isobar	ansaugen
1-2	adiabatisch	verdichten
2-3	isobar	verbrennen und expandieren/arbeiten
3-4	adiabatisch	expandieren / arbeiten
4-1	isochor	Abgase ablassen
1-0	isobar	Restgase ausstoßen

3.3 rote Fläche: W_{Nutz}



$$3.4 \quad V_h = \frac{V_H}{z} = \frac{3000 \text{ cm}^3}{4} = 750 \text{ cm}^3$$

$$p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T \Rightarrow m_h = \frac{p_1 \cdot V_h}{R_i \cdot T_1} = \frac{1 \text{ bar} \cdot 750 \text{ cm}^3}{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273 + 20) \text{ K}} = \frac{10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 750 \cdot \left(\frac{\text{m}}{100}\right)^3}{287 \text{ Nm} \cdot 293} \text{ kg} = 0,892 \text{ g}$$

3.5 Tabelle 2

Zustand	p [bar]	V [cm ³]	T [K]
1	1	789,5	293
2	66,3	39,5	971
3	66,3	59,25	1457
4	1,8	789,5	517

$$\epsilon = \frac{V_{UT}}{V_{OT}} = \frac{V_{OT} + V_h}{V_{OT}} = 1 + \frac{V_h}{V_{OT}} \Rightarrow$$

$$V_{OT} = \frac{V_h}{\epsilon - 1} = \frac{750 \text{ cm}^3}{20 - 1} = 39,5 \text{ cm}^3 = V_2$$

$$V_{UT} = V_{OT} \cdot \epsilon = 39,5 \text{ cm}^3 \cdot 20 = 789,5 \text{ cm}^3 = V_1 = V_4$$

$$V_3 = V_{OT} \cdot 1,5 = 39,5 \text{ cm}^3 \cdot 1,5 = 59,25 \text{ cm}^3$$



Zustandsänderung 1 – 2: Adiabatische Verdichtung:

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{1005 \text{ J/kgK}}{718 \text{ J/kgK}} = 1,40$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa-1}$$

$$\Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa} = p_1 \cdot \epsilon^{\kappa} = 1 \text{ bar} \cdot 20^{1,40} = 66,3 \text{ bar}$$

$$\Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa-1} = T_1 \cdot \epsilon^{\kappa-1} = (273+20) \text{ K} \cdot 20^{1,40-1} = 971,1 \text{ K}$$

Zustandsänderung 2 – 3: Isobare Verbrennung

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow T_3 = T_2 \cdot \frac{V_3}{V_2} = T_2 \cdot 1,5 = 971 \text{ K} \cdot 1,5 = 1456,7 \text{ K}$$

$$p_3 = p_2$$

Zustandsänderung 3 – 4: Adiabatische Entspannung

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa-1}$$

$$\Rightarrow p_4 = p_3 \cdot \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\kappa} = 66,3 \text{ bar} \cdot \left(\frac{1,5}{20} \right)^{1,4} = 1,76 \text{ bar}$$

$$\Rightarrow T_4 = T_3 \cdot \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\kappa-1} = 1457 \text{ K} \cdot \left(\frac{1,5}{20} \right)^{1,4-1} = 516,9 \text{ K}$$

4 Getriebe der Fahrinheit

$$4.1 \quad v = 25 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 25 \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 6,94 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{ab} = \frac{v}{\pi \cdot l_2} = \frac{6,94 \text{ m/s}}{\pi \cdot 800 \text{ mm}} = 2,76 \text{ s}^{-1} = 165,8 \text{ min}^{-1}$$

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{3000 \text{ min}^{-1}}{168,5 \text{ min}^{-1}} = 18,1$$

4.2 Randbedingungen: Mehrstufige Übersetzungen innerhalb eines Getriebes sollen gleichmäßig verteilt sein.

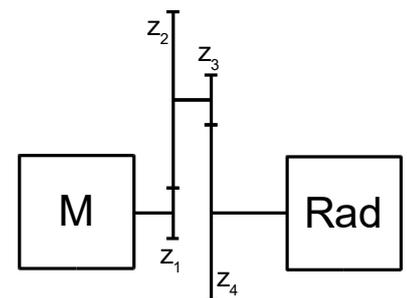
$$z_1 \approx z_3 \quad \text{und} \quad z_2 \approx z_4$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \approx \frac{z_2^2}{z_1^2} = \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^2 \Rightarrow z_2 \approx z_1 \cdot \sqrt{i} = z_1 \cdot \sqrt{18,1}$$

gewählt: $z_1 = 13 \quad z_2 = 55$

Hinweise:

- Wenn die Zähnezahlen einer Übersetzungsstufe keinen gemeinsamen Teiler haben, treffen zwei beliebige Zähne möglichst selten aufeinander → verringert Verschleiß
- Mehrstufige Übersetzungen können auch ungleichmäßig verteilt sein, z.B. wenn eine zwischenliegende Kardanwelle mit einem niedrigen Drehmoment belastet werden soll.



Statik (15 P): Freimachen mit geg. Baugruppe; Kräfte; schiefe Ebene; Auswirkung von Abständen bewerten;
 Festigkeit (8 P): BolzenØ gegen Abscherung und Flächenpressung; BolzenØ spezial;
 Energie (13 P): Motortyp aus p,V-Diagramm; p,V-Diagramm ergänzen; Luftmasse; Zustandsänderungen;
 Getriebe (4 P)



tgtm HP 2008/09-2: Schnabel GmbH

(Pflichtaufgabe)

Die Geschäftsleitung der Schnabel GmbH steht vor der Entscheidung, für die Einführung und den Verkauf dieser hochwertigen Tiefbohranlagen entweder Handelsvertreter oder Handlungsreisende einzusetzen.

- | | | |
|-----|--|------|
| 1 | Wodurch unterscheiden sich Handelsvertreter und Handlungsreisende?
Nennen Sie vier Merkmale. | 2,0 |
| 2 | Für einen Handlungsreisenden muss monatlich ein Fixum von 5000 € plus Umsatzprovision in Höhe von 3,5 % vom Umsatz bezahlt werden. Ein Handelsvertreter erhält dagegen 8,5 % vom Umsatz. Der erwartete Jahresumsatz liegt bei 2.880.000 €.

Ermitteln Sie jeweils die Kosten für den Handelsvertreter und den Handlungsreisenden beim erwarteten Jahresumsatz und berechnen Sie den kritischen Umsatz. | 6,0 |
| 3 | Beurteilen Sie, welches der beiden Absatzorgane - unabhängig von Kostengesichtspunkten - besser geeignet ist, um das neue Produkt der Schnabel GmbH zu vertreiben. | 3,0 |
| 4 | Die Kleinmann KG hat von der Schnabel GmbH eine Tiefbohranlage erworben. Als diese zum Einsatz kommt stellt sich heraus, dass die Steuerungselektronik des Antriebsmotors defekt ist, wodurch es zu erheblichen Umsatzeinbußen kommt. | |
| 4.1 | Bestimmen Sie, um welche Art von Mangel es sich im vorliegenden Fall handelt. Welches Recht hat die Kleinmann KG vorrangig. | 3,0 |
| 4.2 | Die Schnabel GmbH lässt das defekte Steuerungselement austauschen. Nach zwei Wochen ist dieses wieder defekt. Überprüfen Sie, welche Rechte die Kleinmann KG gegenüber der Schnabel GmbH nun geltend machen kann. | 3,0 |
| 4.3 | Bewerten Sie den vorliegenden Fall unter Berücksichtigung der Annahme, dass die Schnabel GmbH den Mangel bei Vertragsabschluss arglistig verschwiegen hätte. | 3,0 |
| | | 20,0 |

Lösungen

keine



tgtm HP 2008/09-3: Tiefbohranlage

Für die mobile Tiefbohranlage soll folgende SPS-Steuerung projektiert werden.⁴¹

Mit dem Taster -SF2 „Anlage bereit“ wird die Anlage freigegeben (Schritt 0).

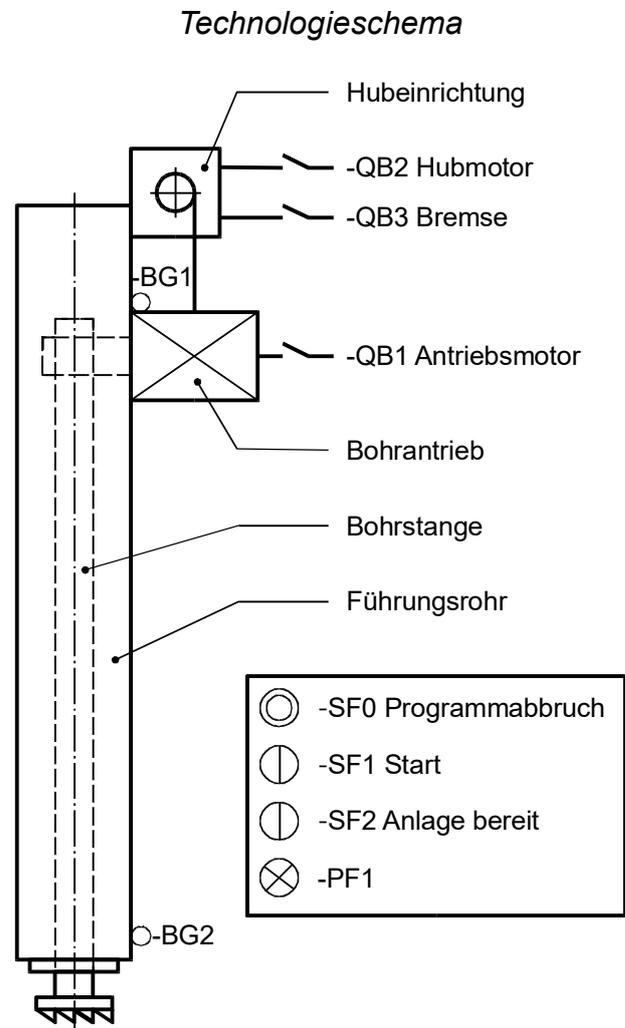
Der Bohrvorgang wird in der oberen Endlage (Grundstellung) mit dem Taster -SF1 eingeleitet.

Dazu wird die Bremse der Hubeinrichtung durch die Aktivierung von -QB3 gelöst und der Antriebsmotor mit -QB1 eingeschaltet. Der Bohrvorschub erfolgt durch das Eigengewicht. Ist die Bohreinheit unten angekommen (-BG2), wird sie mit einem Seil von der Hubeinrichtung durch die Aktivierung von -QB2 wieder nach oben gezogen. In der Grundstellung werden dann beide Motoren abgeschaltet und die Bremse der Hubeinrichtung wieder aktiviert.

Ist die Bohreinheit nach 5 Minuten nicht in der unteren Endlage angekommen, soll sie nach dieser Zeit wieder in die Grundstellung fahren und die Lampe -PF1 leuchten. Die Lampe -PF1 wird durch die Betätigung des Tasters -SF2 wieder abgeschaltet.

Wird der Programmabbruch -SF0 betätigt, soll die Anlage sofort in die Grundstellung zurückfahren.

Damit die Bohrstange sich nicht verklemmt, darf der Antriebsmotor auch beim Hochfahren nur in der Grundstellung abgeschaltet werden.



Anmerkung: Der Bohrantrieb fährt beim Bohren mit der Bohrstange nach unten.

- | | | |
|---|--|-----|
| 1 | Bestimmen Sie für -BG1 und -BG2 geeignete Sensoren und begründen Sie Ihre Wahl. | 2,0 |
| 2 | Stellen Sie auf dem Arbeitsblatt 1 die Zuordnungsliste dar. | 2,0 |
| 3 | Zeichnen Sie auf dem Arbeitsblatt 1 das Anschlussbild. | 3,0 |
| 4 | Entwickeln Sie einen Funktionsplan oder Grafcet für diese Ablaufsteuerung. ⁴² | 4,0 |
| 5 | Entwerfen Sie das SPS-Programm (FBS) für diese Steuerung. | 5,0 |

⁴¹ Die Bezeichnungen wurden hier an [EuroTabM47] angepasst.

⁴² Gemeint ist die Ablaufsteuerung ohne Überwachung der Bohreinheit und Lampe.



Herr Fink ist an der CNC-Fräsmaschine beschäftigt und erhält Zeitlohn.

6 Nennen Sie jeweils zwei Vorteile und zwei Nachteile des Zeitlohns. 2,0

7 Für den Monat März ist die Lohnabrechnung für Herrn Fink zu erstellen. Dabei ist von folgenden Daten auszugehen: 4,0

Bruttolohn	3.400 €
Lohnsteuersatz	13%
Kirchensteuersatz	8%
Solidaritätszuschlag	5,5 %
Rentenversicherung	19,9 % (Arbeitnehmer-Anteil: 9,95 %)
Krankenversicherung	14 % (Arbeitnehmer-Anteil: 7% + 0,9 %)
Arbeitslosenversicherung	3,3 % (Arbeitnehmer-Anteil: 1,65 %)
Pflegeversicherung	1,95 % (Arbeitnehmer-Anteil: 0,975 %)
Vermögenswirksames Sparen	40 €
Vermögenswirksame Leistung AG	20 €

Hinweis: Herr Fink hat Kinder!

Erstellen Sie die Lohnabrechnung bis zum Auszahlungsbetrag für Herrn Fink.

8 Die Eingruppierung von Herrn Fink in seine Lohngruppe soll überprüft werden.

8.1 Beschreiben Sie ein geeignetes Arbeitsplatzbewertungsverfahren. 1,0

8.2 Erörtern Sie, ob Herr Fink bei der Bewertung seines Arbeitsplatzes ein Mitspracherecht eingeräumt werden sollte. 3,0

30,0



Lösungsvorschläge

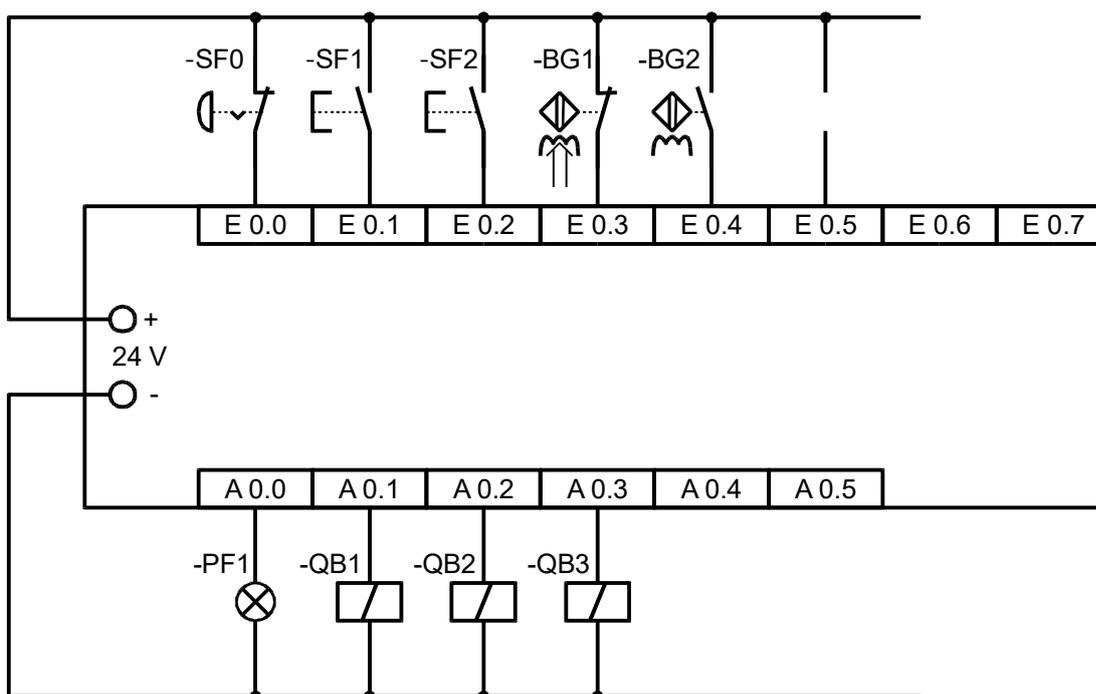
- Induktive Sensoren reagieren auf das Metall der Bohreinheit und sind schmutzunempfindlich oder
 Kapazitive Sensoren reagieren auf jedes Material der Bohreinheit und sind schmutzunempfindlich oder
 Magnetische Sensoren sind geeignet für raue Umgebung

Hinweis 102: Bei solchen Aufgaben kommt es gar nicht auf den 'richtigen' Sensor an, sondern darauf, dass die Begründung für den gewählten Sensor zur Aufgabenstellung passt. Es reicht also nicht, einen Sensor zu wählen und seine Vorteile unreflektiert aus dem Tabellenbuch abzuschreiben – man muss schon die Vorteile auswählen, die zur Aufgabenstellung passen.

2 Zuordnungsliste

Bauteil	Anschluss	Funktion - Bemerkung
-SF0	E0.0	Taster; Öffner: 0-Signal → Programmabbruch / Not-Aus
-SF1	E0.1	Taster; Schließer: 1-Signal → Programmstart
-SF2	E0.2	Taster; Schließer: 1-Signal → Anlage bereit
-BG1	E0.3	induktiver Sensor: 1-Signal ← Bohreinheit obere Endlage (in Grundstellung betätigt)
-BG2	E0.4	induktiver Sensor: 1-Signal ← Bohreinheit untere Endlage
-PF1	A0.0	1-Signal → Leuchte an; Bohrvorgang abgebrochen
-QF1	A0.1	1-Signal → Antriebsmotor dreht die Bohrstange
-QB2	A0.2	1-Signal → Hubmotor zieht Hubeinrichtung hoch
-QB3	A0.3	1-Signal → Bremse für die Hubeinrichtung löst

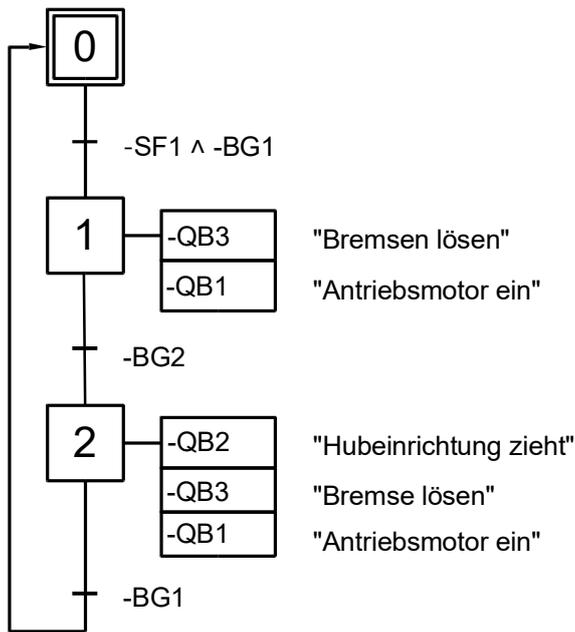
3 Anschlussbild



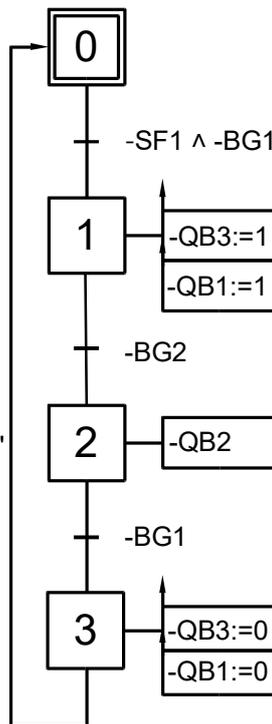


4 Funktionsplan

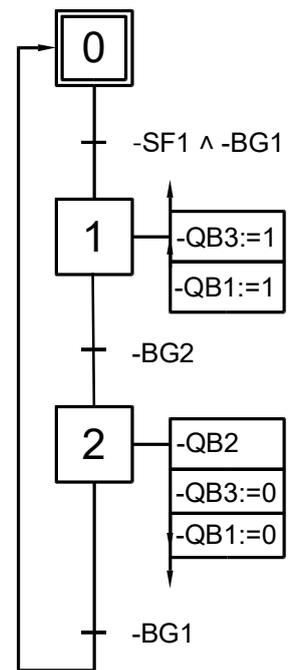
Grafcet, Variante 1



Variante 2



Variante 3



Variante 1: Einfaches Kästchen für eine Aktion wirkt nur für die Dauer des Schrittes.

Variante 2: Fähnchen \uparrow : z.B. -QB3:=0 wird geschaltet, sobald Schritt 3 startet (positive Flanke).

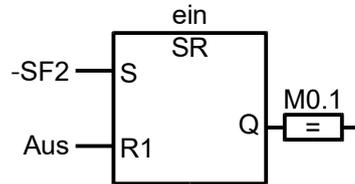
Variante 3: Fähnchen \downarrow : z.B. -QB3:=0 wird geschaltet, sobald Schritt 2 endet (negative Flanke).



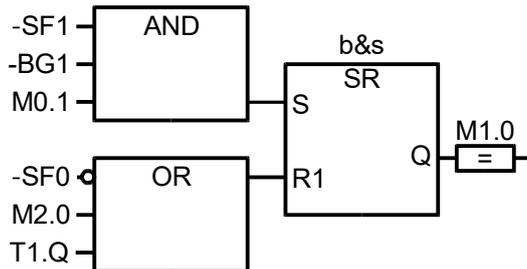
5 FBS (Variante 1)

Schrittkeite

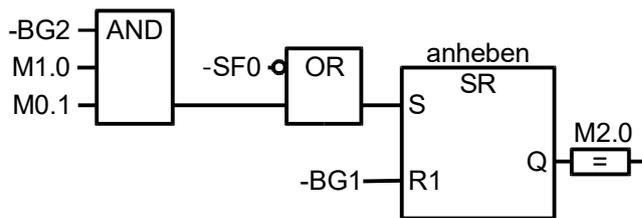
Schritt 0: Anlage freigeben / Einschalten



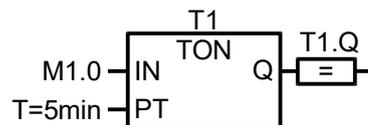
Schritt 1: Bohren



Schritt 2: Anheben

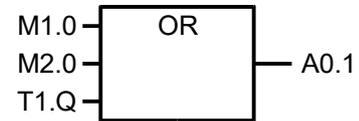


Zeitkontrolle



Befehlsausgabe

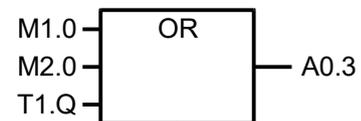
Q1 Antriebsmotor ein



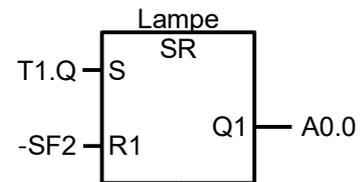
Q2 Hubmotor ein



Q3 Bremse löst



P1 Lampe leuchtet



SPS (20 P): Sensor auswählen; Zuordnungsliste; Anschlussbild; Funktionsplan oder Grafcet; Antrieb mit E-Motoren; FBS Ablaufsteuerung (Schrittkeite)



tgtm HP 2008/09-4: Befestigungsplatte

Auf einer CNC-Senkrecht-Fräsmaschine wird die Befestigungsplatte (siehe Arbeitsblatt 1) aus Baustahl S235JR hergestellt. Momentan liegt die Kapazität der Produktion bei 6 Stück / Arbeitsstunde.

Auf der CNC-Maschine stehen die Werkzeuge T1 bis T5 (siehe Arbeitsblatt 2) zur Verfügung.

- 1 Bestimmen Sie die fehlenden technologischen Daten (dick umrandete Felder) in der Tabelle auf dem Arbeitsblatt 2. Berücksichtigen Sie bereits eingetragene Werte. 3,0
- 2 Für die Herstellung der Befestigungsplatte soll ein Arbeitsplan erstellt werden. Alle Bohrungen werden zentriert, aber nicht vorgebohrt. 2,0
Ermitteln Sie die erforderlichen Bearbeitungsschritte für die Herstellung der Befestigungsplatte aus dem Rohteil (200x30x300) und tragen Sie diese in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt 2 ein. Berücksichtigen Sie dabei technische und ökonomische Aspekte.
- 3 Herstellung der Außenkontur
- 3.1 Bestimmen Sie die Koordinaten für die Punkte P1 bis P6 und tragen Sie diese in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt 3 ein. 3,0
Dokumentieren Sie die Berechnungen für die Konturpunkte, die nicht direkt aus der Zeichnung entnommen werden können.
- 3.2 Ein großer Teil der Werkstückoberseite wird in einer Schruppbearbeitung um 5 mm mit dem Werkzeug T1 abgetragen. Für die nachfolgende Feinbearbeitung des Konturzuges (P1 bis P6) ist eine Bearbeitungszugabe von 2 mm vorzusehen. 2,5
Bestimmen Sie unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten die Schnittaufteilung für den Arbeitsgang Schruppen. Dokumentieren Sie die Schnittaufteilung maßstabsgerecht in der Zeichnung auf dem Arbeitsblatt 1. Kennzeichnen Sie die Reihenfolge, in der die Flächen abgetragen werden, mit aufsteigenden Ziffern (1, 2, 3 ..).
- 4 Die Vorbearbeitung gemäß Aufgabe 3.2 ist beendet und das Werkzeug befindet sich im Punkt P0 mit den Koordinaten X330; Y-130; Z-5. 4,0
Entwickeln Sie für das Werkzeug T1 den Programmteil für die Fertigbearbeitung der Kontur P1 bis P6 in einem Konturzug und stellen Sie den Programmablauf auf dem Arbeitsblatt 3 dar.
Hinweis: Nicht berechnete Punkte aus Aufgabe 3.1 ersetzen Sie durch geeignete Platzhalter (z. B. P1X).
- 5 Die Befestigungsbohrungen $\varnothing 17,5$ mm sollen mit einem Teilkreisbohrzyklus hergestellt werden. Die Bohrungen sind zentriert, das Werkzeug T4 ist aufgenommen und alle erforderlichen technologischen Daten sind programmiert. Das Werkzeug steht im Werkzeugwechsellpunkt. 2,0
Erstellen Sie auf dem Arbeitsblatt 3 den Programmabschnitt zur Herstellung der Bohrungen ohne Vorbohren.
- 6 Produktivitätssteigerung 3,5
Die Produktionsmenge der vorhandenen CNC-Maschine soll durch die Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit gesteigert werden.
Nennen Sie 2 Einflussgrößen, durch welche die Vorschubgeschwindigkeit erhöht werden kann. Bewerten Sie diese Einflussgrößen unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten.



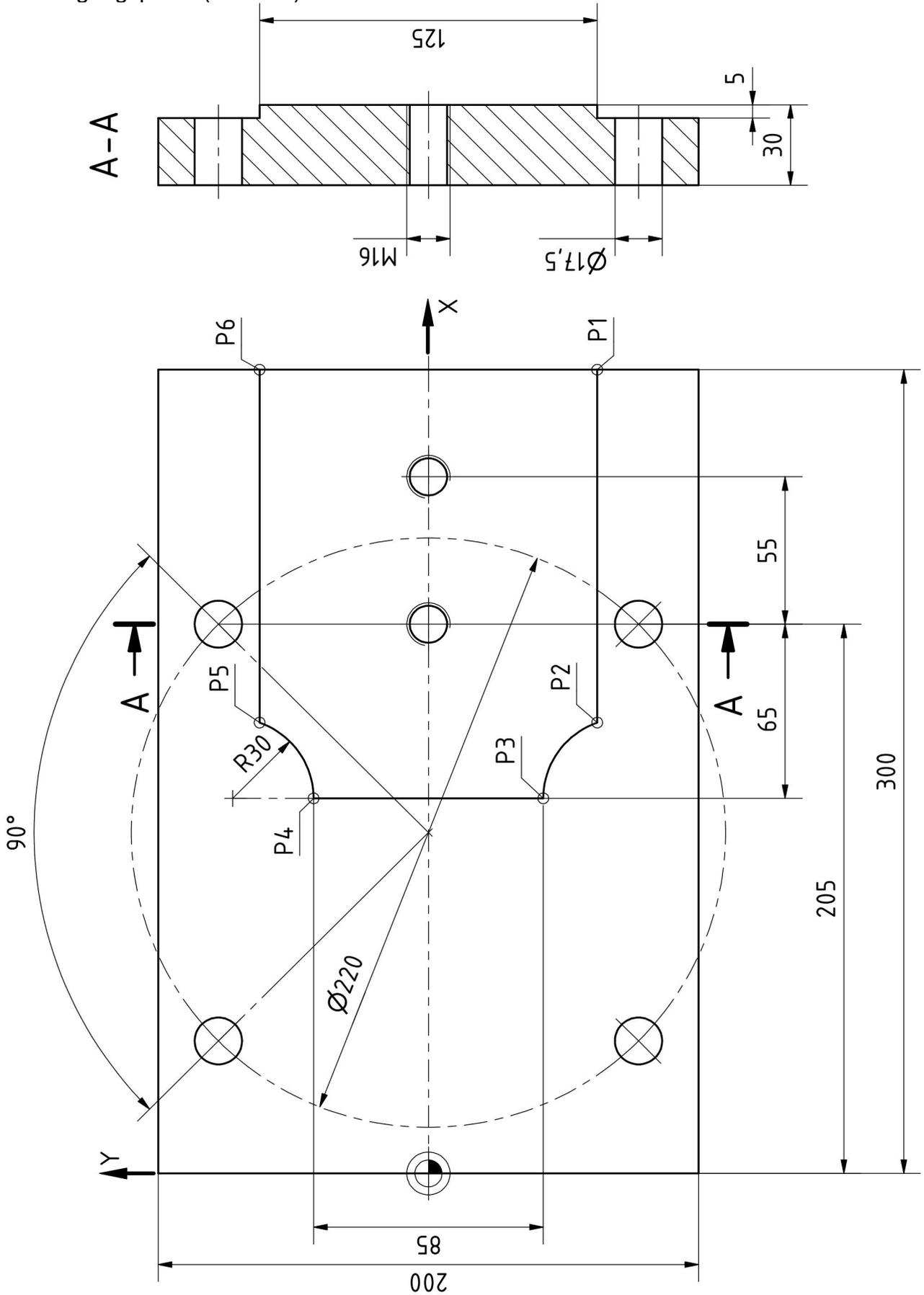
Die Schnabel GmbH erhält eine Lieferung über 15 Antriebsmotoren zu je 1661 €. Um das Skonto des Lieferanten ausschöpfen zu können, muss das Kontokorrentkonto für 6 Tage in Anspruch genommen werden.

- | | | |
|-----|--|-----|
| 7 | Nennen Sie Vor- und Nachteile des Kontokorrentkredits (insgesamt vier Nennungen). | 2,0 |
| 8 | Durch den Ausfall einer CNC-Drehmaschine wird eine Ersatzinvestition in Höhe von 200.000 € fällig. Gehen Sie von einem Jahreszinssatz von 6% und einer Tilgung von 8% im ersten Jahr aus. | |
| 8.1 | Führen Sie die Finanzierung über ein Annuitätendarlehen beispielhaft für die ersten drei Jahre durch. | 3,0 |
| 8.2 | Beurteilen Sie, welche Konsequenzen sich im Hinblick auf die Liquiditätsbelastung für die Schnabel GmbH ergeben würden, wenn diese die CNC-Drehmaschine über ein Ratendarlehen oder ein Fälligkeitsdarlehen finanzieren würde. | 3,0 |
| 9 | Erklären Sie kurz die Sicherungsübereignung als Instrument der Kreditsicherung und nennen Sie zwei Vorteile für den Kreditnehmer. | 2,0 |



Arbeitsblatt 1

Befestigungsplatte (S235JR)





Arbeitsblatt 2

zu Aufgabe 4.1 Technologische Daten

,0

Werkzeug	Arbeitsschritt	d in mm	z	v_c in m/min	a_p in mm	f bzw. f_z in mm	n in min-1	v_f in mm/min
T1	Schaftfräser (Schruppen)	40	12	50	5	0,15		
T1	Schaftfräser (Schlichten)	40	12	80	5	0,05	637	382
T2	NC-Anbohren	20	-	40	-	0,25	637	159
T3	Wendelbohrer		-		-			
T4	Wendelbohrer	17,5	-	40	-	0,25	728	182
T5	Gewindebohrer	M16	-	40	-			

Die Gewindebohrungen werden mit den Werkzeugen T3, T4 und T5 hergestellt.

zu Aufgabe 4.2: Arbeitsplan

Nr.	Arbeitsschritt	Werkzeug



Lösungsvorschläge

1 Technologische Daten

3,0

Werkzeug	Arbeitsschritt	d in mm	z	v _c in m/min	a _p in mm	f bzw. f _z in mm	n in min ⁻¹	v _f in mm/min
T1	Schaftfräser (Schruppen)	40	12	50	5	0,15	398	716
T1	Schaftfräser (Schlichten)	40	12	80	5	0,05	637	382
T2	NC-Anbohren	20	-	40	-	0,25	637	159
T3	Wendelbohrer	14	-	40	-	0,25	909	227
T4	Wendelbohrer	17,5	-	40	-	0,25	728	182
T5	Gewindebohrer	M16	-	40	-	2	796	1592

Werkzeug T1: Schaftfräser (Schruppen)

$$- v_c = \pi \cdot n \cdot d \rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{50 \text{ m/min}}{\pi \cdot 40 \text{ mm}} = 398 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,15 \text{ mm} \cdot 12 \cdot 398 \frac{1}{\text{min}} = 716 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Werkzeug T3 Wendelbohrer

- M16 (Zeichnung) benötigt Kernlochbohrer Ø=14mm (→ [EuroTabM] „Gewinde“)
- v_c = 40 m/min (HSS-Spiralbohrer in Stahl mit niedriger Festigkeit) oder
- v_c = 90 m/min (HM-Bohrer in Stahl mit niedriger Festigkeit)
- f = 0,25mm/Umdrehung (→ [EuroTabM] „Bohren Schnittdaten“)

$$- v_c = \pi \cdot n \cdot d \rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{40 \text{ m/min}}{\pi \cdot 14 \text{ mm}} = 909 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f \cdot n = 0,25 \text{ mm} \cdot 909 \frac{1}{\text{min}} = 227 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Werkzeug T5 Gewindebohrer

- f = 2 mm = Steigung P eines Gewindes M16 (→ [EuroTabM] „Gewinde“)
- v_c = π · n · d → n = $\frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{40 \text{ m/min}}{\pi \cdot 16 \text{ mm}} = 796 \frac{1}{\text{min}}$
- v_f = f · n = 2 mm · 796 $\frac{1}{\text{min}} = 1592 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$

2 Arbeitsplan

2,0

Nr.	Arbeitsschritt	Werkzeug
1	Abräumen der Fläche mit Schlichtaufmaß zur Kontur	T1
2	Schlichten der Kontur P1..P6	T1
3	Zentrieren der Bohrungen Ø17,5 (auf Teilkreis)	T2
4	Zentrieren der Gewinde M16	T2
5	Bohren Ø17,5	T4
6	Kernloch Ø14 bohren für Gewinde M16	T3
7	Gewinde M16 bohren	T5



3 Außenkontur

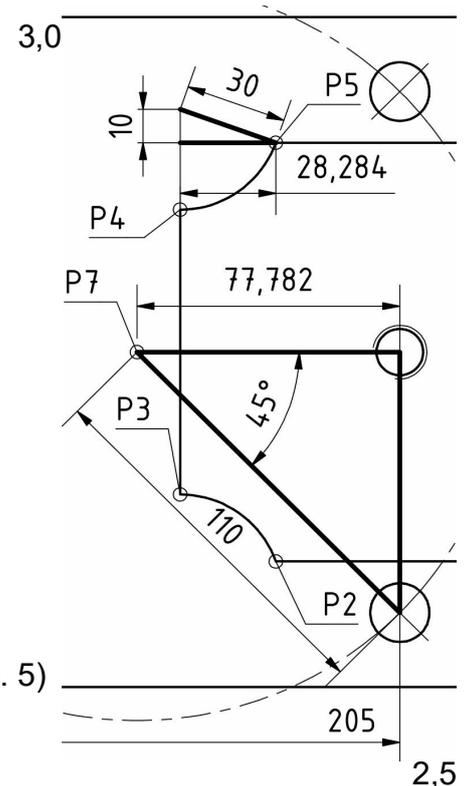
3.1 Koordinatenplan für P1 .. P6 (Maße in mm)

Punkt	X	Y	Z	I	J
P0	330	-130	-5		
P1	300	-62,5	-5		
P2	168,284	-62,5	-5	-28,284	-10
P3	140	-42,5	-5		
P4	140	+42,5	-5		
P5	168,284	+62,5	-5	0	+30
P6	300	62,5	-5		
P7	127,218	0			

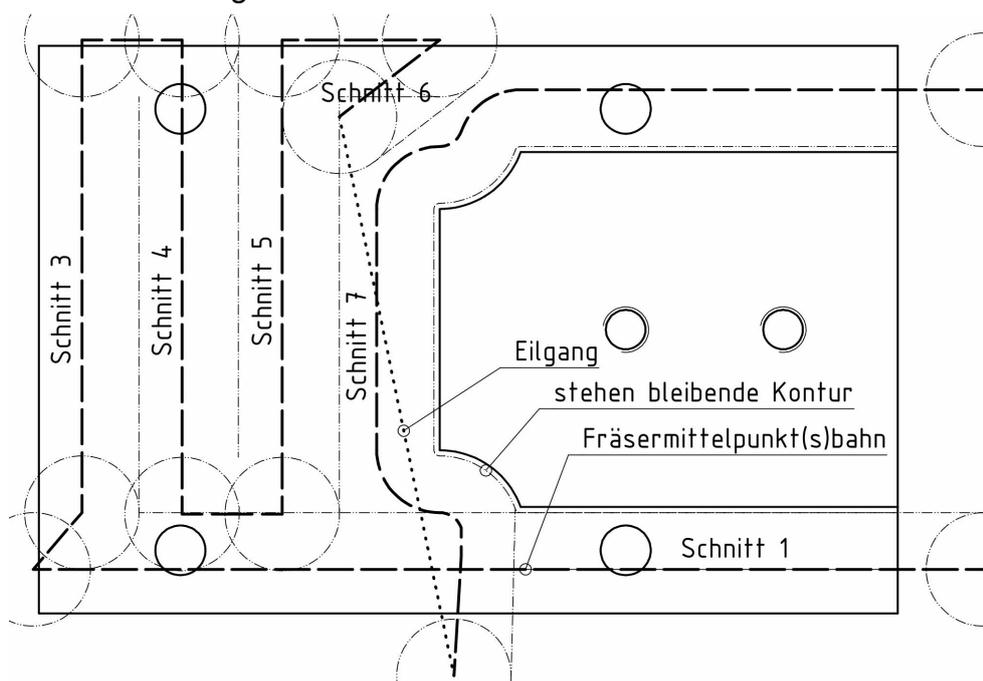
$$I_2 = -\sqrt{30^2 - \left(30 - \frac{125-85}{2}\right)^2} \text{ mm}$$

$$X_2 = X_3 - I_2$$

$$X_7 = \left(205 - \frac{220}{2} \cdot \sin 45^\circ\right) \text{ mm (Mittelpunkt des Teilkreises für Aufg. 5)}$$



3.2 Schnittaufteilung



Die Schnittaufteilung ist auch anders möglich.

Wichtig sind: Schichtaufmaß 2mm und die Kontur mit Radien beachten, möglichst gleichmäßige Schnittbreite deutlich unterhalb des Werkzeugdurchmessers, bearbeiten von außen nach innen.

Weniger wichtig sind: Bearbeitungszeiten (möglichst kurze Wege), Fräsrichtung (Gleichlauf), technisch optimale Schnittbreiten, Details der Darstellung (Fräserkontur und -mittelpunktbahn dienen hier nur der Visualisierung)



4 Konturzug (PAL 2007)

4,0

N			X	Y	Z	..	..	..	Bemerkung
N090	G00		X330	Y-130	Z-5				; P0
N100	G41	G45	X300	Y-62,5		D2			; P1 mit Bahnkorrektur tangential Anfahren
N110	G01		X168,284	Y-62,5					; P2
N120	G03		X140	Y-42,5		R+30			; P3
N130	G01		X140	Y+42,5					; P4
N140	G03		X168,284	Y+62,5		R+30			; P5
N150	G01		X330	Y+62,5					; P6
N160	G40								
N170	G00				Z100				; P0

5 Bohrungen Ø17,5 mit Teilkreiszyklus (PAL 2007)

2,0

N			X	Y	Z	..	..	..	Bemerkung
N240	G00		X127,218	Y0	Z2				; Teilkreismitelpunkt
N250	G81				ZA-36		V2		; Bohrzyklus
N260	G77	I0		J0		R110	AN45	AI90	O4 ; Zyklusaufruf Teilkreis

Berechnung des Teilkreismitelpunktes siehe Lösungsvorschlag zu Aufgabe 3.1

6 Eine höhere Vorschubgeschwindigkeit erreicht man nach $v_f = f_z \cdot z \cdot n$ mit

3,5

- höherer Drehzahl n. Diese hat Einfluss auf
 - Maschinenleistung (steigt → höhere Kosten)
 - Schnittkraft (sinkt → genauer, niedrigerer Energieverbrauch)
 - Standzeit des Werkzeuges (sinkt → höhere Kosten)
 - Kühlbedarf (steigt → steigende Kosten)
- größere Zähnezahl erfordert größere Werkzeuge (Kosten) und ist nur möglich, wenn die Werkstückgeometrie dies zulässt
- höheren Vorschub f_z je Zahn kann man wählen, wenn man in Kauf nimmt
 - eine schlechtere Oberflächenqualität des Werkstückes (Funktion?)
 - einen weicheren Werkstoff des Werkstückes (Funktion, Kosten?)
 - einen härteren Werkstoff des Schneidstoffes (Kosten, Verträglichkeit?)
 - niedrige Standzeit des Werkzeuges (Kosten)

7 und folgende fehlen

CNC (20 P): Schnitt- und Einstelldaten; Arbeitsplan; Koordinaten; Schnittaufteilung zum Schruppen; Kontur; Bohren mit Teilkreiszyklus; Technikfrage: Vorschubgeschwindigkeit



tgtn HP 2007/08-1: Hubgerät HG500

Alle Aufgaben beziehen sich auf das nachfolgend skizzierte Unternehmen.

Die Firma Kevin Klein e. K. ist eine mittelständische Unternehmung im süddeutschen Raum, die sich auf die Herstellung von Hubgeräten für individuelle Transporte spezialisiert hat.

Des Weiteren konzipiert die Kevin Klein e. K. auch Sonderlösungen als Serviceleistungen für besonders gute Kunden. Zur besseren Auslastung der CNC-Fräsmaschine werden in geringem Umfang auch Lohnarbeiten durchgeführt

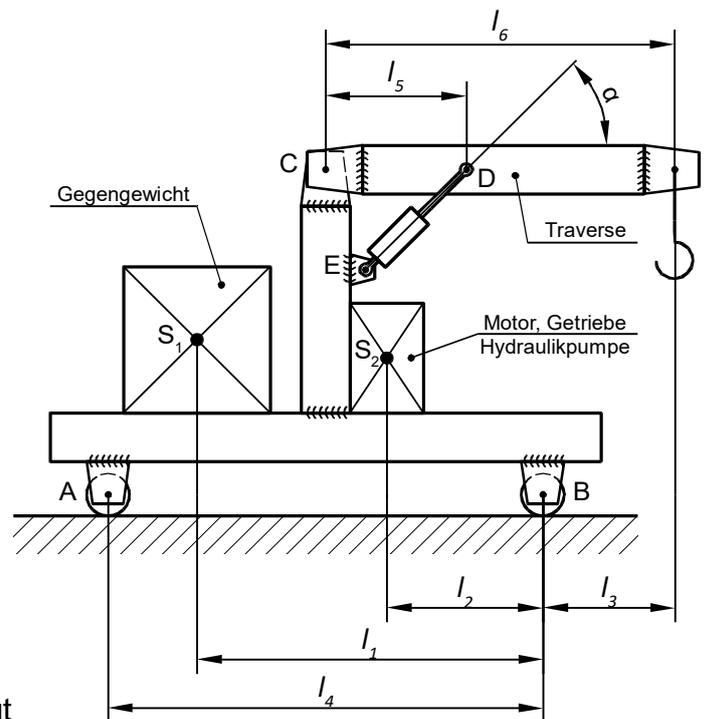
Momentan beschäftigt die Unternehmung 93 Mitarbeiter.

Der Umsatz der Unternehmung hat sich durch verstärkte Nachfrage aus dem asiatischen Raum derart erhöht, dass der Inhaber eine betriebliche Expansion verbunden mit einer Umfirmierung plant.

Aufgabe 1 (Pflichtaufgabe)

Hubgerät HG500 (unmaßstäbliche Skizze)

$l_1 = 1650 \text{ mm}$	$l_4 = 2000 \text{ mm}$	$\alpha = 45^\circ$
$l_2 = 750 \text{ mm}$	$l_5 = 500 \text{ mm}$	$F_{G1} = 3 \text{ kN}$
$l_3 = 500 \text{ mm}$	$l_6 = 1500 \text{ mm}$	$F_{G2} = 1 \text{ kN}$



1 Kräfte am Hubgerät

Das gesamte Hubgerät (ohne Gegengewicht) hat seinen Schwerpunkt in S_2 . Ein aufgelegtes Gegengewicht besitzt in S_1 seinen Schwerpunkt. Am Lasthaken hängt eine Last mit der Gewichtskraft $F_{G3} = 5000 \text{ N}$.

- 1.1 Schneiden Sie das Hubgerät frei. 2,0
- 1.2 Berechnen Sie die Achskräfte F_A und F_B . 2,0
- 1.3 Bei welcher angehängten Grenzlast F_{G4} kippt das Hubgerät? 3,0
- 1.4 Auf Kundenwunsch soll das Hubgerät bis zu einer Grenzlast von $F_{G5} = 20 \text{ kN}$ eingesetzt werden können. 4,0

Berechnen Sie das Maß x , um welches die Achse B versetzt werden muss. Dabei wird angenommen, dass die Lage der Schwerpunkte unverändert bleibt.

2 Kräfte und Momente an der Traverse

Für die weitere Berechnung wird eine Grenzlast von $F_{G4} = 11 \text{ kN}$ angenommen.

- 2.1 Berechnen Sie die Kräfte in den Lagerpunkten C und D der Traverse. 3,0
- 2.2 Berechnen Sie das maximale Biegemoment in der Traverse. 2,0
- 2.3 Die Traverse soll als schmaler Doppel-T-Träger (S275) ausgeführt werden. Beachten Sie eine 3,5-fache Sicherheit gegen plastische Verformung infolge Biegebeanspruchung. ... Geben Sie den erforderlichen Träger normgerecht an. 2,0



3 Zylinder und Zylinderbefestigungen

- 3.1 Ermitteln Sie für die Zylinderkraft F_D (Annahme $F_D = 50 \text{ kN}$) einen geeigneten Zylinder aus der Tabelle. Dabei darf ein Maximaldruck im System von 150 bar und eine zulässige Druckspannung in der Kolbenstange von 100 N/mm^2 nicht überschritten werden. 4,0

Der Zylinderwirkungsgrad beträgt 85%. Bewerten Sie ihr Ergebnis.

	Zylinder 1	Zylinder 2	Zylinder 3	Zylinder 4
Kolbendurchmesser d_1	50 mm	63 mm	80 mm	100 mm
Kolbenstangendurchmesser d_2	36 mm	45 mm	56 mm	70 mm

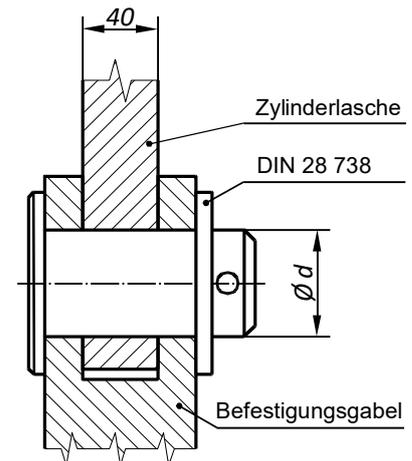
Konstruktive Lösung der Bolzenverbindung Zylinder - Traverse am Lager D :

- 3.2 Wählen Sie den geeigneten Bolzendurchmesser d (C60E) für die Aufnahme der Kolbenstange im Punkt D. 3,5

Die zulässige Flächenpressung beträgt 60 N/mm^2 . Die geforderte Sicherheit gegen Abscheren beträgt 4.

- 3.3 Beschreiben Sie in Stichworten die Ermittlung der Nennlänge l des Bolzens. 2,0

- 3.4 Bestimmen Sie die Nennlänge l und geben Sie die normgerechte Bezeichnung für den verwendeten Bolzen an. Zylinderlasche und Befestigungsgabel sind aus dem gleichen Werkstoff hergestellt. 2,5



4 Antrieb der Hydraulikpumpe

- 4.1 Der Elektromotor besitzt einen Wirkungsgrad von 91% und das Getriebe setzt 90% Energie um. Die Verluste der Hydraulikpumpe belaufen sich auf 10% und die des Zylinders auf 15%. Zeichnen Sie für diese Anlage ein Blockschaltbild und berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad. 2,0

- 4.2 Welche Leistung muss der Elektromotor aufnehmen, wenn der Zylinder mit der Geschwindigkeit 30 mm/s ausfährt und mit $F_D = 50 \text{ kN}$ belastet ist? 2,0

5 Verbrennungsmotor als Antrieb

Der Elektromotor wird durch einen Verbrennungsmotor, welcher mit einem Methan-Luft-Gemisch betrieben wird, ersetzt. Dieser arbeitet wie ein Otto-Motor (Gleichraumverbrennung) und wird näherungsweise mit den Stoffwerten von Luft berechnet.

- 5.1 Zeichnen Sie das p-V-Diagramm (nicht maßstäblich) mit idealisierten Zustandsänderungen und nummerieren Sie die Übergangspunkte aufsteigend, beginnend mit der Verdichtung. 2,0

- 5.2 Tragen Sie in das p-V-Diagramm ein: Q_{zu} , Q_{ab} , W_{zu} , W_{ab} , W_{nutz} . Darstellbare Flächen sind zu schraffieren. 2,0

- 5.3 Der Motor verdichtet im Verhältnis 9:1. Berechnen Sie den Verdichtungsdruck p_2 , sowie die Verdichtungstemperatur t_2 (in $^{\circ}\text{C}$) bei folgenden Motordaten: $V_1 = 500 \text{ cm}^3$; $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$; $p_1 = 0,9 \text{ bar}$. 2,0

$\Sigma = 40$



Formelsammlung

1 Erster Hauptsatz der Wärmelehre

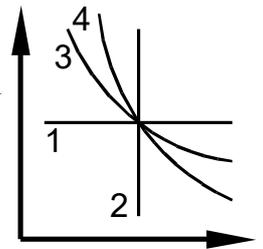
$$\Delta Q + \Delta W = \Delta U$$

→ Im Kreisprozess gilt: $\Sigma \Delta Q + \Sigma \Delta W = \Sigma \Delta U$

2 Allgemeines Gasgesetz

$$p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T$$

3 Zustandsänderungen idealer Gase



1 Isobar	$Q_{12} = c_p \cdot m \cdot \Delta T$	$W_{12} = -p \cdot \Delta V$	$p = konst.$ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
2 Isochor	$Q_{12} = c_v \cdot m \cdot \Delta T$	$W_{12} = 0$	$V = konst.$ $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$
3 Isotherm	$Q_{12} = -W_{12}$	$W_{12} = -m \cdot R_i \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}$ $W_{12} = -m \cdot R_i \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2}$	$T = konst.$ $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$
4 Adiabate	$Q_{12} = 0$	$W_{12} = -\frac{m \cdot R_i}{1 - \kappa} \cdot (T_2 - T_1)$ $W_{12} = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{1 - \kappa} \cdot \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa - 1} - 1 \right]$ $W_{12} = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{1 - \kappa} \cdot \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 1 \right]$	$p \cdot V^\kappa = konst.$ $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa - 1}$

4 Formelzeichen und Einheiten

Q	Wärmemenge [J] 1 J = 1 Ws = 1 Nm	W	Arbeit [J] 1 J = 1 Ws = 1 Nm	T	Absolute Temperatur [K]
q	Spez. Wärmemenge [J/kg]	w	Spez. Arbeit [J/kg]	m	Masse des Gases [kg]
Q ₁₂	Wärmeumsatz bei Zustandsänderung von Zustand 1 nach Zustand 2	W ₁₂	Arbeitsumsatz bei Zustandsänderung von Zustand 1 nach Zustand 2	R _i	Spezifische Gaskonstante für Gas i [J/kgK]
κ	Adiabatenexponent $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$	c _p	Spez. Wärmekapazität bei konstantem Druck [J/kgK]	c _v	Spez. Wärmekapazität bei konstantem Volumen [J/kgK]
U	Innere Energie [J]	V	Volumen [m ³]	p	Druck [1 Pa = 1 N/m ²]

5 Wirkungsgrade

Wirkungsgrad allgemein	Thermischer Wirkungsgrad	Carnot-Wirkungsgrad
$\eta = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}}$	$\eta_{th} = 1 - \frac{|Q_{ab}|}{Q_{zu}} = \frac{|W_{nutz}|}{Q_{zu}}$	$\eta_c = 1 - \frac{T_{min}}{T_{max}}$

6 Ausgewählte Tabellenwerte

Gas	c _p [J/kgK]	c _v [J/kgK]	R _i [J/kgK]
Kohlendioxid	844	655	189
Luft	1005	718	287
Sauerstoff	917	658	260
Stickstoff	1038	741	297



Lösungsvorschlag

1 Kräfte am Hubgerät

1.1 Lageskizze des Hubgerätes siehe rechts

$$1.2 \quad \Sigma M_B = 0 = -F_A \cdot l_4 + F_{G1} \cdot l_1 + F_{G2} \cdot l_2 - F_{G3} \cdot l_3 \Rightarrow$$

$$F_A = \frac{+F_{G1} \cdot l_1 + F_{G2} \cdot l_2 - F_{G3} \cdot l_3}{l_4} = \frac{3 \text{ kN} \cdot 1650 \text{ mm} + 1 \text{ kN} \cdot 750 \text{ mm} - 5 \text{ kN} \cdot 500 \text{ mm}}{2000 \text{ mm}} = 1,6 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_A - F_{G1} - F_{G2} + F_B - F_{G3} \Rightarrow$$

$$F_B = -F_A + F_{G1} + F_{G2} + F_{G3} = -1,6 \text{ kN} + 3 \text{ kN} + 1 \text{ kN} + 5 \text{ kN} = 7,4 \text{ kN}$$

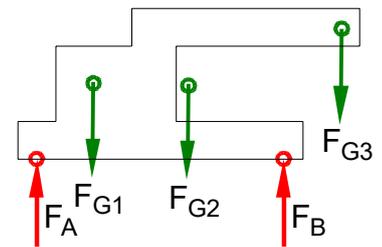
1.3 Kippbedingung: $F_A = 0$, $F_{G3\max}$ = unbekannt

$$\Sigma M_B = 0 = +F_{G1} \cdot l_1 + F_{G2} \cdot l_2 - F_{G3\max} \cdot l_3 \Rightarrow$$

$$F_{G3\max} = \frac{+F_{G1} \cdot l_1 + F_{G2} \cdot l_2}{l_3} = \frac{3 \text{ kN} \cdot 1650 \text{ mm} + 1 \text{ kN} \cdot 750 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} = 11,4 \text{ kN}$$

$$1.4 \quad \Sigma M_B = 0 = +F_{G1} \cdot (l_1 + x) + F_{G2} \cdot (l_2 + x) - F_{G5} \cdot (l_3 - x) \Rightarrow$$

$$x = \frac{-F_{G1} \cdot l_1 - F_{G2} \cdot l_2 + F_{G5} \cdot l_3}{F_{G1} + F_{G2} + F_{G5}} = \frac{-3 \text{ kN} \cdot 1650 \text{ mm} - 1 \text{ kN} \cdot 750 \text{ mm} + 20 \text{ kN} \cdot 500 \text{ mm}}{3 \text{ kN} + 1 \text{ kN} + 20 \text{ kN}} = 179 \text{ mm}$$



2 Kräfte und Momente an der Traverse

2.1 Lageskizze der Traverse siehe rechts

$$\Sigma M_C = 0 = F_{Dy} \cdot l_5 - F_{G4} \cdot l_6 \Rightarrow F_{Dy} = F_{G4} \cdot \frac{l_6}{l_5} = 11 \text{ kN} \cdot \frac{1500 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} = 33 \text{ kN}$$

$$F_D = \frac{F_{Dy}}{\sin \alpha} = \frac{33 \text{ kN}}{\sin 45^\circ} = 46,7 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Cx} + F_{Dx} \Rightarrow F_{Cx} = -F_D \cdot \cos \alpha = -46,7 \text{ kN} \cdot \cos 45^\circ = -33 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Cy} + F_{Dy} - F_{G4} \Rightarrow F_{Cy} = -F_{Dy} + F_{G4} = -33 \text{ kN} + 11 \text{ kN} = -22 \text{ kN}$$

$$F_C = \sqrt{F_{Cx}^2 + F_{Cy}^2} = \sqrt{(-33 \text{ kN})^2 + (-22 \text{ kN})^2} = 39,7 \text{ kN}$$

$$\alpha_C = \arctan \frac{F_{Cy}}{F_{Cx}} = \arctan \frac{-22 \text{ kN}}{-33 \text{ kN}} = 33,7^\circ$$

$\alpha_C = 33,7^\circ$ nach links unten gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_C = 213,7^\circ$ gegen die positive x-Achse

$$2.2 \quad M_b = |-F_{G4} \cdot (l_6 - l_5)| = 11 \text{ kN} \cdot (1500 - 500) \text{ mm} = 11 \text{ kNm}$$

$$2.3 \quad R_e = 275 \text{ N/mm}^2 \text{ (aus der Bezeichnung oder } \rightarrow \text{ [EuroTabM] „Baustähle, unlegierte“)}$$

$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e \text{ (} \rightarrow \text{ [EuroTabM] „Biegebeanspruchung“)}$$

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

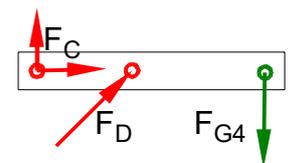
$$\frac{\sigma_{bF}}{\sqrt{v}} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{b\max}}{W} \Rightarrow$$

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{\sqrt{v}} = \frac{330 \text{ N/mm}^2}{3,5} = 94,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{\text{erf}} = \frac{M_{b\max}}{\sigma_{bzul}} = \frac{11 \text{ kNm}}{94,3 \text{ N/mm}^2} = 116,7 \text{ cm}^3$$

Gewählt: mittelbreites I-Profil DIN 1025 – S275 – IPE 180 mit $W_x = 146 \text{ cm}^3$

(\rightarrow [EuroTabM] „DIN 1025“ oder „IPE-Träger“)





3 Zylinder und Zylinderbefestigungen

3.1 Berechnung des Kolbendurchmessers d_1

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{\text{lerf}} = \frac{F}{p \cdot \eta} = \frac{50 \text{ kN}}{150 \text{ bar} \cdot 0,85} = \frac{50000 \text{ N}}{150 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 0,85} = 39,2 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d_{\text{lerf}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{lerf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 39,2 \text{ cm}^2}{\pi}} = 70,7 \text{ mm}$$

Gewählt: Zylinder 3 mit Kolben \varnothing $d_1 = 80 \text{ mm}$ und Kolbenstangen \varnothing $d_2 = 56 \text{ mm}$.

Kontrolle der Druckspannung:

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (80 \text{ mm})^2 = 5026 \text{ mm}^2$$

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow F = p \cdot A_1 = 150 \text{ bar} \cdot 5026 \text{ mm}^2 = 150 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 50,3 \text{ cm}^2 = 75,4 \text{ kN}$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (56 \text{ mm})^2 = 2463 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{zul}} = 100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \geq \sigma_d = \frac{F}{A} = \frac{75,4 \text{ kN}}{2463 \text{ mm}^2} = 30,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Die zulässige Druckspannung wird nicht überschritten.

Die Kraft wurde ohne den Wirkungsgrad berechnet, da nicht bekannt ist, wie viel von ihm auf die Kolbenstange entfällt. Ohne Wirkungsgrad liegt man auf der sicheren Seite.

3.2 Erforderlicher Durchmesser gegen Flächenpressung

$$p_{\text{zul}} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F}{p_{\text{zul}}} = \frac{75,4 \text{ kN}}{60 \text{ N/mm}^2} = 1256,5 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot s \Rightarrow d_{\text{erf}} = \frac{A}{s} = \frac{1256,5 \text{ mm}^2}{40 \text{ mm}} = 31,4 \text{ mm}$$

Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren

$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e$ (\rightarrow [EuroTabM] „Abscherung, Beanspruchung“))

$R_e = 340 \text{ N/mm}^2$ (C60 \rightarrow [EuroTabM] „Vergütungsstähle“)

$$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 340 \text{ N/mm}^2 = 204 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_{aF}}{V} = \tau_{\text{azul}} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\tau_{\text{azul}} = \frac{\tau_{aF}}{V} = \frac{204 \text{ N/mm}^2}{4} = 51 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{\text{erf}} = \frac{F}{2 \cdot \tau_{\text{azul}}} = \frac{75,4 \text{ kN}}{2 \cdot 51 \text{ N/mm}^2} = 739,2 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{\text{erf}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 739,2 \text{ mm}^2}{\pi}} = 30,6 \text{ mm}$$

Maßgeblich ist der größere Durchmesser, gewählt wird $d = 40 \text{ mm}$.

3.3 Die Nennlänge eines Bolzen mit Kopf setzt sich zusammen aus: Gesamtbreite der Befestigungsgabel + l_e + $d_1 / 2$.

3.4 Für den notwendigen Durchmesser sind in gängigen Tabellenbüchern keine Werte enthalten, deshalb erstelle ich eine Lösung für $d = 24 \text{ mm}$.

Da die Befestigungsgabel aus dem gleichen Werkstoff wie die Zylinderlasche gefertigt ist, müssen ihre Laschen die gleiche Gesamtbreite 40 mm haben.

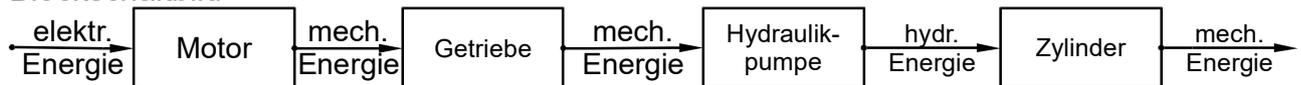
$$l_{\text{min}} = 2 \cdot 40 \text{ mm} + l_e + \frac{d_1}{2} = 80 \text{ mm} + 9 + \frac{6,3 \text{ mm}}{2} = 62,15 \text{ mm}$$

Gewählt: $l = 65 \text{ mm}$



4 Antrieb der Hydraulikpumpe

4.1 Blockschaltbild



Wirkungsgrad

$$\eta_{ges} = \eta_M \cdot \eta_G \cdot \eta_H \cdot \eta_Z = 0,91 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,85 = 0,626$$

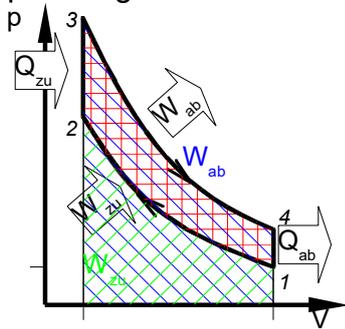
Blockschaltbild und Wirkungsgrad

$$4.2 \quad P_{ab} = F_D \cdot v = 50 \text{ kN} \cdot 30 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 1,5 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_M = \frac{P_{ab}}{\eta_{ges}} = \frac{1500 \text{ W}}{0,626} = 2,4 \text{ kW}$$

5 Verbrennungsmotor als Antrieb

5.1 p-V-Diagramm eines Ottomotors



5.2 siehe oben

$$5.3 \quad \kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{1005 \text{ J/kgK}}{718 \text{ J/kgK}} = 1,40$$

$$\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\kappa-1} \Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa} = 0,9 \text{ bar} \cdot \left(\frac{9}{1}\right)^{1,40} = 19,5 \text{ bar}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\kappa-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa-1} = (273+20) \text{ K} \cdot \left(\frac{9}{1}\right)^{1,40-1} = 706 \text{ K}$$

$$t_2 = (T_2 - 273 \text{ K}) \cdot \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{K}} = (706 \text{ K} - 273 \text{ K}) \cdot \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{K}} = 433 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Statik (14 P): Freimachen mit geg. Baugruppe; Achskräfte; Kippen; Auswirkung einer Maßveränderung; Kräfte;

Festigkeit (12 P): M_{bmax} ; Doppel-T-Träger auf Biegung; Bolzendurchmesser gegen Abscheren und Flächenpressung; Bolzenlänge; ;

SPS (4 P): Zylinder auswählen;

Getriebe (4 P):

Energie (6 P): p, V-Diagramm; Zustandsänderungen



tgtm HP 2007/08-2: Kevin Klein OHG

(Pflichtaufgabe)

Der Cousin von Kevin Klein, Steffen Rombach, der bisher als technischer Leiter angestellt war, konnte im Zuge der geplanten Umfirmierung ein Grundstück einbringen und einen beträchtlichen Barbetrag zur Verfügung stellen. Daher bietet Klein Rombach an, diesen als Gesellschafter aufzunehmen. Rombach ist einverstanden.

Der Gesellschaftsvertrag wird am 25.01.2006 geschlossen. Kevin Klein bringt als Geschäftsanteil 2.480.000 € ein (Eigenkapital aus dem bisherigen Unternehmen) und Rombach bringt ein Grundstück im Wert von 780.000 € ein und leistet eine Bareinlage von 232.000 €.

Am 10.02.2006 teilt Klein seinen Geschäftspartnern mit, dass seine Firma nun unter Kevin Klein OHG weitergeführt wird. Der Handelsregistereintrag erfolgt am 22.02.2006. Im Gesellschaftsvertrag und im Handelsregister wird festgehalten, dass Kevin Klein alleinvertretungsberechtigt ist. Rombach ist von der Vertretung der Gesellschaft ausgeschlossen.

- 1 Nennen Sie vier Gründe, die für die Umwandlung der Kevin Klein e. K. in die Kevin Klein OHG sprechen. (2 P.)
- 2 Rombach ist kaufmännisch nicht vorgebildet. Machen Sie ihm klar, was unbeschränkte persönliche (unmittelbare) und solidarische Haftung besagt. (3 P.)
- 3 Kann Rombach die Haftung für die bei seinem Eintritt in die Gesellschaft bestehenden Verbindlichkeiten ausschließen? Nehmen Sie dazu Stellung! (2 P.)
- 4 Erläutern Sie die Daten 25.01.2006, 10.02.2006 und 22.02.2006 im Hinblick auf die Entstehung der OHG. (3 P.)
- 5 Am 17.02.2006 schließt Rombach im Namen der OHG einen Kaufvertrag über Rohstoffe im Wert von 20.000 € ab. Klein möchte den Vertrag nicht erfüllen. Ist die OHG an den Vertrag gebunden? Begründung! Beurteilen Sie in diesem Zusammenhang auch die rechtliche Situation von Rombach. (3 P.)
- 6 Angenommen, die Kevin Klein OHG macht im Jahr 2006 einen Gewinn von 830.000 €. Wie wird der Gewinn verteilt? Gehen Sie von der gesetzlichen Regelung aus. Bewerten Sie die Gewinnverteilung. Formulieren Sie einen Alternativvorschlag. (5 P.)
- 7 Kevin Klein plant, sich zusätzlich als persönlich haftender Gesellschafter an der Firma Lindel Transportmaschinen OHG zu beteiligen. Stellen Sie die Rechtslage für den Fall dar, dass Rombach diesem Vorhaben nicht zustimmt. (2 P.)

Lösungsvorschlag

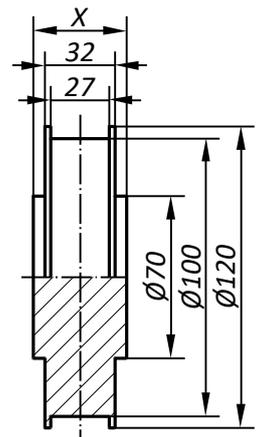
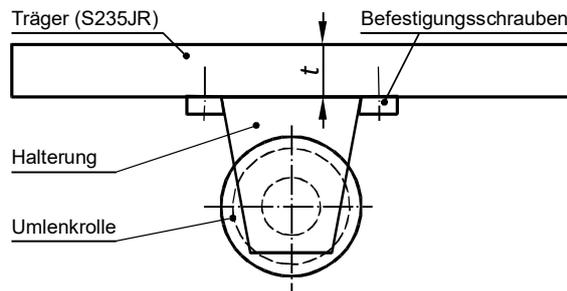
- wird hier nicht ergänzt-



tgtm HP 2007/08-3: Rollenhalterung

(Wahlaufgabe)

Ein Großkunde beauftragt die Kevin Klein OHG mit der Konstruktion einer Rollenhalterung. Eine Halterung mit einer Umlenkrolle soll an einem vorhandenen Träger von unten befestigt werden. Über die Umlenkrolle wird ein Gurt laufen, mit dessen Hilfe Lasten bis 7000 N gehoben werden sollen.



Zur Veranschaulichung wurde die oben stehende Kundenskizze gefaxt.

1 Befestigung der Rollenhalterung

Die Halterung soll mit vier Schrauben der Festigkeitsklasse 6.8 mit metrischem ISO- Gewinde an dem Träger befestigt werden.

1.1 Ermitteln Sie den benötigten Schraubendurchmesser bei einer geforderten Sicherheit von $v = 3$ gegen plastische Verformung. 3,0

1.2 Bestimmen Sie die Mindestdicke t des Trägers für ein Grundlochgewinde, wenn keine Durchgangsbohrung möglich ist. 2,0

Beachten Sie hierbei die Mindesteinschraubtiefe. Geben Sie die Schraube für eine Klemmlänge von 10 mm normgerecht an.

2 Konstruktive Lösungen für die Rollenhalterung

Nach Rücksprache mit der Fertigung liegen folgende Anforderungen vor:

- Verwendung einer geschützten Wälzlagerung
- Achssicherung
- Zusammenhängende und kompakte Halterung
- Kostengünstige Fertigung
- Verwendung von Normteilen

2.1 Beschreiben Sie zwei mögliche Achssicherungen. 2,0

2.2 Erstellen Sie eine unbemaßte Skizze der Halterung, aus welcher der konstruktive Aufbau zu erkennen ist. 3,0

2.3 Bestimmen Sie die Anzahl der benötigten Wälzlager. Ermitteln Sie für eine Lebensdauer von 5000 Stunden und einer Erlebenswahrscheinlichkeit von 90% ein geeignetes Lager bei rein radialer Belastung. Die Drehzahl beträgt 30 1/min. Die Lagerermittlung soll mit Hilfe der dynamischen Tragzahl und der nominellen Lebensdauer erfolgen. Wählen Sie ein geeignetes Wälzlager aus. 3,0

2.4 Wählen Sie einen geeigneten Schutz der Wälzlagerung aus. 1,0

2.5 Ermitteln Sie das Maß x (siehe Kundenskizze). Vervollständigen Sie die Zeichnung im Schnitt auf dem Arbeitsblatt 1 (Maßstab 1:1) mit der ausgewählten Wälzlagerung (Aufg. 3) und dem ausgewählten Wälzlagerschutz (Aufg. 4). Bemaßung ist nicht notwendig.) 4,0

2.6 Tragen Sie in die Zeichnung (Aufg. 2.5) Positionsnummern ein. Ergänzen Sie die Stückliste auf Arbeitsblatt 1. 2,0

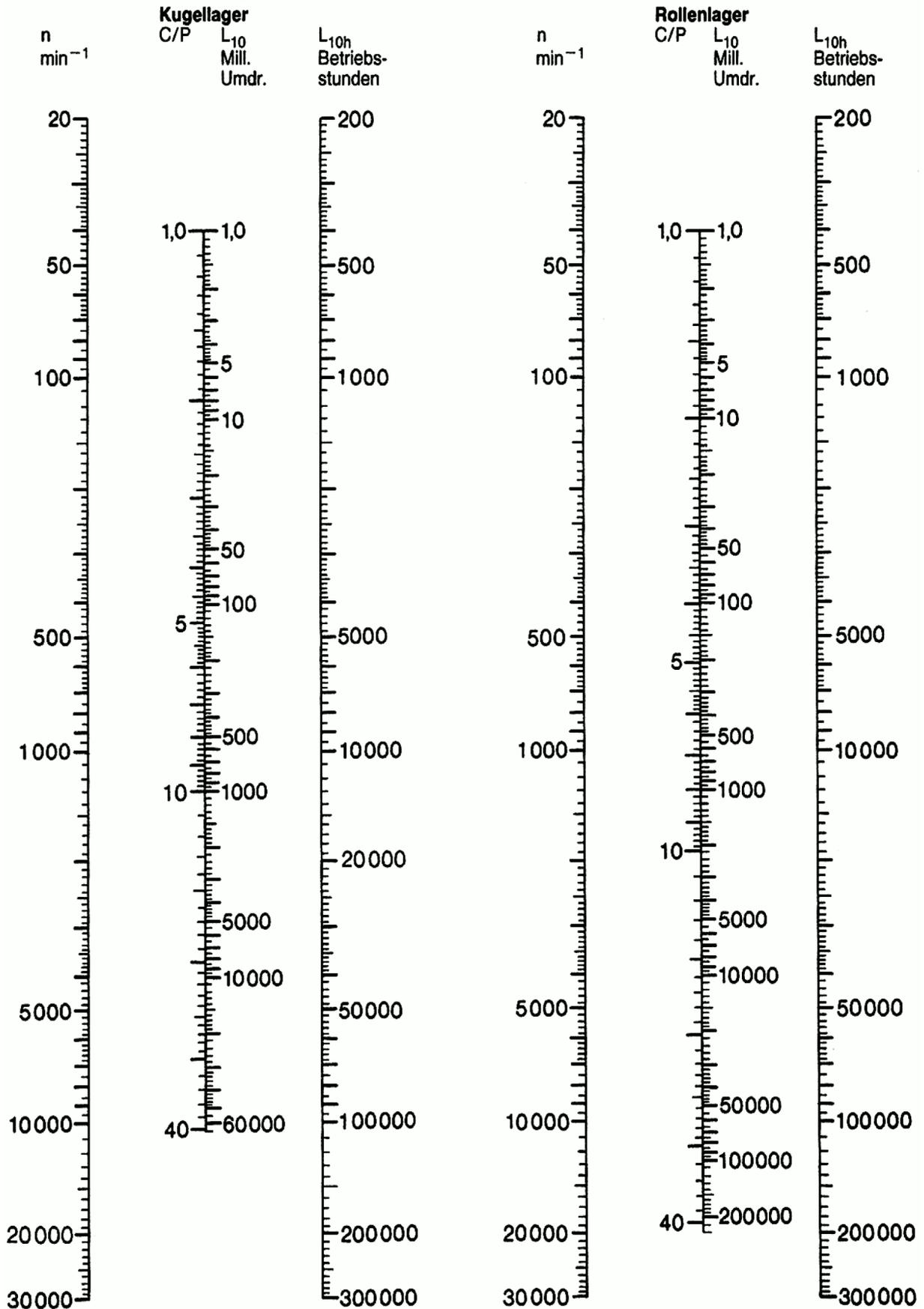


- 3 Bei der Klein OHG sind im letzten Quartal folgende Einzelkosten entstanden:
- Fertigungsmaterial 140.000 €
 - Fertigungslöhne 160.000 €
- 3.1 Vervollständigen Sie den Betriebsabrechnungsbogen (fett umrandete Felder auf Arbeitsblatt 2). 1,5
- 3.2 Ermitteln Sie die Gemeinkostenzuschlagssätze (2 Nachkommastellen). 3,0
- 3.3 Berechnen Sie den Nettoverkaufspreis für die Rollenhalterung mit Hilfe der errechneten Zuschlagssätze und folgender Daten: 3,5
- Fertigungsmaterial 45,00 €
 - Fertigungslöhne 16,30 €/h
 - Fertigungszeit 6 Stunden
 - Kundenskonto 2%
 - Kundenrabatt 5%
 - Gewinnzuschlag 15%
- 3.4 Die Kosten im Bereich Strom und Wasser konnten aufgrund neuer Produktionsverfahren und Wechsel des Stromlieferanten um 40% gesenkt werden. Zeigen Sie anhand Ihrer Kalkulation die Folgen für die Höhe der Gemeinkostenzuschlagssätze und die sich daraus ergebenden betrieblichen Möglichkeiten bezüglich der Preisgestaltung (keine Rechnung). 2,0



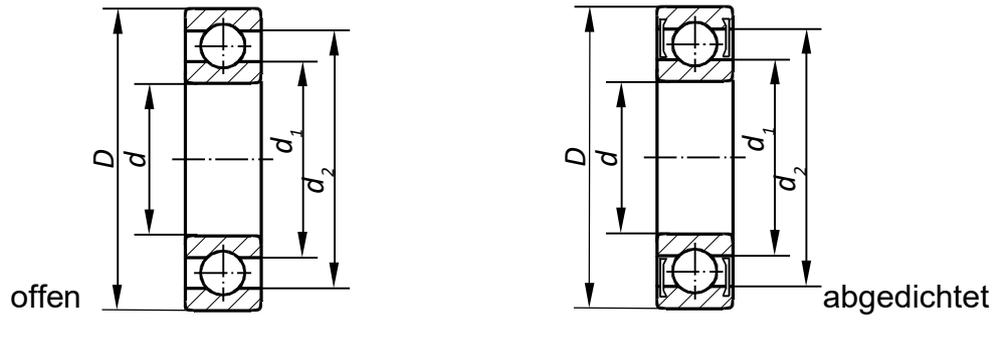
Anlage 1

Leitertafel zur Ermittlung der nominellen Lebensdauer





Anlage 2

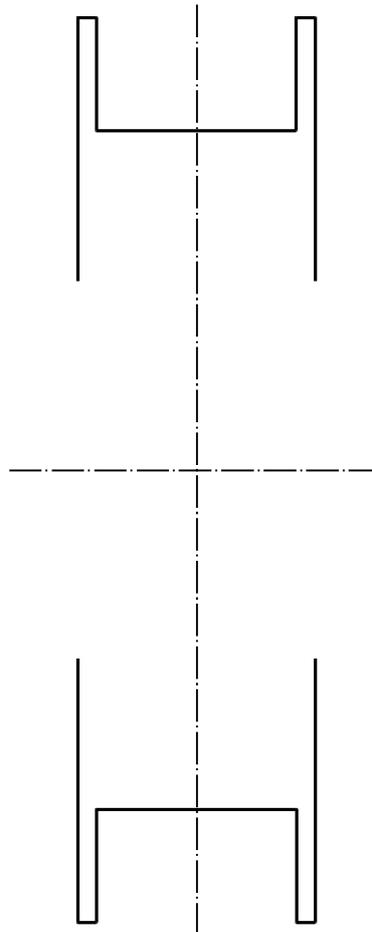


Kurzzzeichen	Masse M in kg	Abmessungen in mm			Tragzahlen	
		d in mm	D in mm	B in mm	Dynamische Tragzahl in N	Statische Tragzahl in N
6204-2Z	0,110	20	47	14	12700	6550
S6204	0,105	20	47	14	12700	6550
S6204-2RS	0,109	20	47	14	12700	6550
62204-2RS	0,139	20	47	18	12700	6550
6304	0,151	20	52	15	16000	7800
6304-2RS	0,155	20	52	15	16000	7800
6304-22	0,155	20	52	15	16000	7600
S6304	0,153	20	52	15	16000	7800
6Z304-2RS	0,209	20	52	21	16000	7600
6404	0,414	20	72	19	29000	16300
16005	0,550	25	47	8	7200	4650
6005	0,810	25	47	12	10000	5850
8005-2RS	0,850	25	47	12	10000	5850
6005-22	0,830	25	47	12	10000	5850
S6005	0,820	25	47	12	10000	5650
S6005-2RS	0,840	25	47	12	10000	5850
6205	0,129	25	52	15	14000	7800
6205-2RS	0,133	25	52	15	14000	7800
6205-22	0,133	26	52	15	14000	7800
S6205	0,129	25	52	15	14000	7800
S6205-2RS	0,133	25	52	15	14000	7800
62205-2RS	0,157	25	52	18	14000	7600
6305	0,234	25	62	17	22400	11400
6305-2RS	0,242	25	62	17	22400	11400
6305-22	0,240	25	62	17	22400	11400
S6305	0,000	25	62	17	22400	11400
S6305-2RS	0,245	25	62	17	22400	11400
6230S-2RS	0,272	25	62	24	22400	11400
6405	0,549	25	80	21	33500	19000
16006	0,820	30	55	9	11200	7350
6011	0,397	55	90	16	28500	21200
6011-2RS	0,410	55	90	18	28500	21200
6011-22	0,409	55	90	18	28500	21200
S6011	0,403	55	90	18	28500	21200
6211	0,618	55	100	21	43000	28000
6211 2RS	0,632	55	100	21	43000	29000
6211-22	0,632	55	100	21	43000	29000
S6211	0,617	55	100	21	43000	29000
6311	1,390	55	120	19	76500	47500
6311-2RS	1,430	55	120	19	76500	47500
6311-22	1,430	55	120	19	76500	47500



Anlage 3

zu Aufgabe 2.5, M1:1:



zu Aufgabe 2.6: Stückliste

Pos.	Anz.	Benennung / Norm	Werkstoff	Halbzeug



Lösungsvorschlag

Festigkeit (5 P): Schraube; Mindesteinschraubtiefe;

Konstruktion (12 P): Achssicherungen; Konstruktionsskizze einer Halterung; Skizze einer Lagerung mit Schutz der Lager, Stückliste und Positionsnummern;

ME (3 P): Wälzlager auswählen

1 Befestigung der Rollenhalterung

- 1.1 Die Umlenkrolle verdoppelt die Kraft auf die Halterung, die sich wiederum auf 4 Schrauben verteilt.

$$F_H = 2 \cdot F_{Last} = 2 \cdot 7000 \text{ N} = 14000 \text{ N}$$

$$F_S = \frac{F_H}{4} = \frac{14000 \text{ kN}}{4} = 3500 \text{ N}$$

Die Festigkeiten des Schraubenwerkstoffes kann man aus der Festigkeitsklasse 6.8 berechnen oder → [EuroTabM] „Festigkeitsklasse“

$$R_m = 6 \cdot 100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$R_e = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Erforderlicher Spannungsquerschnitt der Schraube

$$\frac{\sigma_{zlim}}{\nu} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_e}{\nu} = \frac{480 \text{ N/mm}^2}{3} = 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F}{\sigma_{zzul}} = \frac{3500 \text{ N}}{160 \text{ N/mm}^2} = 21,9 \text{ mm}^2$$

Gewählt: M8 mit S = 36,6 mm² (→ [EuroTabM] „Gewinde“)

Statik und Schraubenauswahl

- 1.2 → [EuroTabM] „Mindesteinschraubtiefe“

Für Schraubenfestigkeit 4.8 .. 6.8 und Werkstofffestigkeit

$R_m = 410 \dots 560 \text{ MPa}$ ($R_{mS235JR}$ → [EuroTabM] „Baustähle“) gilt:

$$l_e = 1,2 \cdot d = 1,2 \cdot 8 \text{ mm} = 9,6 \text{ mm} \quad \text{Gewählt: } (10 \text{ mm})$$

Mit der Klemmlänge $l_k = 10 \text{ mm}$ muss der Schaft der Schraube mind. 19,6 mm lang sein →

Gewählt: Sechskantschraube DIN EN ISO 4014 – M6x20 – 6.8

Gewindeüberstand x mit $P = 1,25 \text{ mm}$ für M8 (→ [EuroTabM] „Gewinde“):

$$x \approx 3 \cdot P = 3 \cdot 1,25 \text{ mm} = 3,75 \text{ mm}$$

Gewindeauslauf e_1 für M8 (→ [EuroTabM] „Gewindeauslauf“):

$$e_1 = 6,2 \text{ mm}$$

Anschnitt l_s (→ [EuroTabM] „Bohren, Hauptnutzungszeit“) für Bohrertyp N mit

Spitzenwinkel = 118° (→ [EuroTabM] „Bohren, Schnittdaten“) und einem

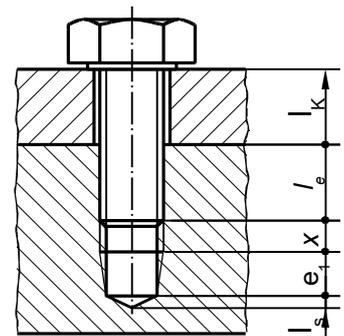
Kernlochbohrer $d = 6,8 \text{ mm}$ (→ [EuroTabM] „Gewinde“) für M8:

$$l_s = 0,3 \cdot d = 0,3 \cdot 6,8 \text{ mm} = 2,04 \text{ mm}$$

Gesamtbohrtiefe:

$$l_{ges} = l_e + x + e_1 + l_s = 10 \text{ mm} + 3,75 \text{ mm} + 6,2 \text{ mm} + 2,04 \text{ mm} = 21,99 \text{ mm}$$

Gewählt: Mindestdicke $t = 25 \text{ mm}$ (lässt Spielraum für die Bohrung)



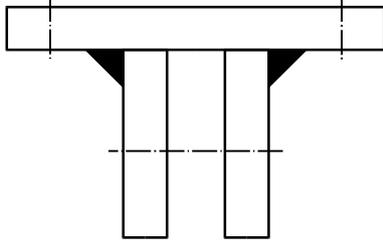


2 Konstruktive Lösungen für die Rollenhalterung

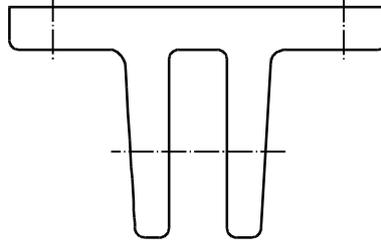
Hinweis 103: Für ein gegebenes Problem gibt es immer mehrere konstruktive Lösungen, und ein konstruktiv unerfahrener TG-Schüler muss unter Zeitdruck keine optimale Lösung finden. Es genügt eine einigermaßen vernünftige Lösung.

2.1 Mögliche Achssicherungen; Bolzen mit Kopf und Splint; Bolzen mit Nut und Sicherungsringen usw.

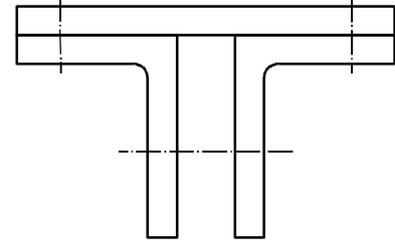
2.2 Schweißkonstruktion



Gusskonstruktion



geschraubt



2.3 Erforderlich sind 2 Lager, auf die sich die Last der Halterung verteilt

$$F_L = \frac{F_H}{2} = \frac{14000 \text{ kN}}{2} = 7000 \text{ N}$$

Die dynamische äquivalente Belastung P bei rein radialer Belastung:

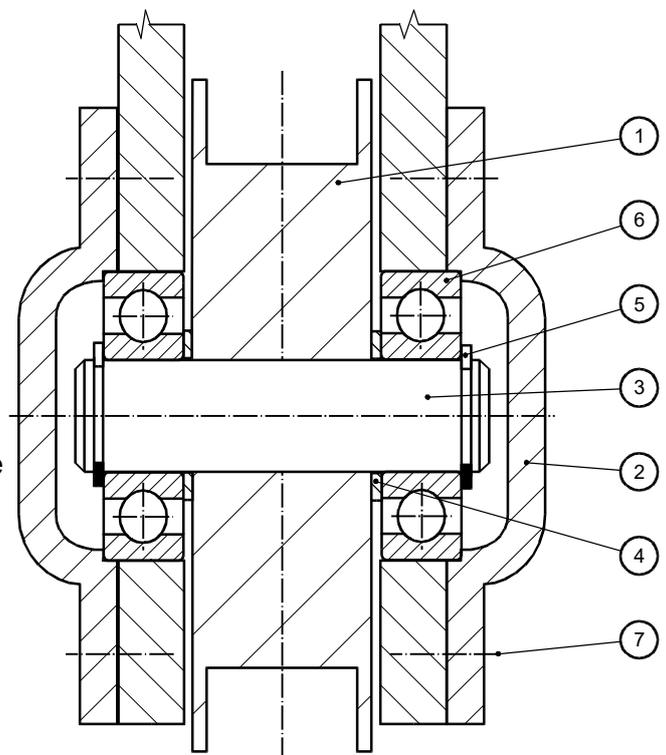
$$P = x \cdot F_r + y \cdot F_a = 1 \cdot 7000 \text{ N} + 0 \cdot 0 \text{ N} = 7000 \text{ N}$$

Aus dem Leiterdiagramm entnimmt man für $n = 30/\text{min}$ und $L_{10h} = 5000 \text{ h}$ das Verhältnis aus dynamischer und äquivalenter Belastung $C/P = 2,1$.

Daraus kann man die erforderliche dynamische Tragzahl C berechnen:

$$\frac{C}{P} = 2,1 \Rightarrow C = P \cdot 2,1 = 7000 \text{ N} \cdot 2,1 = 14700 \text{ N}$$

Gewählt: Rillenkugellager 6403-2RS mit $C = 16000 \text{ N}$ und den Abmessungen:
 $d = 20 \text{ mm}$; $D = 52 \text{ mm}$; $B = 15 \text{ mm}$



2.4 siehe Skizze

2.5 Das Maß x spielt in der Konstruktion keine wesentliche Rolle und wird zu ihrer Vereinfachung auf die Breite der Gurtführung festgelegt $\rightarrow X = 32 \text{ mm}$.

2.6

Pos.	Anz.	Benennung / Norm	Werkstoff	Halbzeug
1	1	Umlenkrolle	S235	Rd 125x34
2	2	Gehäusedeckel	S235	Rd 125x25
3	1	Bolzen	S235	Rd 20x60
4	2	Distanzring	S235	Rd 30x3
5	2	Sicherungsring für Wellen DIN471 – 20x1,2		
6	2	Rillenkugellager 6304-2RS		
7	8	Sechskantschraube ISO 4014 – M6x20	6.8	



tgtm HP 2007/08-4: Grundplatte

(Wahlaufgabe)

Auf einer CNC-Fräsmaschine soll die Grundplatte aus Al 99,5 gemäß gegebener Zeichnung gefertigt werden. (siehe Arbeitsblatt 2)

Folgende Werkzeuge stehen zur Verfügung

Werkzeug T2: Schafffräser, HSS, d = 25 mm, z = 8 Werkzeug

T3: Schafffräser, HSS, d = 8 mm, z = 2

Der Werkzeugwechsellpunkt P0 hat die Koordinaten X-40; Y0; Z100.

- 1 Erläutern Sie zwei Vorteile der Programmierung in G90 gegenüber der Programmierung in G91. 2,0
- 2 Vervollständigen Sie auf dem Arbeitsblatt (fett umrandete Felder) den Arbeitsplan zur Herstellung der Grundplatte durch Rechnung mit den gegebenen Daten. 2,0
- 3 Tragen Sie auf dem Arbeitsblatt die Punkte P1 bis P9 der Außenkontur in die Zeichnung ein. Beginnen Sie mit dem vorgegebenen Punkt P1 und verfahren Sie im Uhrzeigersinn. Vervollständigen Sie auf dem Arbeitsblatt die Koordinatentabelle für die Konturpunkte (Rechengang erforderlich für Konturpunkte, die nicht direkt aus der Zeichnung entnommen werden können). 4,0
- 4 Erstellen Sie ein CNC-Programm für die Fertigung der Außenkontur. 4,0
- 5 Erstellen Sie ein CNC-Programm für die Fertigung der Rechtecktasche und der Nut bei P11. Beginnen Sie Ihr Programm beim Werkzeugwechsellpunkt und wechseln Sie das entsprechende Werkzeug ein. 3,0
- 6 Die Nut bei P12 wird mit einem Unterprogramm hergestellt. Die zugehörigen Sätze des Hauptprogramms lauten: 5,0
 N23 G00 X30 Y40 Z1
 N24 L1001
 Schreiben Sie ein Unterprogramm L10 für die Nut ohne Verwendung des Werkzeug-Bahnkorrektur-Befehls für das Werkzeug T3. Die Nut wird in einem Umlauf gefräst.

Damian Mackiewicz arbeitet in der Kevin Klein OHG als Werkzeugmechaniker. Mit seinem Abteilungsleiter hat er immer wieder Auseinandersetzungen bezüglich seiner Arbeitsbedingungen und seiner Entlohnung in Zeitlohn.

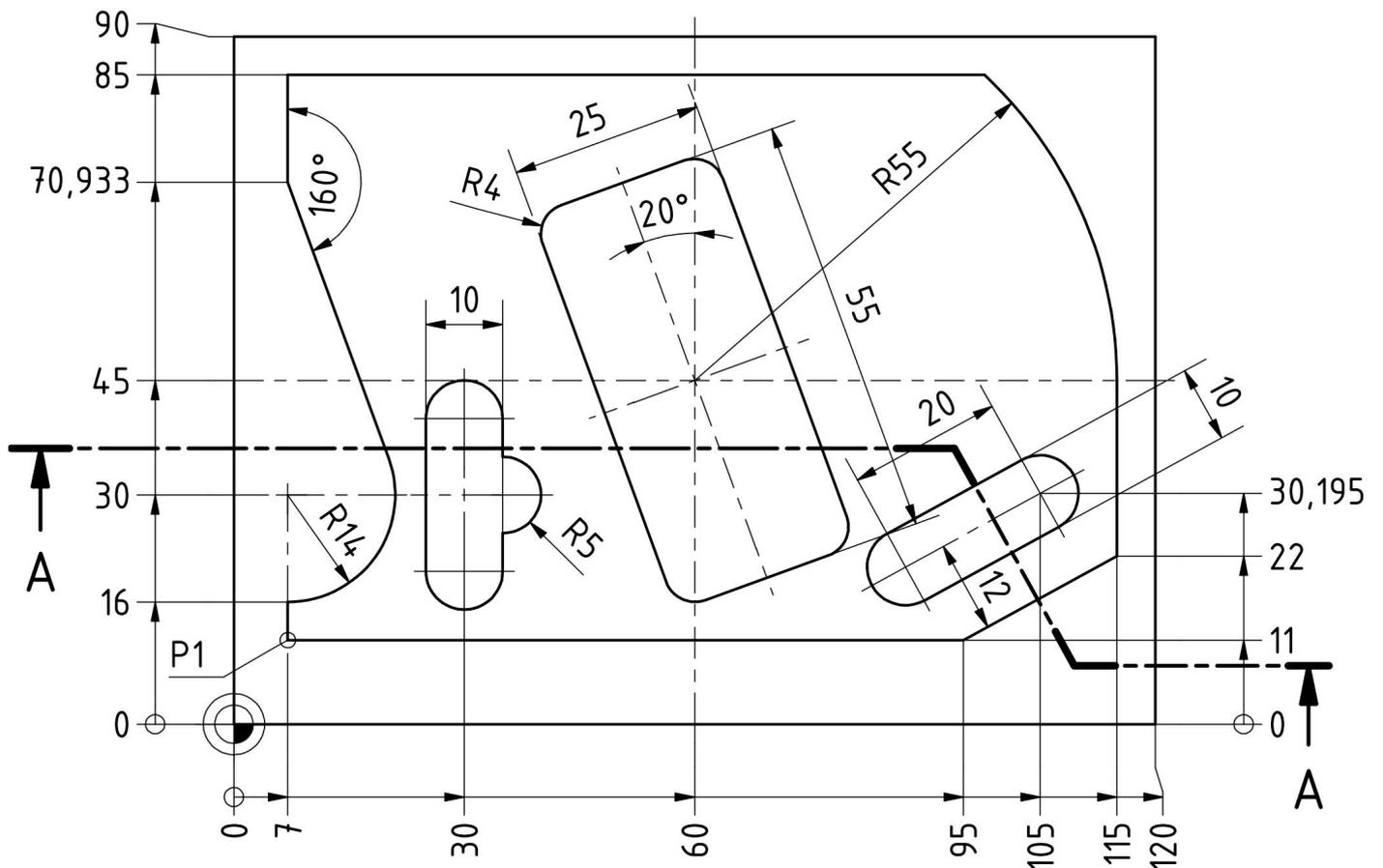
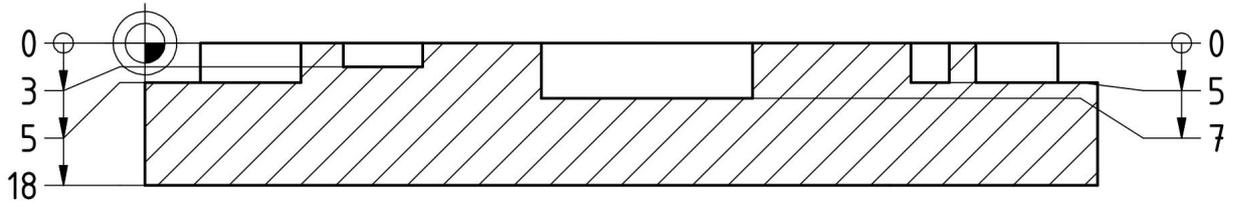
- 7 Erläutern Sie bezüglich der Arbeitsbedingungen die Begriffe „Job enlargement“ und „Job enrichment“. 2,0
- 8 Herr Mackiewicz möchte in Zukunft seine Leistung über Akkordlohn bewerten und entlohnen lassen. Eignet sich sein Arbeitsplatz an einer CNC-Maschine als Akkordarbeitsplatz? Begründen Sie ihre Meinung. 1,0
- 9 Verdeutlichen Sie die Vor- und Nachteile des Zeitlohns von Herrn Mackiewicz im Vergleich zum gewünschten Akkordlohn. 2,0
- 10 Herr Mackiewicz beschwert sich außerdem über die hohen Abzüge von seinem Bruttolohn. Grenzen Sie die Begriffe Bruttolohn, Nettolohn und Auszahlungsbetrag hinsichtlich der Abzüge voneinander ab. 2,0
- 11 Beurteilen Sie, ob es sinnvoll wäre, die Krankenversicherung als Pflichtversicherung abzuschaffen und es damit jedem selbst zu überlassen, in welcher Weise er krankenversichert sein will. 3,0



Zeichnungen

zu Aufgabe 3 Grundplatte

A-A





Arbeitsblätter

zu Aufgabe 2 Arbeitsplan

Nr.	Arbeitsfolge	Werkzeug	$a_{p\ max}$ in mm	v_c in m/min	f_z in mm	a_p in mm	n in min^{-1}	v_f in mm/min
1	Fräsen Außenkontur	T2	6				640	510
2	Fräsen Rechtecktasche und Nut (P11)	T3	4				1990	318
3	Fräsen Nut (P12)	T3	4				1990	318

zu Aufgabe 3 Koordinatentabelle

Punkt	X	Y	Z	I	J
P0	-40	0	100		
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					
P6					
P7					
P8					
P9					
P1					
P10	60	45	1 / -7		
P11	105	30,195	1 / -5		
P12	30	40	1 / -3		



Lösungsvorschlag CNC-Technik

- G90-Programmierung arbeitet mit absoluten Positionen statt mit inkrementalen
 - Koordinatenmaße können einfach aus der Zeichnung übernommen werden.
 - Man weiß in jeder Programmzeile, wo man sich befindet.
 - Wenn die Mitte des Toleranzfeldes vom Nennmaß abweicht, muss man nur das Toleranzfeld eines einzigen Maßes berücksichtigen.
 - Änderungen einzelner Koordinaten hat keine Auswirkung auf die folgenden Sätze, bzw. einzelne fehlerhafte Maße führen nicht zu einem Folgefehler.

2 Arbeitsplan

Nr.	Arbeitsfolge	Werkzeug	$a_{p \max}$ in mm	v_c in m/min	f_z in mm	a_p in mm	n in min ⁻¹	v_f in mm/min
1	Fräsen Außenkontur	T2	6	50,3	0,1	5	640	510
2	Fräsen Rechtecktasche und Nut (P11)	T3	4	50	0,08	4	1990	318
3	Fräsen Nut (P12)	T3	4	50	0,08	3	1990	318

Beispielrechnungen:

$$v_c = \pi \cdot n \cdot d = \pi \cdot 640 \frac{1}{\text{min}} \cdot 25 \text{ mm} = 50,3 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \rightarrow f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} = \frac{510 \text{ mm/min}}{8 \cdot 640 / \text{min}} = 0,1 \text{ mm}$$

a_p entnimmt man der Zeichnung (und bekommt 1 Punkt für's Pfadfinderdiplom ;-).

3 Koordinatentabelle (Maße absolut in mm)

4,0

Punkt	X	Y	Z	I	J
P0	-40	0	100		
P1	7	11	-5		
P2	7	16	-5		
P3	20,156	34,788	-5	0	14
P4	7	70,933	-5		
P5	7	85	-5		
P6	97,749	85	-5		
P7	115	45	-5	-37,749	-40
P8	115	22	-5		
P9	95	11	-5		
P1	7	11	-5		
P10	60	45	1 / -7		
P11	105	30,195	1 / -5		
P12	30	40	1 / -3		

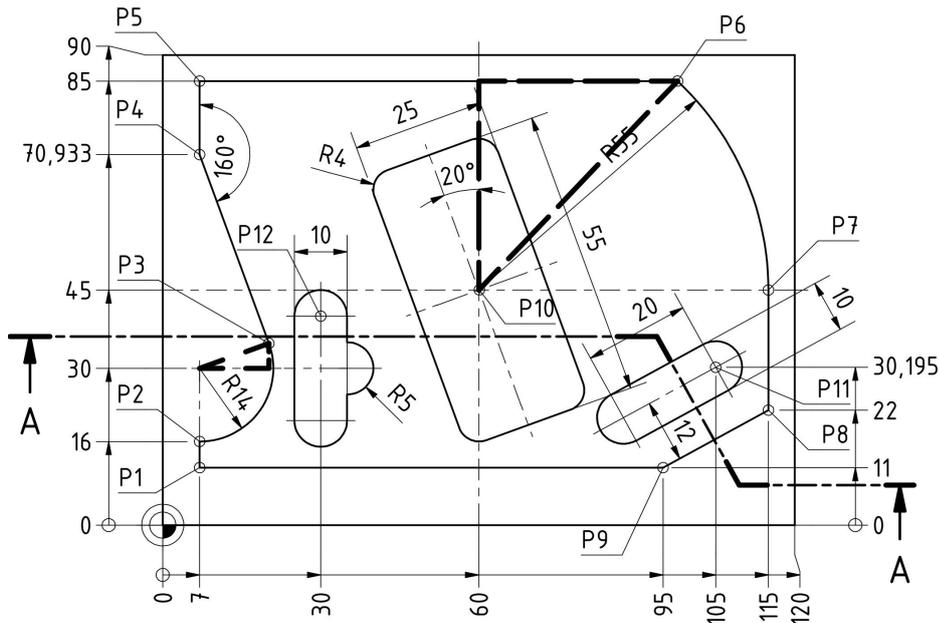
$$P_{3x} = 7 \text{ mm} + 14 \text{ mm} \cdot \cos 20^\circ = 20,156 \text{ mm}$$

$$P_{3y} = 30 \text{ mm} + 14 \text{ mm} \cdot \sin 20^\circ = 34,788 \text{ mm}$$

$$P_{6x} = 60 \text{ mm} + \sqrt{55^2 - 40^2} \text{ mm} = 97,749 \text{ mm}$$



zu Aufgabe 3 Grundplatte



$$\alpha_{P8-P9} = \arctan \frac{P_{8y} - P_{9y}}{P_{8x} - P_{9x}} = \arctan \frac{22 - 11}{115 - 95} = 28,811^\circ$$

$$D = 180^\circ + \alpha_{P8-P9} = 180^\circ + 28,811^\circ = 208,811$$

Hinweise 104: Da man den Bogen R14 auch mit Mittelpunkt, Radius und Öffnungswinkel programmieren kann, kann P3 auch bei X7 Y30 liegen.

4 zu Aufgabe 4 CNC-Programmteil Außenkontur (PAL 2007)

5,0

N	G	X	Y	Z	I	J	..	..	..	..
N10	G00	X-40	Y0	Z100			F510	S640	T2	M03
N20	G00	X-15	Y-15							
N30	G00			Z-5						
N40	G41									
N50	G01	X7	Y11							
N60	G01		Y16							
N70	G03	X20,156	Y34,788		I0	J14				
N70	G03				I0	J14	R+14	AO110	; alternativ	
N80	G01	X7	Y 70,933							
N90	G01		Y85							
N100	G01	X97,749								
N110	G02	X115	Y45		I-37,749	J-40				
N120	G01		Y22							
N130	G01	X95	Y11							
N140	G01	X6								
N150	G01			Z1						
N160	G40									



5 CNC-Programmteil Rechtecktasche und Nut (P11) (PAL 2007)

5,0

P11 findet man im Arbeitsblatt zu Aufgabe 3 Koordinatentabelle (und bekommt 3 Punkte für's Pfadfinderdiplom ;-).

N	G	X	Y	Z	I	J	..	..	..	..
N17	G00	X-40	Y0	Z100			F318	S1990	T3	
N18	G00	X60	Y45	Z1						
N19	G86	X55	Y25	Z-7	I110		D4			
N20	G00	X105	Y30,195							
N21	G88	X30	Y10	Z-5	I208,811		D4			
N22	G00	X30	Y40	Z1						
N23	L1001									
N24	M30									
N24										

Die Nut (P11) liegt parallel zur Strecke P8 – P9:

$$\alpha_{P8-P9} = \arctan \frac{P_{8y} - P_{9y}}{P_{8x} - P_{9x}} = \arctan \frac{22-11}{115-95} = 28,811^\circ$$

$$D = 180^\circ + \alpha_{P8-P9} = 180^\circ + 28,811^\circ = 208,811$$

6 Unterprogramm Nut (P12): L10 (Fräsermittelpunktsbahn) (PAL 2007)

N	G	X	Y	Z	I	J	..	..	..	..
N1	G91									
N2	G01			Z-4						
N3	G01	X-1								
N4	G02	X2	Y0		I 1	J0				
N5	G01	X0	Y-9							
N6	G01	X4								
N7	G02	X0	Y-2		I 0	J -1				
N8	G01	X-4								
N9	G01	X0	Y-9							
N10	G02	X-2	Y0		I -1	J0				
N11	G01	X0	Y20							
N12	G01	X1								
N13	G00			Z4						
N14	G90									
N15							M17			

Lösungsvorschläge Arbeit und Sozialwelt des Unternehmens

fehlen

CNC (20 P): Vergleich G90/G91; Arbeitsplan; Koordinaten berechnen; Kontur fräsen; Rechtecktasche; Unterprogramm ohne Bahnkorrektur



tgtm HP 2006/07-1: Lkw-Ladevorrichtung

Alle Aufgaben beziehen sich auf das nachfolgend skizzierte Unternehmen.

Peter Pfote e. K. Kranbau

Die Peter Pfote e. K. ist ein mittelständisches Metallbauunternehmen, das eine Sparte mit Kranbau (Konstruktion und Fertigung) besitzt. Da sich die Auftragslage in diesem Bereich in den letzten 10 Jahren immer weiter verbessert hat, konnte das Unternehmen immer mehr expandieren und beschäftigt inzwischen 75 Mitarbeiter im Kranbau.

Zur Herstellung der Kräne werden neben konventionellen Maschinen auch CNC- Werkzeugmaschinen eingesetzt.

Die Peter Pfote e. K. produziert pro Periode (eine Periode = ein Jahr) 560 Kräne. Der Beschäftigungsgrad liegt hier bei 80%. Die Materialkosten pro Kran liegen bei 750 €; die Kreditzinsen pro Monat liegen bei 1400 €. Für den Betrieb fallen pro Mitarbeiter 40.000 € (Löhne inklusive Lohnnebenkosten) pro Periode an.

Ein Kran wird zum Preis von 8200 € verkauft.

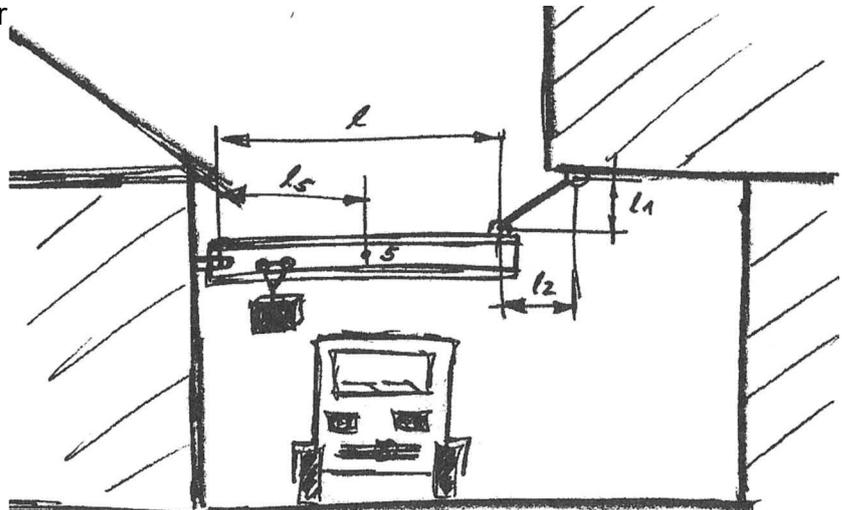
Aufgabe 1 (Pflichtaufgabe)

Ein Außendienstmitarbeiter der Peter Pfote e. K. kehrt von einem Kundenbesuch zurück. Der Kunde wünscht eine Lkw-Ladevorrichtung. Der Außendienstmitarbeiter hat die Situation vor Ort skizziert. Die Krananlage ist zu projektieren.

$$l = 7,5\text{m} \quad l_s = l/2$$

$$l_1 = 1,3\text{m} \quad l_2 = 0,75\text{m}$$

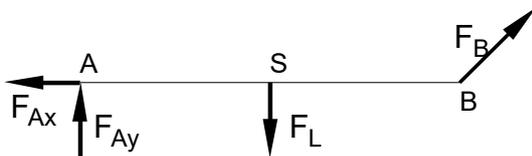
$$F_L = 75\text{kN}$$



- 1 Berechnen Sie die Lagerkräfte F_A und F_B für den Fall, dass sich die Laufkatze im Schwerpunkt S befindet.

Vernachlässigen Sie dabei die Gewichtskraft des Trägers.

Zur Vereinfachung ist folgende Skizze zu verwenden:



- 2 Biegebeanspruchung und Trägerwahl ohne Berücksichtigung des Eigengewichts
 - 2.1 Schneiden Sie den Träger frei und bestimmen Sie die Stelle und den Betrag des maximalen Biegemoments $M_{b,max}$. Eine vorhandene Zug- oder Druckkraft im Träger ist nicht zu berücksichtigen. 2,0
 - 2.2 Zur Auswahl des IPE-Trägers stehen 2 Stahlsorten zur Verfügung: S235JR und S275. Bestimmen Sie für beide Werkstoffe einen geeigneten Träger bei 2-facher Sicherheit. Berechnen Sie daraus die Kosten der beiden Träger bei einem Kilogrammpreis von 0,60 € und geben Sie die Normbezeichnung für den kostengünstigeren Träger an. 4,0



3 Dimensionierung der Zugstange und Bolzenverbindung

Für die Dimensionierung der Zugstange (Flachstahlprofil) muss zusätzlich die Gewichtskraft des Trägers F_G berücksichtigt werden. Nehmen Sie hierbei folgende Werte an:

Träger: $F_G = 4200 \text{ N}$

Laufkatze und Last: $F_L = 75 \text{ kN}$

3.1 Berechnen Sie die maximal mögliche Kraft $F_{B,max}$ in der Zugstange. 4,0

3.2 Dimensionieren Sie den Zugstangenquerschnitt (S235JR) für einen Bolzen aus C60E. 7,0

Zu berücksichtigen sind: zulässige Flächenpressung $p_{zul} = 150 \text{ N/mm}^2$;
Sicherheitsfaktor $v = 2$ gegen Zugbeanspruchung, Sicherheitsfaktor $v = 4$ gegen Abscherung.

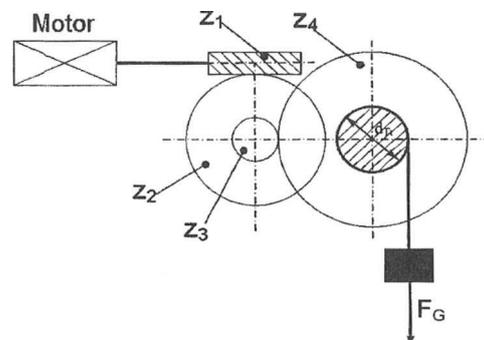
4 Welche Fehler wurden durch die vereinfachte Skizze aus Aufgabe 1 gemacht? (Tipp: Beachten Sie die Kraftwirkungslinie). Nehmen Sie zu den Folgen dieser Vereinfachung Stellung. 2,0

5 Antrieb der Seiltrommel

Die Laufkatze ist mit der skizzierten Antriebseinheit ausgestattet.

Bedingungen unter Volllast:

F_G	=	75 kN
v_{Hub}	=	0,1 m/s
n_{Mot}	=	1305 min^{-1}
d_{Tr}	=	200 mm
i_1	=	30
z_3	=	16
n_{Tr}	=	0,9
n_{Getr}	=	0,85



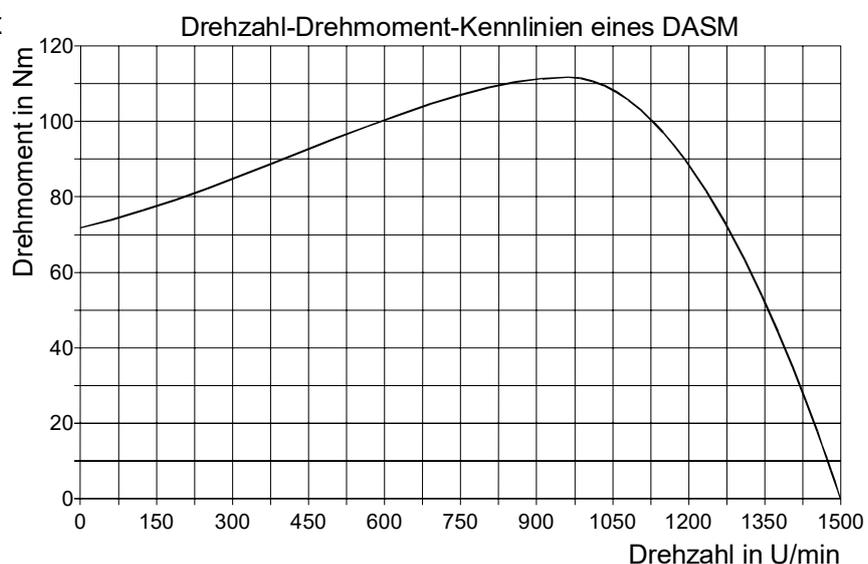
5.1 Berechnen Sie für den Betrieb unter Volllast die Drehzahl der Seiltrommel sowie die Höhe des Drehmoments an der Seiltrommel. 3,0

5.2 Ermitteln Sie die Gesamtübersetzung i_{ges} sowie die notwendige Zähnezahl Z_4 des Zahnrads. 5,0

5.3 Berechnen Sie die Leistung an der Motorwelle und die Hubleistung. 2,0

5.4 Am Seil wirkt eine Last mit der Kraft 30 kN. Ermitteln Sie mit Hilfe der unten abgebildeten Motorkennlinie des Drehstrom-Asynchron-Motors die Hubgeschwindigkeit der Last. 5,0

5.5 Nennen Sie die Vorteile einer modernen Ansteuerungselektronik mit Pulsweitenmodulation und H-Bücke. 3,0





Lösungsvorschläge

1 Lagerkräfte, Lageskizze siehe Aufgabe

Annahme 105: A und B sind die Befestigungspunkt im Träger

$$\tan \alpha_B = \frac{l_1}{l_2} \Rightarrow \alpha_B = \arctan L - \frac{1}{l_2} = \arctan \frac{1,3 \text{ m}}{0,75} = 60^\circ$$

$$\Sigma M_A = 0 = -F_L \cdot l_S + F_{By} \cdot l \Rightarrow$$

$$F_{By} = F_L \cdot \frac{l_S}{l} = 75 \text{ kN} \cdot \frac{1/2}{1} = 37,5 \text{ kN}$$

$$F_B = \frac{F_{By}}{\sin \alpha_B} = \frac{37,5 \text{ kN}}{\sin 60^\circ} = 43,3 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = -F_{Ax} + F_{Bx} \Rightarrow F_{Ax} = F_{Bx} = F_B \cdot \cos \alpha_B = 43,3 \text{ kN} \cdot \cos 60^\circ = 21,65 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Ay} - F_G + F_{By} \Rightarrow F_{Ay} = F_{G2} - F_{By} = 75 \text{ kN} - 37,5 \text{ kN} = 37,5 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(21,65 \text{ kN})^2 + (37,5 \text{ kN})^2} = 43,3 \text{ kN}$$

$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{37,5 \text{ kN}}{21,65 \text{ kN}} = 60,0^\circ$$

$\alpha_A = 60,0^\circ$ nach links oben gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_A = 120,0^\circ$ gegen die positive x-Achse

2 Trägersauswahl

2.1 Hinweis 106: Mangels vertikaler Maße kann man das Biegemoment nicht genau ermitteln, die Vereinfachungen nach Aufg. 4 bleiben also bestehen.

Das maximale Biegemoment kann nur an einem inneren Kräfteinleitungspunkt liegen, also beim Angriffspunkt von F_L .

$$M_{bmax} = M_{bL \text{ von rechts}} = |F_{By} \cdot (l - l_S)| = 37,5 \text{ kN} \cdot \left(7,5 \text{ m} - \frac{7,5}{2} \text{ m}\right) = 140,6 \text{ kNm}$$

oder

$$M_{bmax} = M_{bL \text{ von links}} = |F_{Ay} \cdot l_S| = 37,5 \text{ kN} \cdot \frac{7,5 \text{ m}}{2} = 140,6 \text{ kNm}$$

2.2 IPE – Träger (→ [EuroTabM] „DIN 1025“ oder „IPE-Träger“)

R_e aus der Bezeichnung oder (→ [EuroTabM] „Baustähle, unlegierte“)

$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e$ (→ [EuroTabM] „Biegebeanspruchung“)

S235JR: $R_e = 235 \text{ N/mm}^2$

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

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{\sqrt{}} = \frac{282 \text{ N/mm}^2}{2} = 141 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{140,6 \text{ kNm}}{141 \text{ N/mm}^2} = 997 \text{ cm}^3$$

Gewählt: IPE 400

mit $W_x = 1160 \text{ cm}^3$ und $m' = 66,03 \text{ kg/m}$

$$\text{Kosten } K = 66,03 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 7,5 \text{ m} \cdot 0,60 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 297,14 \text{ €}$$

S275: $R_e = 275 \text{ N/mm}^2$

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

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

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

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{140,6 \text{ kNm}}{165 \text{ N/mm}^2} = 852 \text{ cm}^3$$

Gewählt: IPE 360

mit $W_x = 904 \text{ cm}^3$ und $m' = 57,1 \text{ kg/m}$

$$\text{Kosten } K = 57,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 7,5 \text{ m} \cdot 0,60 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 256,95 \text{ €}$$

Kostengünstigster ist I-Profil DIN 1025 – S275JR – IPE 360



3 Zugstange und Bolzenverbindung

Hinweis 107: Gemeint ist die Verbindung zum Punkt B (Hinweis darauf folgt später).

Hinweis 108: Die Laufkatze kann nicht weiter als zum Punkt B fahren.

Hinweis 109: Die vertikalen Abstände werden vernachlässigt. (→ Aufg. 4)

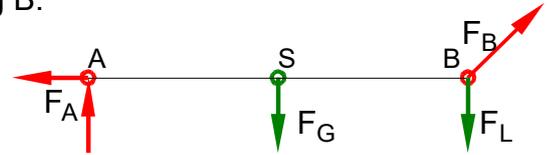
3.1 LS Traverse bei maximaler Belastung der Aufhängung B.

$$\tan \alpha_B = \frac{l_1}{l_2} \Rightarrow \alpha_B = \arctan L = \arctan \frac{1,3 \text{ m}}{0,75 \text{ m}} = 60^\circ$$

$$\Sigma M_A = 0 = -F_G \cdot l_S + F_{By} \cdot l - F_L \cdot l \Rightarrow$$

$$F_{By} = \frac{F_G \cdot l_S + F_L \cdot l}{l} = \frac{4,2 \text{ kN} \cdot \frac{7,5 \text{ m}}{2} + 75 \text{ kN} \cdot 7,5 \text{ m}}{7,5 \text{ m}} = 77,1 \text{ kN}$$

$$F_B = \frac{F_{By}}{\sin \alpha_B} = \frac{77,1 \text{ kN}}{\sin 60^\circ} = 89,0 \text{ kN}$$



3.2 Zugstangenquerschnitt

Annahme 110: Der Bolzen ist zweiseitig belastet (siehe rechts).

Hinweis 111: Der schwelenden Anteil von F_B wird vernachlässigt (→ Aufg. 2.2).

Schritt 1: Erforderlicher Bolzendurchmesser d gegen Abscherung

$R_e = 520 \text{ N/mm}^2$ (C60 → [EuroTabM] „Vergütungsstähle“)

$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e$ (→ [EuroTabM] „Abscherung, Beanspruchung“)

Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren:

$$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 520 \text{ N/mm}^2 = 312 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_{aF}}{V} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow \tau_{azul} = \frac{\tau_{aF}}{V} = \frac{312 \text{ N/mm}^2}{4} = 78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_B}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{89,0 \text{ kN}}{2 \cdot 78 \text{ N/mm}^2} = 570,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{erf}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 570,5 \text{ mm}^2}{\pi}} = 27 \text{ mm}$$

gewählt: $d_B = 30 \text{ mm}$ (nicht mehr aufgeführt in → [EuroTabM] „Bolzen“)

Schritt 2: Erforderliche Dicke s des Flachstahles gegen Flächenpressung

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F_B}{p_{zul}} = \frac{89,0 \text{ kN}}{150 \text{ N/mm}^2} = 593,3 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot s \Rightarrow s_{erf} = \frac{A}{d_B} = \frac{593,3 \text{ mm}^2}{20 \text{ mm}} = 29,7 \text{ mm}$$

gewählt: $s = 30 \text{ mm}$ (→ [EuroTabM] "Flachstahl")

Schritt 3: Erforderliche Breite b des Flachstahles gegen Zugspannung

$R_e = 235 \text{ N/mm}^2$ (aus der Bezeichnung oder → [EuroTabM] „Baustähle, unleg.“)

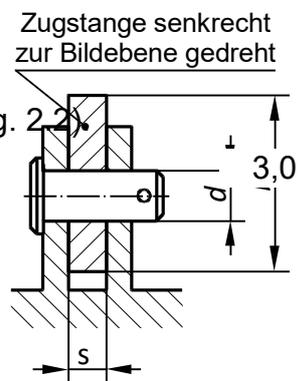
$$\frac{\sigma_{zul}}{V} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{S} \Rightarrow \sigma_{zzul} = \frac{R_e}{V} = \frac{235 \text{ N/mm}^2}{2} = 117,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F}{\sigma_{zzul}} = \frac{89,0 \text{ kN}}{117,5 \text{ N/mm}^2} = 757,4 \text{ mm}^2$$

$$S = s \cdot (b - d) \Rightarrow b = \frac{S}{s} + d = \frac{757,4 \text{ mm}^2}{30 \text{ mm}} + 20 \text{ mm} = 45,2 \text{ mm}$$

gewählt: $b = 50 \text{ mm}$ (→ [EuroTabM] "Flachstahl")

→ Flachstab EN 10058 – 50x30 – S235JR





4 Die vertikalen Abstände der Punkte A, S und B sind vernachlässigt → das verändert die Kräfte.

Das Eigengewicht des Trägers ist vernachlässigt → wirkliche Kräfte sind größer.

5 Antrieb der Seiltrommel

$$5.1 \quad M_{Tr} = F_G \cdot \frac{d_{Tr}}{2} = 75 \text{ kN} \cdot \frac{200 \text{ mm}}{2} = 7,5 \text{ kNm}$$

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{Tr} = \frac{v_{Hub}}{\pi \cdot d_{Tr}} = \frac{0,1 \text{ m/s}}{\pi \cdot 200 \text{ mm}} = 0,159 \text{ s}^{-1} = 9,55 \text{ min}^{-1}$$

$$5.2 \quad i_{ges} = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{n_{Mot}}{n_{Tr}} = \frac{1305 \text{ min}^{-1}}{9,55 \text{ min}^{-1}} = 136,7$$

$$i_{ges} = i_1 \cdot i_2 = i_1 \cdot \frac{z_4}{z_3} \Rightarrow z_4 = z_3 \cdot \frac{i_{ges}}{i_1} = 16 \cdot \frac{136,7}{30} = 72,9$$

Gewählt: $z_4 = 73$

$$5.3 \quad P_{Hub} = F_G \cdot v_{Hub} = 75 \text{ kN} \cdot 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 7,5 \text{ kW}$$

$$\eta_{ges} = \eta_{Tr} \cdot \eta_{Getr} = 0,9 \cdot 0,85 = 0,765$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{Mot} = \frac{P_{Hub}}{\eta_{ges}} = \frac{7,5 \text{ kW}}{0,765} = 9,8 \text{ kW}$$

$$5.4 \quad M_{Tr} = F \cdot \frac{d_{Tr}}{2} = 30 \text{ kN} \cdot \frac{200 \text{ mm}}{2} = 3 \text{ kNm}$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow M_{Mot} = \frac{M_{Tr}}{i_{ges} \cdot \eta_{ges}} = \frac{3 \text{ kNm}}{136,7 \cdot 0,765} = 28,7 \text{ Nm}$$

Aus dem Diagramm: Drehmoment $M_{Mot} = 28,7 \text{ Nm}$ → Drehzahl $n_{Mot} = 1425 \text{ min}^{-1}$.

$$i_{ges} = i_1 \cdot \frac{z_4}{z_3} = 30 \cdot \frac{73}{16} = 136,9$$

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} \Rightarrow n_{Tr} = \frac{n_{Mot}}{i_{ges}} = \frac{1425 \text{ min}^{-1}}{136,9} = 10,4 \text{ min}^{-1} = 0,176 \text{ s}^{-1}$$

$$v_{Hub} = \pi \cdot n_{Tr} \cdot d_{Tr} = \pi \cdot 0,176 \text{ s}^{-1} \cdot 200 \text{ mm} = 6,54 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,109 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

5.5 Dieses Thema ist mit dem Lehrplan von 2010 (Wirksamkeit zum Abi 2013) entfallen.



tgtn HP 2006/07-2: Peter Pfote e.K.

- 1 Skizzieren Sie das Wesen der von Herrn Pfote gewählten Unternehmensform. (2 Punkte)
- 2 Welche wesentlichen Informationen über die Peter Pfote e. K. lassen sich dem Handelsregister entnehmen (4 Angaben) ?(2 P.)
- 3 Kapazitätsauslastung im Bereich Kranbau
Die Geschäftsleitung möchte die Kapazitätsauslastung im Bereich Kranbau betrachten.
- 3.1 Erstellen Sie dazu zunächst eine Tabelle, anhand derer Sie (bei unterschiedlichen Stückzahlen in 100-er Schritten bis zur maximalen Kapazitätsauslastung)
 - die fixen Kosten
 - die variablen Kosten
 - die Gesamtkosten
 - die Umsätze
 - die Gewinne errechnen. (7 P.)
- 3.2 Ermitteln Sie grafisch und rechnerisch den Break-even-point (Nutzenschwelle). (5P.)
- 3.3 Berechnen Sie die prozentuale Gewinnsteigerung bei 100%iger Kapazitätsauslastung. Erklären Sie die Diskrepanz zwischen der Höhe der prozentualen Gewinnsteigerung und der Kapazitätssteigerung. Interpretieren Sie das Ergebnis und geben Sie der Geschäftsleitung eine Empfehlung. (4 P.)



Wörterbuch für TuM-Abiturienten

„Weisen Sie rechnerisch nach, dass ...“

Berechnen Sie, ob ... , und schreiben Sie einen kurzen Antwortsatz dazu.

„Überprüfen Sie ..“

Ermitteln Sie den erforderlichen Wert und beurteilen sie, ob der vorhandene Wert ausreicht.

„Überprüfen Sie .. und beurteilen Sie das Ergebnis“:

wie oben

„Dokumentieren Sie ..“

Schreiben oder zeichnen Sie in Ihre Lösung, was dokumentiert werden soll.

Achtung: Wenn einmal nicht gefordert ist, dass Sie dokumentieren sollen, müssen Sie es in einer schriftlichen Prüfung trotzdem immer tun.

„Untersuchen Sie, im Sinne einer Beschreibung, den/die/das .. hinsichtlich von zwei weiteren möglichen Beanspruchungen und analysieren Sie deren Ursache.“

Nennen Sie zwei weitere Beanspruchungen, denen der/die/das .. ausgesetzt ist, und vergessen Sie die Ursachen nicht.

„Entwickeln Sie einen Lösungsansatz zur Bestimmung der maximal erfassbaren Drehzahl.“

Bestimmen Sie die maximal erfassbare Drehzahl.

„Entwickeln Sie einen rechnerischen Lösungsweg ..“:

Berechnen Sie ..

„Analysieren und dokumentieren Sie ..“

Lösungsvorschlag: Strichaufzählung ;-)



tgtm HP 2006/07-3: Dichtplatte

(Wahlaufgabe)

Auf einer CNC-Fräsmaschine soll die Dichtplatte aus S235JR gemäß gegebener Zeichnung gefertigt werden. (Siehe Arbeitsblatt 2).

Folgende Werkzeuge stehen zur Verfügung:

Werkzeug T2:	Schaftfräser,	HSS, d = 8 mm,	z = 2
Werkzeug T6:	Schaftfräser,	HSS, d = 40 mm,	z = 8
Werkzeug T1:	NC-Anbohrer 90°,	HSS, d = 12 mm	
Werkzeug T10:	Wendelbohrer,	HSS, d = 5 mm	

Der Werkzeugwechsellpunkt P0 hat die Koordinaten X-40; Y0; Z100.

- 1 Welche Gründe sprechen für die Verwendung von Zyklen in CNC-Programmen?
Welche Vorteile bietet die Werkzeugbahnkorrektur? 2,0
- 2 Vervollständigen Sie auf Arbeitsblatt 1 den Arbeitsplan zur Herstellung der Dichtplatte. 3,0
- 3 Vervollständigen Sie auf Arbeitsblatt 1 die Koordinatentabelle für die Konturpunkte P1 bis P6 und tragen Sie die Punkte in die Zeichnung auf Arbeitsblatt 2 ein. Beginnen Sie in P1 und verfahren Sie im Uhrzeigersinn. 5,0
- 4 Erstellen Sie ein CNC-Programm für die Fertigung der Außenkontur und der Rechtecktasche unter Verwendung von Zyklen. Achten Sie auf den Werkzeugwechsellpunkt. 6,0
- 5 Die Ringnuten werden mit einem Unterprogramm hergestellt. Die zugehörigen Sätze des Hauptprogramms lauten:
N100 G00 X30 Y55 Z1
N101 L1001
Schreiben Sie das Unterprogramm L10 für die Ringnut. 2,5
- 6 Die Bohrungen des Lochkreises werden unter Verwendung eines Zyklus gefertigt. Gehen Sie von folgender Situation aus:
– die Bohrstellen des Lochkreises sind zentriert und angesenkt;
– der Bohrer wurde im Werkzeugwechsellpunkt eingespannt und
– die Spindel wurde eingeschaltet.
Schreiben Sie das CNC-Programm für den Lochkreis unter Verwendung eines Zyklus. Beginnen Sie mit der Satznummer N200. Beenden Sie das Programm in P0. 1,5



Arbeitsblatt

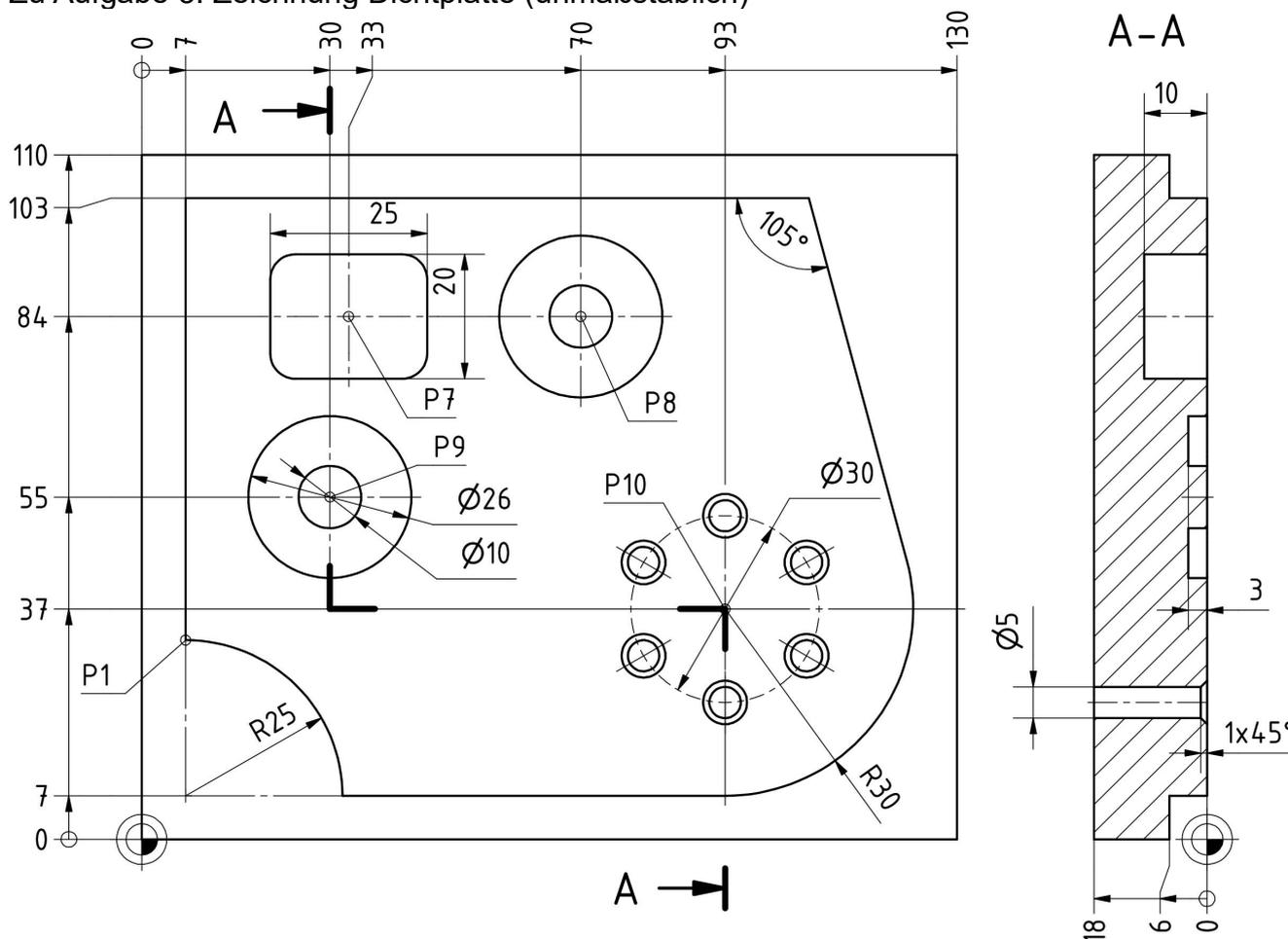
zu Aufgabe 2 Arbeitsplan

Nr	Arbeitsfolge	Werkzeug	v_c in m/min	f_z in mm	a_p in mm	n in min^{-1}	v_f in mm/min
1	Fräsen Außenkontur	T6	50	0,1	6		
2	Fräsen Rechtecktasche	T2	50	0,06	4		
3	Fräsen Ringnuten	T2	50	0,06	4		
4	Zentrieren und Ansenken	T1	40	0,1	--		
5	Bohren	T10	40	0,1	--		

zu Aufgabe 3 Koordinatentabelle

Punkt	X	Y	Z	I	J
P0	-40	0	100		
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					
P6					
P7	33	84	1/-10		
P8	70	84	2/-3		
P9	30	55	2/-3		
P10	93	37	1/-3,5/-20,5		

Zu Aufgabe 3: Zeichnung Dichtplatte (unmaßstäblich)





Die CNC-Maschine kostet 98.000,00 Euro. Es wird eine Ersatzinvestition fällig.

- | | | |
|-----|--|-----|
| 7 | Nennen Sie zwei Möglichkeiten der Innenfinanzierung. | 1,0 |
| 8 | Erklären Sie die Unterschiede bei der Finanzierung über ein Annuitäten- bzw. ein Fälligkeitsdarlehen. | 2,0 |
| 9 | Vergleich der Finanzierungsarten | |
| 9.1 | Stellen Sie grafisch jeweils die Liquiditätsbelastung beim Abzahlungsdarlehen und beim Annuitätendarlehen dar. Verwenden Sie unterschiedliche Farben für die Darstellung der Zinsen und der Tilgung. | 2,0 |
| 9.2 | Beurteilen Sie, welche Konsequenzen sich für den Betrieb bei den unterschiedlichen Darlehensarten jeweils ergeben. | 2,0 |
| 10 | Als Sicherheit für die Bank gegenüber der Peter Pfote e. K. kommen zwei Möglichkeiten der Kreditsicherung in Frage. Unterscheiden Sie die selbstschuldnerische Bürgschaft und die Sicherungsübereignung und entscheiden Sie sich aus Sicht des Kreditgebers begründet für eine der beiden Möglichkeiten. | 3,0 |



Lösungsvorschläge

CNC (20 P): Begründung für Zyklen; Arbeitsplan; Koordinaten berechnen; Außenkontur; Rechtecktasche; Unterprogramm für Ringnut; Bohrungen mit Zyklus auf Lochkreis

- Zyklen erleichtern das Programmieren typischer Fräsaufgaben, dadurch werden Zeit und damit Kosten gespart.
Werkzeugbahnkorrektur erleichtert das Abfahren einer Kontur, da keine zusätzlichen Punkte für die Fräsermittelpunkt ermittelt werden müssen. Eine Änderung des Fräserdurchmessers muss sich nicht auf das Programm auswirken. Dadurch werden Zeit und damit Kosten gespart.
- Beispielrechnung für T1:

$$v_c = \pi \cdot n \cdot d \rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{40 \text{ m/min}}{\pi \cdot 7 \text{ mm}} = 1819 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \text{ mm} \cdot 1 \cdot 1819 \text{ min}^{-1} = 182 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Nr	Arbeitsfolge	Werkzeug	v_c in m/min	f_z in mm	a_p in mm	n in min^{-1}	v_f in mm/min	d in mm	z
1	Fräsen Außenkontur	T6	50	0,1	6	398	318	40	8
2	Fräsen Rechtecktasche	T2	50	0,06	4	1989	239	8	2
3	Fräsen Ringnuten	T2	50	0,06	4	1989	239	8	
4	Zentrieren und Ansenken	T1	40	0,1	--	1819	182	12	
5	Bohren	T10	40	0,1	--	2546	255	5	

- $P4_X = P10_X + R30 \cdot \cos 15^\circ = 93 \text{ mm} + 30 \text{ mm} \cdot \cos 15^\circ = 121,978 \text{ mm}$
 $P4_Y = P10_Y + R30 \cdot \sin 15^\circ = 37 \text{ mm} + 30 \text{ mm} \cdot \sin 15^\circ = 44,765 \text{ mm}$
 $P3_X = P4_X - (P3_Y - P4_Y) \cdot \tan 15^\circ = 121,978 \text{ mm} - (103 - 44,765) \text{ mm} \cdot \tan 15^\circ = 106,374 \text{ mm}$

Skizze fehlt

Punkt	X	Y	Z	I	J
P0	-40	0	100		
P1	7	32	-6		
P2	7	103	-6		
P3	106,374	103	-6		
P4	121,978	44,765	-6		
P5	93	7	-6		
P6	32	7	-6		
P7	33	84	1/-10		
P8	70	84	2/-3		
P9	30	55	2/-3		
P10	93	37	1/-3,5/-20,5		

tgtm HP 2006/07-3: Dichtplatte



4 Außenkontur (PAL 2007)

N			X	Y	Z	..	..	..		Bemerkung
N1	G00		X-40	Y0	Z100	T6	S398	F318	M03	;Schafffräser Ø40
N2	G00		X-13	Y-22						;Startpunkt
N3	G00				Z-6					;Absenken
N4	G41	G01	X7	Y32						;P1 mit Bahnkorrektur li
N5	G01		X7	Y103						;P2
N6	G01		X106,374	Y103						;P3
N7	G01		X121,978	Y44,765						;P4
N8	G02		X93	Y7		I-28,978	J-7,765			;P5
N9	G01		X32							;P6
N10	G03		X7	Y32		I-25	J0			;P1
N11	G40	G01	X-22	Y-13						;
N12	G00				Z100					;
N13	G00		X-40	Y0		T2	S1989	F318	M03	;Schafffräser Ø8
N14	G00		X33	Y84						;P7
N15	G00				Z1					;
N16	G72		LP25	BP20	ZA-10	D6	V2			;Rechtecktasche
N17	G79					AR0				;

5 Ringnuten

Hauptprogramm (nicht Teil der Aufgabe)

N			X	Y	Z	..	..	..		Bemerkung
N100	G90	G00	X30	Y55	Z1					;P9
N101	L100 1									;UP Ringnut
N102		G00	X70	Y84	Z1					;P8
N103	L100 1									;UP Ringnut

Unterprogramm

N			X	Y	Z	..	..	..		Bemerkung
N1	%10									;UP Ringnut
N2	G91									;
N3	G00	X-9								;
N4	G01			ZA-3						;
N5	G02	X0	Y0		I9	J0				;
N6	G00			ZA1						;
N7	G00	X+9								;
N8	G90									;
N9								M17		;

tgtn HP 2006/07-3: Dichtplatte



6 Bohrungen (Werkzeugwechsel und zentrieren sind nicht Teil der Aufgabe)

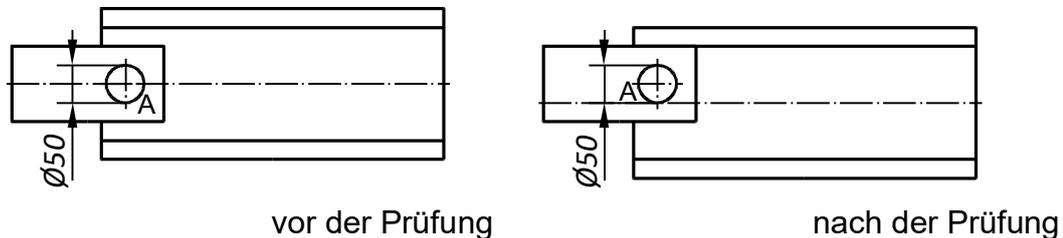
N			X	Y	Z	..	..	..		Bemerkung
N190	G00		X-40	Y0	Z100	T1	S1819	F182	M03	;NC-Anbohrer
N191	G00		X93	Y37						;
N192	G00				Z1					;
N193	G81				ZA-3,5		V2			;
N194	G77		I0	J0		R15	AN90	AI60	O6	;
N195	G00				Z100					;
N196										;
N197	G00		X-40	Y0	Z100	T10	S2546	F255	M03	;Bohrer Ø5
N198	G00		X93	Y37						;
N199	G00				Z1					;
N200	G81				ZA-20,5		V2			;
N201	G77		I0	J0		R15	AN90	AI60	O6	;
N202	G00				Z100					;
N203	G00		X-40	Y0						;
N204									M30	;

Tiefen zum Senken und Bohren siehe Arbeitsblatt zu Aufgabe 3.



tgtm HP 2006/07-4: Wandkran

Beim Kunden Bertsch OHG wurde von der Peter Pfote e.K. ein Wandkran montiert. Die technische Überprüfung zur Inbetriebnahme fand am 23.04.2007 statt. Nach Aufbringen einer Prüflast stellen die Prüfer einen Schadensfall fest. Die Lage der Bauteile zueinander hat sich gemäß der Skizze verändert. Die Prüfer betreiben Ursachenforschung und stellen diverse Überlegungen an.



Daten:

Bolzenwerkstoff: C45E; zulässige Flächenpressung = 100 N/mm²
 Sicherheitszahl gegen Abscheren $v = 4$; Träger: I-Profil DIN 1025 -IPE360 - S275JR

- 1 Nennen Sie zwei mögliche Ursachen für den dargestellten Schaden unter der Voraussetzung, dass die Prüflast korrekt gewählt wurde. 2,0
- 2 Die Schadensursache soll zweifelsfrei geklärt werden. Schlagen Sie geeignete Vorgehensweisen, Prüfverfahren und Berechnungen vor, um die Schadensursache eindeutig zu bestimmen. 3,0
- 3 Überprüfen Sie die Dimensionierungen der Bolzenverbindung für $F_A = 77$ kN. 7,0
- 4 Als Ursache der fehlerhaften Bolzenverbindung kommen jeweils Eigenverschulden oder Fremdverschulden der Peter Pfote e. K. am Bolzen bzw. am Träger in Frage. Stellen Sie für jeden der vier möglichen Fälle eine Schadensursache und deren Schadensbild dar. 4,0
- 5 Um derartige Schadensfälle künftig zu vermeiden, soll die Konstruktion der Wandbefestigung verbessert werden. Skizzieren Sie zwei Verbesserungsvorschläge und beschreiben Sie die technische Verbesserung. 4,0

Aufgrund des Schadensfalls ergibt sich für die kaufmännische Seite eine Reihe von Problemen. Der Kunde (Bertsch OHG) ruft empört an und beschwert sich, dass der Kran nicht einsatzbereit ist.

- 6 Begründen Sie, ob eine Vertragsverletzung vorliegt. 1,0
- 7 Ist es im Hinblick auf die Rügefrist von Bedeutung, ob es sich bei dem Kunden um eine Privatperson oder um eine OHG handelt? Skizzieren Sie die Rechtslage unter Nennung der entsprechenden Paragraphen. 2,0
- 8 Welche Ansprüche hat die Bertsch OHG gegenüber Peter Pfote? 3,0
- 9 Herr Bertsch möchte sofort vom Vertrag zurücktreten. Prüfen Sie, ob er das tun kann. Nennen Sie hierbei die entsprechenden Paragraphen. 2,0
- 10 Wann verjähren die Forderungen auf Zahlung und die Gewährleistungsfrist für den Kran? Nennen Sie jeweils die allgemeine Regelung und das genaue Datum. 2,0



Lösungsvorschläge

*Festigkeit (7 P): Bolzen überprüfen gegen Flächenpressung und Scherung
Allgemein (9 P): Überlegungen zu Schadensursache und ihrer Feststellung
Konstruktion (4 P): Verbesserungsvorschlag*

1 Mögliche Schadensursachen

- Die Bolzenverbindung kann unzureichend ausgelegt sein hinsichtlich Abscherung oder Flächenpressung, z.B. Bolzendurchmesser, Stegbreite oder Laschenbreite sind zu klein.
- Bolzen, Träger oder Lasche können fehlerhaft gewesen sein, z.B. Werkstofffehler oder zu geringe Maße.
- Die Verbindung kann falsch gefertigt und/oder montiert sein, z.B. zu große Bohrung, zu kleiner Bolzen, mangelnde Vergütung ..

2 Ursachenforschung

Verbindung zerlegen – feststellen, welche Bauteile und wie beschädigt sind – Fertigungsmaße prüfen – bei beschädigten Teilen Werkstoffkennwerte und konstruktive Auslegung inklusive Berechnungen prüfen.

3 Dimensionierungen der Bolzenverbindung

Hinweis 112: „Dimensionieren“ bedeutet in der Technik „die Maße festlegen“ [Duden 2006]. „Dimensionierung“ steht dort nicht.

Annahme 113: Der Kreis Ø50 steht für eine Bohrung und damit den Bolzendurchmesser, auch wenn im 'Nachher'-Bild die Bohrung des verschobenen I-Trägers nicht sichtbar geworden ist. Wenn man den Kreis Ø50 als Bolzenkopf nimmt, muss man den Bolzendurchmesser schätzen.

Hinweis 114: Aus der Skizze ist nicht erkennbar, ob 1 oder 2 Laschen verwendet werden, bzw. ob die Bolzenverbindung 1- oder 2-schnittig ist. Im Lösungsvorschlag sind beide Möglichkeiten gerechnet, für Schüler genügt eine von beiden.

Gegen Abscherung:

$R_e = 430 \text{ N/mm}^2$ (C45E<16 mm → [EuroTabM] „Vergütungsstähle“)

$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e$ (→ [EuroTabM] „Abscherung, Beanspruchung“)

$$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 430 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 258 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\tau_{aF}}{V} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{1[2] \cdot S} \Rightarrow$$

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aF}}{V} = \frac{258 \text{ N/mm}^2}{4} = 64,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_A}{1[2] \cdot \tau_{azul}} = \frac{77 \text{ kN}}{1[2] \cdot 64,5 \text{ N/mm}^2} = 1094 [597] \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1094 [597] \text{ mm}^2}{\pi}} = 39,0 [27,6] \text{ mm}$$

In beiden Fällen ist die erforderliche Querschnittsfläche des Bolzens deutlich geringer als die gegebene, der Bolzendurchmesser also ausreichend ausgelegt.

Gegen Flächenpressung:

Stegbreite $s = 8,0 \text{ mm}$ (IPE360 → [EuroTabM] „IPE-Träger“)

$$A = d \cdot s = 50 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} = 400 \text{ mm}^2$$

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F}{p_{zul}} = \frac{77 \text{ kN}}{100 \text{ N/mm}^2} = 770 \text{ mm}^2$$

3,0



Die gegebene Fläche ist kleiner als die erforderlich, also kommt die Flächenpressung als eine Fehlerursache infrage.

Hinweis 115: Man kann auch andere beteiligte Größen außer der Fläche vergleichen.

Hinweis 116: Wer zuerst die Flächenpressung rechnet, hat Glück gehabt und kann sich die Berechnung auf Abscherung sparen.

4 und folgende fehlen