

Beantworten Sie bitte nachstehende Fragen (kurz) bzw. erstellen Sie Hand – Skizzen auf gesonderten, mit Ihrer Matrikel-Nummer gekennzeichneten Blättern unter Angabe der jew. Aufgaben – Nr.:

1. Messwertaufbereitung, Signalausgabe und Leitanlagenaufbau 26 Punkte, Vorgabe: 25 Minuten
Eine Fertigungsstraße wird umgestellt, dabei sind zwei Bearbeitungsschritte zu ergänzen. Diese sollen durch eine vor-Ort angeordnete Elektronik gesteuert werden. Kabellänge zu Sensoren und Aktoren: max. 10 m.

a) Für die Sensoren und die Signaleingabe soll neueste Technik verwendet werden. Es kommt auf minimale Verkabelung und die Möglichkeit der Parametrierung / Diagnose (soweit möglich) über die Leitungen an.

Benötigt werden:

- Initiatoren (Näherungsschalter) mit einstellbarem Schaltabstand, Strombedarf etwa 3 mA,
- Lichtschranken mit einstellbarer Empfindlichkeit, Strombedarf ca. 10 mA,
- einfache Schließer- Kontakte

Skizzieren Sie so viele Standard- Anschluß- Schaltbilder (eines pro Schaltungstyp) wie nötig und benennen Sie darin die Geräte, geben Sie dazu in Stichworten die besonderen Eigenschaften (Vorteile) an.

b) An einer Stelle besteht Verletzungsgefahr für Menschen, daher ist das „Hineingreifen“ durch zwei Lichtschranken geschützt. **Skizzieren Sie Sensoren und Verknüpfung** in der CPU, um mit erhöhter Sicherheit die Maschine stoppen können. Diese läuft, solange dies ein Signal „FREIGABE“ mit log.1 erlaubt. Schon die Störung einer Schranke (Signal von der Eingabe vorhanden) soll die Maschine abstellen. Beschriften Sie die Signale mit jeweils dem Zustand, der log. 1 zugeordnet ist.

c) Skizzieren Sie Standard- Anschlusspläne für die Signalausgabe in neuester Technik an „intelligente“ Schrittmotor- Steuerungen sowie einfache Magnetventile (nur 24V- Spule) für pneumatisch arbeitende Stellglieder. Für die Schrittmotoren soll Parametrierung und Diagnose über die Ansteuerung möglich sein. Benennen Sie die Geräte.

d) Erstellen Sie eine Anordnungsskizze der vor-Ort-Elektronik, in der die vorkommenden Geräte mit je einem beschrifteten Kästchen pro Typ dargestellt sind. Jeder der beiden neuen Bearbeitungsschritte soll eine eigene Elektronik erhalten. Verbindung zu den anderen Teilen der Anlage per Bus (geeignete Art angeben).

2. Steuerung, Regelung, Kennzeichnung 32 Punkte, Vorgabe: 25 Minuten

Für eine Fabrik wird in einem Wasserschutzgebiet aus zwei Brunnen (BR1, BR2,) mit unterschiedlichem Wasserangebot Wasser gewonnen, in einem Vorratsbehälter (VB1) zwischengespeichert und über zwei zueinander redundante Versorgungspumpen (VB1JP1, VB1JP2) mit jeweils nachgeschaltetem Absperrventil (VB1JA1 bzw. ...2) durch eine gemeinsame Leitung in die Fabrik gefördert. Da der Wasserverbrauch sehr unterschiedlich ist wird der Wasserdruck mit einem geregelten Bypassventil (VB1JA3) gehalten, das von der gemeinsamen Leitung zurück in den Vorratsbehälter fördert.

In jeden Brunnen ist eine Pumpe (BRnJP1) mit nachgeschaltetem Absperrventil (BRnJA1) eingebaut.

a) Erstellen Sie ein Rohrleitungs- und Installationsschema (Anlagenbild) für die Wasserversorgung.

In jedem Brunnen sollen das Niveau und der Druck hinter Pumpe gemessen werden.

Im Vorratsbehälter soll das Niveau gemessen werden, in der gemeinsamen Ableitung Druck und Durchfluss. Alle Messungen werden für Anzeige in einer Warte in der Fabrik und für Steuerung / Regelung benötigt, die Werte aller Niveaumessungen sollen in einem PIMS- System über längere Zeit mitgeschrieben werden.

Kennzeichnen Sie Pumpen, Ventile und Messungen („C“) mit Hilfe der o.a. Kennzeichen (z.B. BR1JP1).

b) Erstellen Sie ein Blockschaltbild der Steuerung und Regelung für eine hierarchisch fein gegliederte Struktur: nur mit „Kästchen“ (ohne eingezeichnete Logik) mit eingetragenen Aggregate- Kennzeichen sowie Pfeilen für Befehle / Sollwerte. Schreiben Sie (exemplarisch) an die Pfeile, was sie meinen (z.B. „EIN/AUS“).

- Alle Pumpen und Ventile sollen („von Hand“) über Bildschirm in der Warte einzeln bedient werden können, sie brauchen daher Antriebssteuerungen.
- Jede Pumpen soll zusammen mit ihrem Absperrventil über je eine Gruppensteuerung automatisch angefahren werden können (Ventil ZU, Pumpe EIN, Ventil AUF). Nennen Sie die Gruppensteuerung „FG“
- Übergeordnet sollen die Brunnenpumpen und getrennt davon die Versorgungspumpen automatisiert sein. (Darüber gibt es keine zusammenfassende Automatik). Nennen Sie auch diese Ebene „Funktions-Gruppe“.
- Das Bypassventil erhält eine Einzelgrößenregelung („JA3). Ihr Sollwert kommt von einer Sollwertlogik, die auf Befehl der übergeordneten Gruppensteuerung für einen sanften Anlauf sorgt.
- Die Parameter der Bypassventilregelung werden über die Durchflussmessung automatisch angepaßt.

3. Mensch-Maschine-Kommunikation 18 Punkte, Vorgabe: 15 Minuten

Eine Drehzahl- geregelte Pumpe fördert aus einem Behälter (0..5 m) Wasser in eine Versorgungsleitung, der Druck wird gemessen und über die Drehzahl geregelt. Die drei Aggregate sind zu einer „Funktionsgruppe Pumpe 1“ zusammengefasst.

a) Skizzieren Sie ein Prozessbild mit geeigneter Darstellungen der Messungen und einer Möglichkeit zur Bedienung auch über die Funktionsgruppensteuerung. Der Anlagenzustand sei „Betrieb“ (Farben, Werte).

b) Begründen Sie in Stichworten, warum Sie welche Darstellung für welche Messung gewählt haben.

c) Welche Signale würden Sie in welche hier sinnvolle IMS- Protokolle wozu aufnehmen? (Liste)

16 Punkte, Vorgabe: 15 Minuten

Während des Betriebes überwacht eine Lichtschranke den Gefahrenbereich. Wird im Betrieb die Lichtschranke unterbrochen, so wird der Scherenantrieb (Elektromotor) gestoppt.

- b) **Welche Ausfallwahrscheinlichkeit** ist für den **Sensor** erlaubt, wenn dieser über „sichere“ Eingabegeräte, eine CPU mit sicherheitsgerichteten Funktionen und sicherheitsgerichtete Ausgabegeräte in die Schaltanlage eingreift? Verwenden Sie die Fehlerwahrscheinlichkeiten aus der Norm (siehe Skript) mit 25%, 10%, 15%, 10% u. 40%.

15 Punkte, Vorgabe: 15 Minuten

Im Bereich einer zentralen Warte gibt es drei Bedien- PCs und einen Auswerte- PC, die wegen der kurzen Leitungen einkanalig sternförmig über einen Switch mit einem Server verbunden sind. Der Server ist über einen weiteren Switch mit bereits vorhandenen Prozessionsstationen verbunden.

verfügbarer als Einzelleitung, sicher gegen elektrische Einstreuungen).

Skizzieren Sie die Anordnung der vorhandenen und neuen Teile **samt den Busverbindungen**, geben Sie geeignete Bustypen an.

28 Punkte, Vorgabe: 25 Minuten

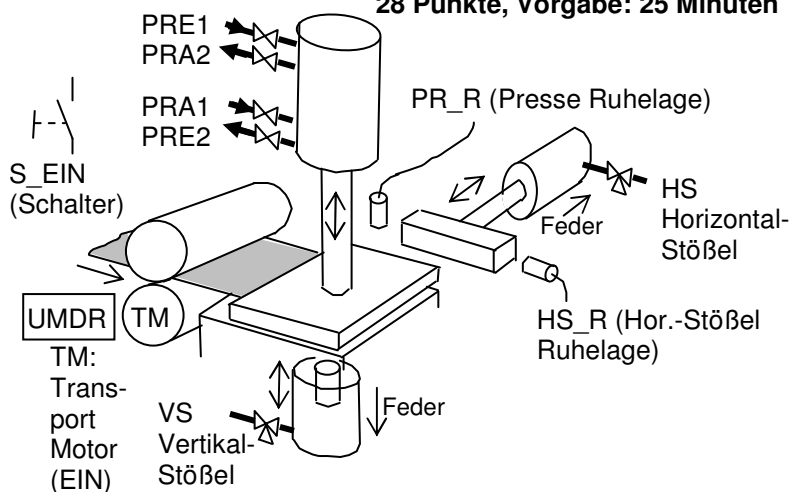
blech mittels einer kleinen hydraulischen Presse soll automatisiert werden. Start durch Schalter S_EIN wenn Initiator HS_R die Ruhestellung des Horizontalstößels meldet. Der Transportmotor TM schiebt Blech in die Presse bis der Endschalter TM_R eine ausgeführte Umdrehung meldet. Da TM_R auch anfangs „1“ hat („Ruhestellung“), muss zum Anhalten die positive Flanke benutzt werden.

PR_R für 2 s gesenkt, schneidet dabei das Blech ab und presst es in die Form. Danach wird die Presse mittels der Ventile PRA wieder gehoben, Ruhestellung wird durch PR_R gemeldet, Ventile PRA werden geschlossen.

oben gehalten und dann durch den Horizontalstoß ausgestoßen. Für diese Bewegungen ist je 1 S zu berücksichtigen. Danach werden die Stößel wieder in Ruhelage gebracht. Wenn S_EIN noch eingeschaltet ist wird der nächste Pressvorgang gestartet.

ventile FRA geschlossen: Diese Ventile öffnen, wenn Spannung anliegt. Die Stoßer werden bei aktiviertem Magnetventil aus ihrem Zylinder hinausbewegt und gehen bei abgeschaltetem Magnetventil zurück.

die Magnetventile anzusteuern: Der „Action Control – Funktionsbaustein“ sei vorhanden. (Eine Strukturierung mit Antriebssteuerungen für die Magnetventile und den Motor ist *nicht* vorzusehen.)



- b) Erstellen Sie eine textliche Variablendeklaration für c),** verwenden Sie nur die oben genannten Signale.

Nun viel Erfolg!

Lösungen:**1. Messwertaufbereitung, Signalausgabe und Leitanlagenaufbau 26 Punkte, Vorgabe: 25 Minuten**

Eine Fertigungsstraße wird umgestellt, dabei sind zwei Bearbeitungsschritte zu ergänzen. Diese sollen durch eine vor-Ort angeordnete Elektronik gesteuert werden. Kabellänge zu Sensoren und Aktoren: max. 10 m.

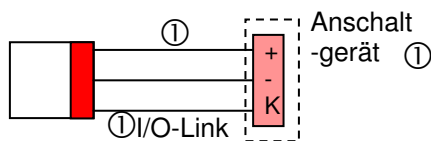
a) Für die Sensoren und die Signaleingabe soll neueste Technik verwendet werden. Es kommt auf minimale Verkabelung und die Möglichkeit der Parametrierung / Diagnose (soweit möglich) über die Leitungen an.

Benötigt werden:

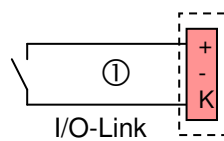
- Initiatoren (Näherungsschalter) mit einstellbarem Schaltabstand, Strombedarf etwa 3 mA,
- Lichtschranken mit einstellbarer Empfindlichkeit, Strombedarf ca. 10 mA,
- einfache Schließer- Kontakte

Skizzieren Sie so viele Standard- Anschluß- Schaltbilder (eines pro Schaltungstyp) wie nötig und benennen Sie darin die Geräte, geben Sie dazu in Stichworten die besonderen Eigenschaften (Vorteile) an.

Initiatoren und Lichtschranken ①



Einfache Kontakte ①



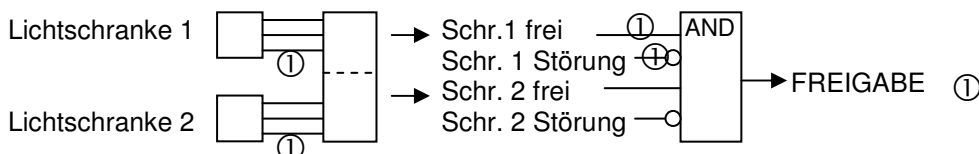
10

- + Stromversorgung über den 3-Leiter-Anschluss, ①
- + Parametrierung und Diagnose durch I/O-Link ①
- + Universelle Schnittstelle I/O-Link ①
- + Leitungsüberwachung ①

- + Universelle Schnittstelle, ①
- erkennt auch einfache Kontakte ①

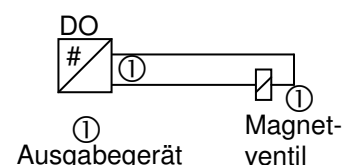
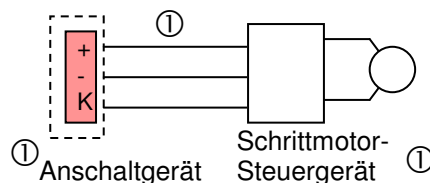
b) An einer Stelle besteht Verletzungsgefahr für Menschen, daher ist das „Hineingreifen“ durch zwei Lichtschranken geschützt. Skizzieren Sie Sensoren und Verknüpfung in der CPU, um mit erhöhter Sicherheit die Maschine stoppen können. Diese läuft, solange dies ein Signal „FREIGABE“ mit log.1 erlaubt. Schon die Störung einer Schranke (Signal von der Eingabe vorhanden) soll die Maschine abstellen.

Beschriften Sie die Signale mit jeweils dem Zustand, der log. 1 zugeordnet ist.



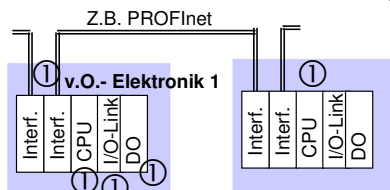
5

c) Skizzieren Sie Standard- Anschlusspläne für die Signalausgabe an „intelligente“ Schrittmotor-Steuerungen sowie einfache Magnetventile (nur 24V- Spule) für pneumatisch arbeitende Stellglieder. Für die Schrittmotoren soll Parametrierung und Diagnose über die Ansteuerung möglich sein. Benennen Sie die Geräte.



6

d) Erstellen Sie eine Anordnungsskizze der vor-Ort-Elektronik, in der die vorkommenden Geräte mit je einem beschrifteten Kästchen pro Typ dargestellt sind. Jeder der beiden neuen Bearbeitungsschritte soll eine eigene Elektronik erhalten. Verbindung zu den anderen Teilen der Anlage per Bus (geeignete Art angeben).



5

2. Steuerung, Regelung, Kennzeichnung

32 Punkte, Vorgabe: 25 Minuten

Für eine Fabrik wird in einem Wasserschutzgebiet aus zwei Brunnen (BR1, BR2,) mit unterschiedlichem Wasserangebot Wasser gewonnen, in einem Vorratsbehälter (VB1) zwischengespeichert und über zwei zueinander redundante Versorgungspumpen (VB1JP1, VB1JP2) mit jeweils nachgeschaltetem Absperrventil (VB1JA1 bzw. ...2) durch eine gemeinsame Leitung in die Fabrik gefördert. Da der Wasserverbrauch sehr unterschiedlich ist wird der Wasserdruck mit einem geregelten Bypassventil (VB1JA3) gehalten, das von der gemeinsamen Leitung zurück in den Vorratsbehälter fördert.

In jeden Brunnen ist eine Pumpe (BRnJP1) mit nachgeschaltetem Absperrventil (BRnJA1) eingebaut.

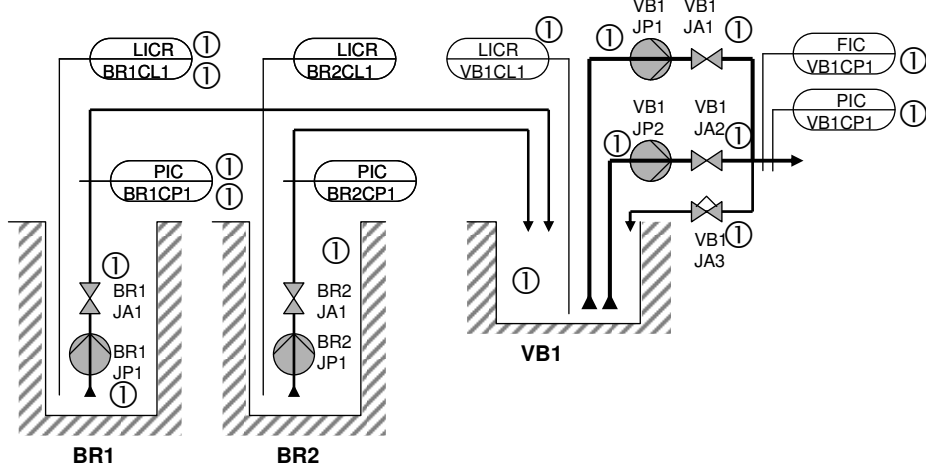
2a) Erstellen Sie ein Rohrleitungs- und Installationsschema (Anlagenbild) für die Wasserversorgung.

In jedem Brunnen sollen das Niveau und der Druck hinter Pumpe gemessen werden.

Im Vorratsbehälter soll das Niveau gemessen werden, in der gemeinsamen Ableitung Druck und Durchfluss.

Alle Messungen werden für Anzeige in einer Warte in der Fabrik und für Steuerung / Regelung benötigt, die Werte aller Niveaumessungen sollen in einem PIMS- System über längere Zeit mitgeschrieben werden.

Kennzeichnen Sie Pumpen, Ventile und Messungen („C“) mit Hilfe der o.a. Kennzeichen (z.B. BR1JP1).

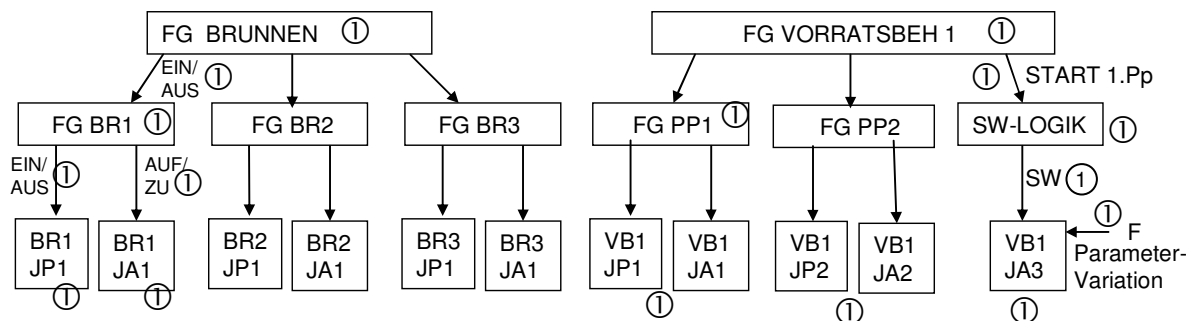


16

b) Erstellen Sie ein Blockschaltbild der Steuerung und Regelung für eine hierarchisch fein gegliederte

Struktur: nur mit „Kästchen“ (ohne eingezeichnete Logik) mit eingetragenen Aggregate- Kennzeichen sowie Pfeilen für Befehle / Sollwerte. Schreiben Sie (exemplarisch) an die Pfeile, was sie meinen (z.B. „EIN/AUS“).

- Alle Pumpen und Ventile sollen („von Hand“) über Bildschirm in der Warte einzeln bedient werden können, sie brauchen daher Antriebssteuerungen.
- Jede Pumpen soll zusammen mit ihrem Absperrventil über je eine Gruppensteuerung automatisch angefahren werden können (Ventil ZU, Pumpe EIN, Ventil AUF). Nennen Sie die Gruppensteuerung „FG“
- Übergeordnet sollen die Brunnenpumpen und getrennt davon die Versorgungspumpen automatisiert sein. (Darüber gibt es keine zusammenfassende Automatik). Nennen Sie auch diese Ebene „Funktions-Gruppe“.
- Das Bypassventil erhält eine Einzelgrößenregelung (..JA3). Ihr Sollwert kommt von einer Sollwertlogik, die auf Befehl der übergeordneten Gruppensteuerung für einen sanften Anlauf sorgt.
- Die Parameter der Bypassventilregelung werden über die Durchflussmessung automatisch angepasst.



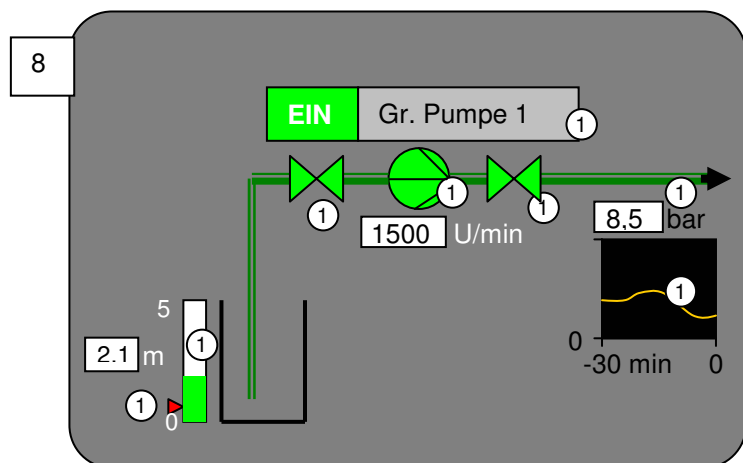
16

3. Mensch-Maschine-Kommunikation

18 Punkte, Vorgabe: 15 Minuten

Drehzahl- geregelte Pumpe mit Absperrventilen fördert aus Behälter (5m),

a) Prozessbild entwerfen



8

b) warum welche Messung wie dargestellt?

Alle Messwerte: dig. Darstellung

-> **Genauigkeit** ①

4

Niveau: Balken ->bessere **Erkennbarkeit**, ①
 -> **Grenzwertdarstellung** ①

Druck: Trend - Kontrolle **über Zeit** ①

c) welche Signale in welche sinnvolle Protokolle?

Meldefolge: alle **Ereignisse** (Sign.-Wechsel) ①

-> **Störungsanalyse** ①

Betr.Prot.: Niveau, Druck,Ppe EIN ①

-> **Betriebsübersicht** ①

Wart.Prot.: Pumpen-Betriebszeit, ①

Ventil-Schaltspiele ①

-> **vorbeugende Wartung** ①

6

4) Sicherheit

16 Punkte, Vorgabe: 15 Minuten

An einer vollautomatischen Blechschere kann man zu Servicezwecken in den Scherbereich hineingreifen. Während des Betriebes überwacht eine Lichtschranke den Gefahrenbereich. Wird im Betrieb die Lichtschranke unterbrochen, so wird der Scherenantrieb (Elektromotor) gestoppt.

a) Bestimmen Sie die erlaubte Ausfallwahrscheinlichkeit der Sicherheitseinrichtung gemäß IEC 61508

unter folgenden Annahmen: Es kann zu schweren Verletzungen einer Person kommen, die häufig zur Aufsicht an der Maschine steht. Eine Abwendung der Gefahr ist mit anderen Mitteln nicht möglich, die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls ist aber gering. Die Sicherheitseinrichtung muss „auf Anforderung“ eingreifen.

Bei C2 / F2 / P2 / W2 ergibt sich **SIL 3**, bei **PFD** bedeutet das **10^{-3}** Ausfälle pro Stunde.

3

b) Welche Ausfallwahrscheinlichkeit ist für den Sensor erlaubt, wenn dieser über „sichere“ Eingabegeräte, eine CPU mit sicherheitsgerichteten Funktionen und sicherheitsgerichtete Ausgabegeräte in die Schaltanlage eingreift? Verwenden Sie die Fehlerwahrscheinlichkeiten aus der Norm (siehe Skript) mit 25%, 10%, 15%, 10% u. 40%.

$$25\% \text{ von } 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-4} \quad \textcircled{3}$$

3

c) Erfüllt die Lichtschranke die Anforderung, wenn 100 Lichtschranken über 100 Stunden getestet wurden und dabei 3 ausfielen? Wenn nicht: was könnte man tun? Rechnen Sie nach! (3 Pkte). „Architektur-Einschränkungen brauchen nicht berücksichtigt werden.“

10

$$\lambda_{Test} = \frac{3}{100 \cdot 100} = 3 \cdot 10^{-4} \quad \textcircled{3} \quad \text{Die Lichtschranke erfüllt die Anforderung nicht.} \quad \textcircled{1}$$

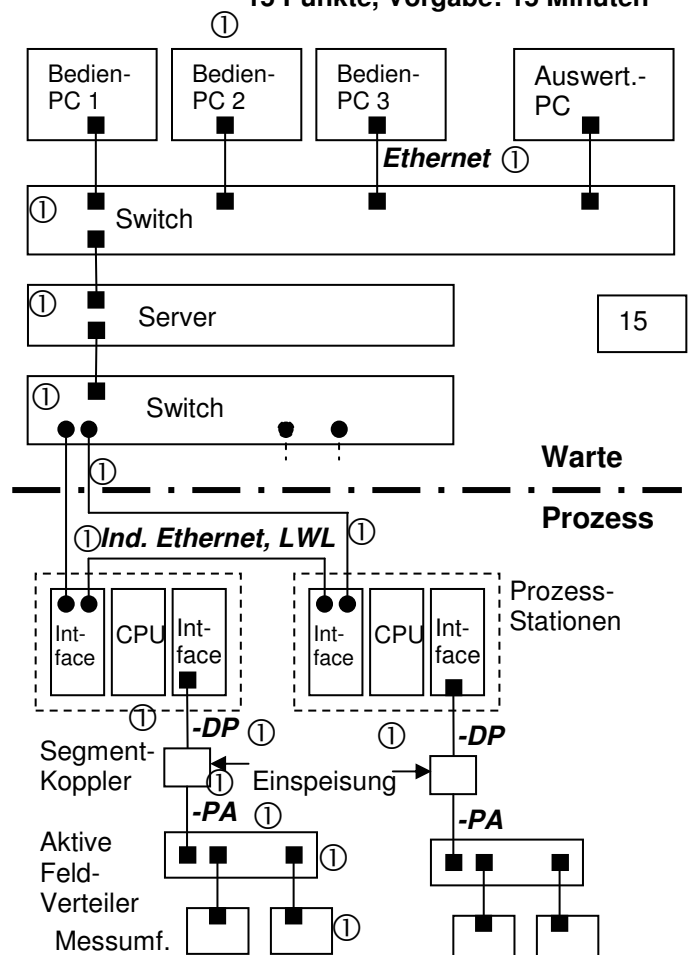
Bei **Parallelschaltung von 2 Lichtschranken:**

$$\lambda_{ges.} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{i \cdot \lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{3 \cdot 10^{-4}} + \frac{1}{2 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}} = \frac{1}{(0,33 + 0,16) \cdot 10^4} = 2,0 \cdot 10^{-4} \quad \textcircled{3} \quad \text{also ausreichend} \quad \textcircled{1}$$

5. Systemkommunikation

15 Punkte, Vorgabe: 15 Minuten

In einer Industrieanlage wird eine Wasseraufbereitung ergänzt. Diese besteht aus zwei „Straßen“, die jeweils durch eine eigene Prozessstation eines Prozessleitsystems gesteuert werden sollen. Im Bereich einer zentralen Warte gibt es drei Bedien-PCs und einen Auswerte-PC, die wegen der kurzen Leitungen einkanalig sternförmig über einen Switch mit einem Server verbunden sind. Der Server ist über einen weiteren Switch mit bereits vorhandenen Prozessstationen verbunden. Die beiden neuen Prozessstationen sind ca. 800 m von der Warte entfernt in der Wasseraufbereitungsanlage angeordnet und sollen geeignet mit dem Switch verbunden werden (wenig Kabelaufwand, trotzdem verfügbarer als Einzelleitung, sicher gegen elektrische Einstreuungen). An die beiden Prozessstationen sind busfähige Sensoren und Aktoren kabelsparend über aktive Verteiler anzuschließen (IP65). Da zwei Wasseraufbereitungsstraßen vorhanden sind kann diese Verbindung ohne Redundanz ausgeführt sein. **Skizzieren Sie die Anordnung** der vorhandenen und neuen Teile samt den Busverbindungen, geben Sie geeignete Bustypen an.



6. Engineering: Ablaufsteuerung

Die Herstellung von Kleinteilen aus Stahlblech mittels einer kleinen hydr. Presse soll automatisiert werden. Start durch Schalter S_EIN wenn Initiator HS_R die Ruhestellung des Horizontalstößels meldet. Der Transportmotor TM schiebt Blech in die Presse bis der Endschalter TM_R eine ausgeführte Umdrehung meldet. Da TM_R auch anfangs „1“ hat muss zum Anhalten die pos. Flanke benutzt werden.

Nun wird die Presse mittels Ventilen PRE für 2 s gesenkt, schneidet dabei das Blech ab und presst es in die Form. Danach wird die Presse mittels PRA wieder gehoben, Ruhestellung wird durch PR_R gemeldet, Ventile PRA werden geschlossen.

Nun wird mittels Magnetventil VS das Formteil durch den Vertikalstößel aus dem Werkzeug gehoben, wird oben gehalten und dann durch den Horizontalstößel ausgestoßen. Für diese Bewegungen ist je 1 s zu berücksichtigen. Danach werden die Stößel wieder in Ruhelage gebracht. Wenn S_EIN noch eingeschaltet ist wird der nächste Pressvorgang gestartet.

Der Transportmotor läuft solange er angesteuert wird. Die Presse wird durch Ventile PRE gesenkt und durch PRA gehoben. Die Stößel werden bei aktiviertem Magnetventil aus ihrem Zylinder hinausbewegt und gehen bei abgeschaltetem Magnetventil zurück.

Die Realisierung soll durch eine SPS erfolgen, die geeignete Ausgabegeräte besitzt um direkt den Motor und die Magnetventile anzusteuern. Der „Action Control“ – Funktionsbaustein sei vorhanden. (Eine Strukturierung mit Antriebssteuerungen für die Magnetventile und den Motor ist *nicht* vorzusehen.)

a) Skizzieren Sie in Funktionsbausteinsprache die Signalbildung zum Anhalten von TM, mit textl. Var.Dekl.

b) Erstellen Sie eine textliche Variablendeklaration für c), verwenden Sie nur die oben genannten Signale.

c) Stellen Sie das Programm für Pressen und Auswerfen in AS ("Ablaufsprache" der Norm 61131) dar.

