

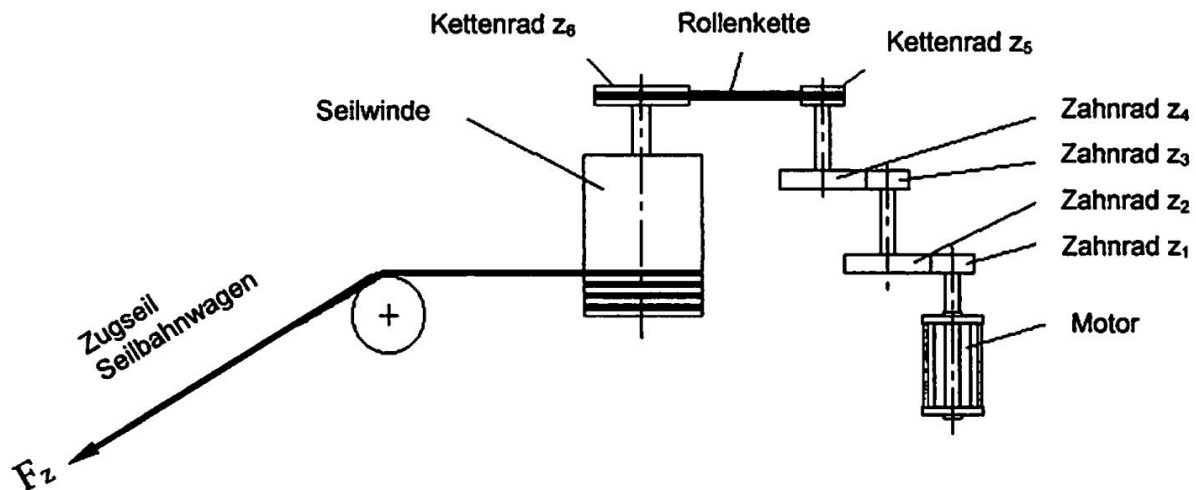


tgtm HP 2015/16-4: Standseilbahn

(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 Seilbahnwagens

Maximale Fahrgeschwindigkeit: $v_{\max} = 2 \text{ m/s}$
 Zugkraft: $F_Z = 25 \text{ kN}$

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 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.

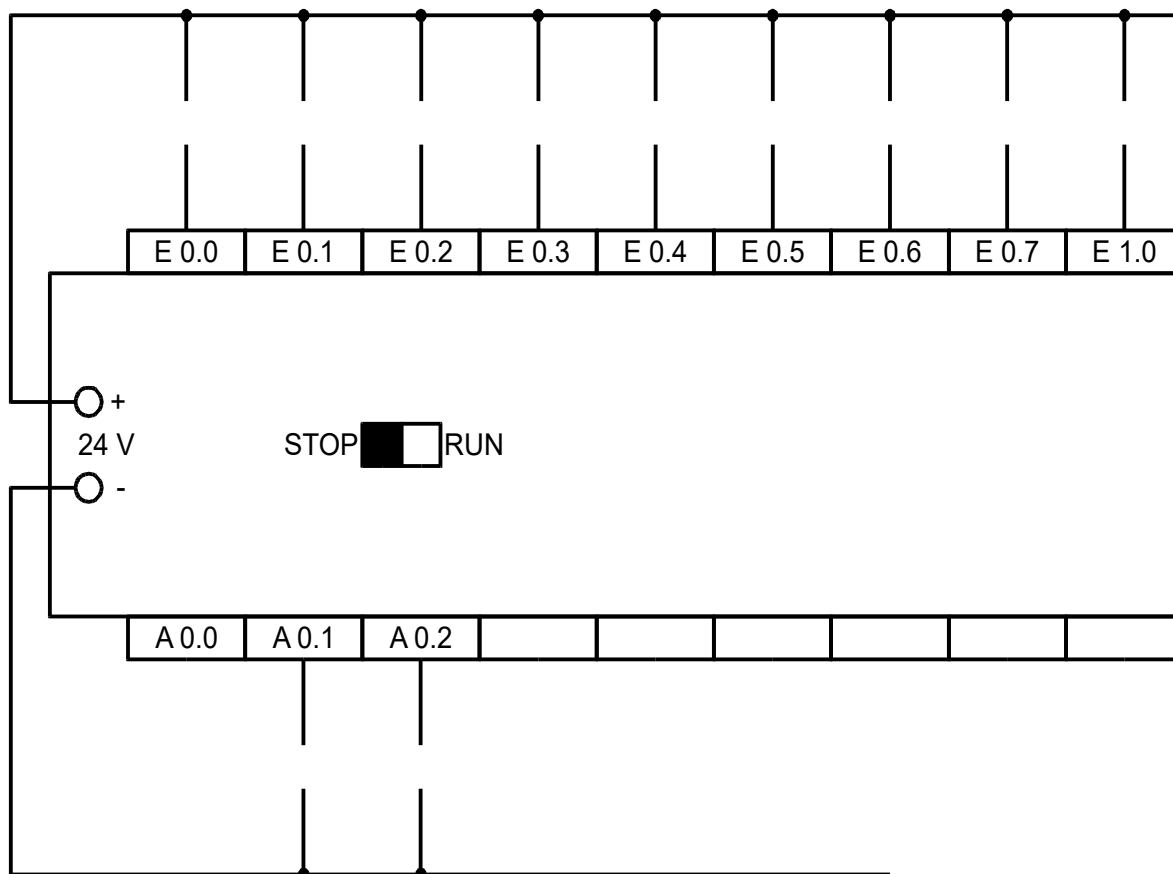


Arbeitsblatt 1

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.)¹

$$2 \quad v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{Winde} = \frac{v_{max}}{\pi \cdot D_{Tr}} = \frac{2 \text{ m/s}}{\pi \cdot 1 \text{ m}} = 0,637 \frac{1}{s} = 38,2 \frac{1}{min}$$

$$3 \quad i_{erf} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_M}{n_{Winde}} = \frac{1500 / min}{38,2 / min} = 39,27$$

$$4 \quad i_{erf} < i = \frac{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6}{z_1 \cdot z_3 \cdot z_5} \Rightarrow z_3 < \frac{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6}{z_1 \cdot i_{erf} \cdot z_5} = \frac{67 \cdot 55 \cdot 72}{12 \cdot 39,27 \cdot 22} = 25,6 \Rightarrow \text{gewählt: } z_3 = 25$$

Das in der Übersetzungsstufe 3-4 treibende Zahnrad z_3 muss kleiner sein, weil sonst z_4 schneller dreht.²

$$5 \quad P_{Winde} = F_z \cdot v_{max} = 25 \text{ kN} \cdot 2 \frac{m}{s} = 50 \text{ kW}$$

$$\eta_{ges} = \eta_M \cdot \eta_G = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{el} = \frac{P_{Winde}}{\eta_{ges}} = \frac{50 \text{ kW}}{0,72} = 69,4 \text{ kW}$$

oder (ungenau, da nicht über Geschwindigkeit)

$$M_{Winde} = F_z \cdot \frac{D_{Tr}}{2} = 25 \text{ kN} \cdot \frac{1 \text{ m}}{2} = 12,5 \text{ kNm}$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} \Rightarrow M_{Motor} = \frac{M_{Winde}}{i_{ges} \cdot \eta_G} = \frac{12,5 \text{ kNm}}{39,27 \cdot 0,8} = 397,9 \text{ kNm}$$

$$P_{Motor} = 2 \pi \cdot M \cdot n = 2 \pi \cdot 397,9 \text{ kNm} \cdot 1500 / min = 62,5 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{el} = \frac{P_{Motor}}{\eta_M} = \frac{62,5 \text{ kW}}{0,9} = 69,4 \text{ kW}$$

- 1 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 ;-)
- 2 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 1: Bei Maschinen ist oft nicht eindeutig festgelegt, worauf sich Leistungsangaben bezieht; P_M kann also die elektrische oder die mechanische Leistung sein³. 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

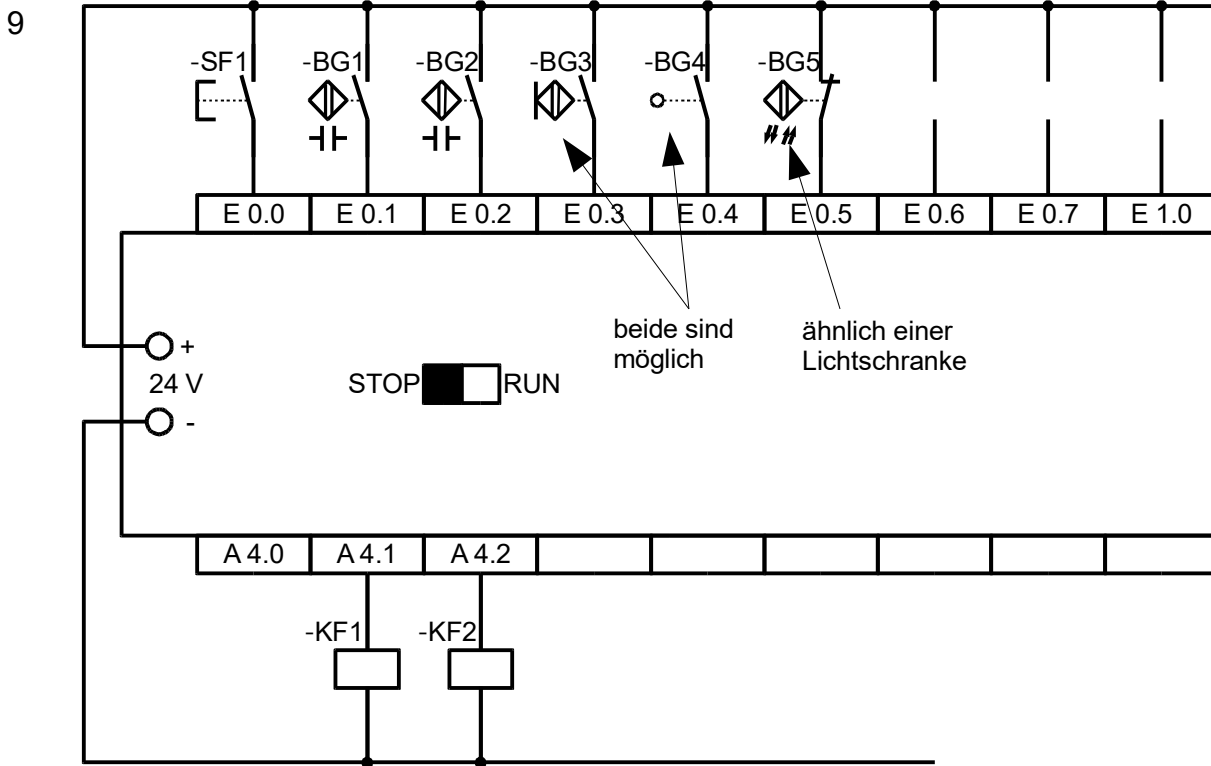
Beschreibung	Symbol	Logische Zuordnung	Adresse
Taster: Tür öffnen	-SF1	Betätigt -SF1 = 1 (Schließer)	E0.0
Sensor: Tür geöffnet	-BG1	Betätigt -BG1 = 1 (Schließer)	E0.1
Sensor: Tür geschlossen	-BG2	Betätigt -BG2 = 1 (Schließer)	E0.2
Grenztaster: Talstation	-BG3	Betätigt -BG3 = 1 (Schließer)	E0.3
Grenztaster: 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

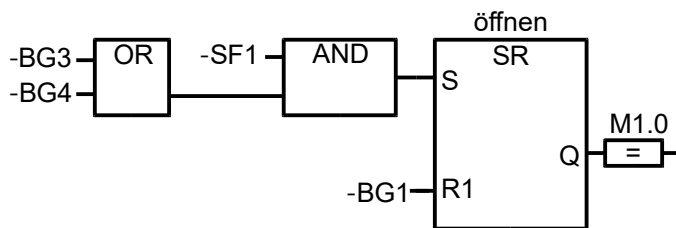
- 3 In diesen Zeiten, da scheinbar nur noch Marktschreier und Selbstdarsteller unterwegs sind und der Schein wichtiger als das Sein scheint, muss man eher damit rechnen, dass die elektrische Leistung angegeben ist. Damit kann man zwar weniger anfangen, aber die Zahl ist größer, und das sieht besser aus!



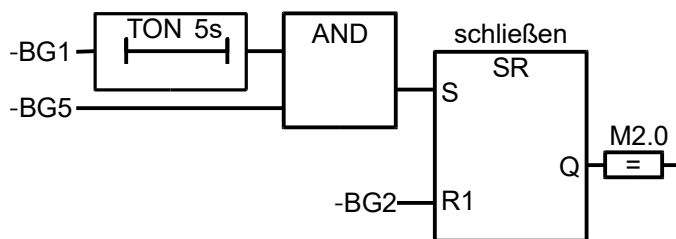
8 -BG5 muss aus Sicherheitsgründen ein Öffner sein. Zwar liefert ein defekter Öffner kein Signal (0) mehr und verhindert hier das Schließen der Türe, aber das ist besser, als wenn ein Defekt erst im Notfall bemerkt würde.



10 Schritt 1: Tür öffnen



Schritt 2: Tür schließen



Befehlsausgabe:

M1.0 ————— -KF1

M2.0 ————— -KF2