

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 30 Punkte, Vorgabe: 25 Minuten**

In einer ausgedehnten Anlage sollen zwei große Drehzahl- geregelte Pumpen mit je einem Ventil vor und hinter Pumpe ergänzt werden. Es sollen jeweils Durchfluss, Druck hinter Pumpe und Lagertemperatur analog gemessen werden. Die Endstellungen der Ventile werden über Endschalter gemeldet.

Das bisherige, „verteilt“ angeordnete Prozessleitsystem bietet keinen Platz mehr, darum soll jede Pumpe eine eigene vor-Ort- Elektronik erhalten: CPU (für Steuerung und Regelung), Ein / Ausgabegeräte und Schnittstellengerät (Verbindung zu bisheriger Anlage). In einem daneben montierten Wandgehäuse befinden sich Leistungsschaltgeräte für die Ventile (Wechselschütze) und Frequenzumrichter für die Pumpen.

- a) Erstellen Sie Standard- Anschlusspläne** (je einen pro Typ) mit allen Anschlüssen und Verbindungen zwischen **Sensoren** und Eingabegeräten (in der Elektronik) für die nachfolgenden Fälle. Geben Sie jeweils das elektrische Abbild des Signals an, und nennen Sie jeweils in Stichworten die wichtigsten Eigenschaften. Die Elektronik besitze entsprechende Eingabegeräte mit Speisemöglichkeit für die Sensoren.
- a1) Stellungsendschalter mit Leitungsüberwachung:** zuverlässig, überwachbar, min. Verkabelung.
- a2) Standard- Analogeingabe** mit Messumformer (Druck) ohne Fremdspeisung, Parametrierung / Diagnose soll ohne zusätzliche Verbindungen durch Leitsystem möglich sein.
- a3) In ein Lager eingeschweißtes Thermoelement** ohne Messumformer im Kopf. Worauf ist bei der Verkabelung zu achten? Welche Funktionalitäten braucht das Eingabegerät, wenn sein digitalisiertes Signal ohne weitere Bearbeitung verwendet werden kann? (in Stichworten angeben)
- b) Erstellen Sie einen Funktionsplan für die Messwertaufbereitung in der CPU:** Bei Analogeingaben sollen in der CPU stets je ein > und < -Grenzsignal gebildet werden. Bei Eingangskreisstörung wie z.B. Leitungsbruch (als Bit vom Eingabegerät mit übertragen) soll das < -Signal nicht „1“ haben und das Analogsignal (genau: Digitalsignal) nicht unter 0% gehen.
- c) Erstellen Sie Standard- Anschlusspläne** für die Signalausgabe (einen für ein Ventil, einen für einen FU):
- c1) „Wechselschütze“ für die Ventile:** In den Leistungsschaltgeräten gibt es Relais für die Befehle AUF und ZU mit potentialfreien 24V-Spulen. Nur bis zu diesen Relais darstellen, ohne 230V- Teil.
- c2) Frequenzumrichter für die Pumpen:** Diese benötigen ein 24V-Signal für einen Optokoppler für „EIN“ und ein 20mA-Signal für die Drehzahl. Nur mit beschrifteten Eingängen des Frequenzumrichters darstellen.
- d) Erstellen Sie eine Anordnungsskizze mit Gerätetypen** einer vor-Ort-Elektronik für eine Pumpe mit ihren Ventilen und Messungen mit Angabe der nötigen Geräte ohne „Prozess“-Darstellung, sowie eine **Signal- Liste ihrer Ein-/Ausgabekanäle**. Die Ein / Ausgabegeräte haben je 2 Kanäle. Geräte-Bezeichnung z.B. „AI“

**2. Steuerung, Regelung 42 Punkte, Vorgabe: 35 Minuten**

Für eine Fabrik wird in einem Wasserschutzgebiet aus drei Brunnen (BR1, BR2, BR3) 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 mit einem geregelten Bypassventil (VB1JA3) eine Mindestmenge von der gemeinsamen Leitung zurück in den Vorratsbehälter gefördert, damit zumindest eine Pumpe schwach laufen kann. In jeden Brunnen ist eine Pumpe (BRnJP1) mit nachgeschaltetem Absperrventil (BRnJA1) eingebaut.

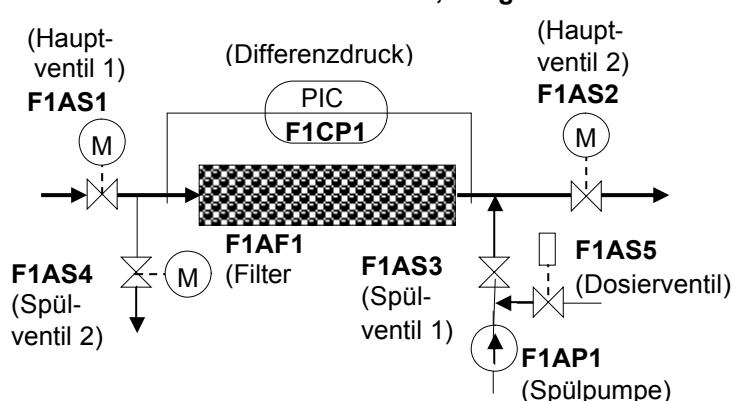
- a) Erstellen Sie ein Rohrleitungs- und Installationsschema** (Anlagenbild) für die Wasserversorgung. In jedem Brunnen sollen das Niveau und der Druck hinter Pumpe gemessen werden. Im Vorratsbehälter soll das Niveau gemessen werden und in der gemeinsamen Ableitung der Druck. Alle Messungen werden für 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“.
  - Die Versorgungspumpen, die aus dem Vorratsbehälter heraus fördern, erhalten außer ihrer Antriebssteuerung für ihr Leistungsschaltgerät noch eine Drehzahlregelung (..YP), deren Sollwert eine spezielle SW-Logik aus der Druckmessung und Signalen von der übergeordneten Gruppensteuerung für jede Pumpe erzeugt.
  - Das Bypassventil erhält eine Einzelgrößenregelung (..JA3), Sollwert kommt ebenfalls von der Sollwertlogik.

- 2c) **Erstellen Sie eine tabellarische Steuerungs- und Regelungsstruktur** (wie Windows-Explorer),  
geben Sie in einer zusätzlichen Spalte die jeweilige Art der Steuerung an.

### 3. Programmiersprachen

50 Punkte, Vorgabe: 40 Minuten

Für eine Industrieanlage wird Kühlwasser benötigt, das aus einem Fluss entnommen wird und gefiltert werden muss. Wenn der Differenzdruck (F1CP1) über dem Filter (F1AF1) größer als „HOCH“ wird muss das Filter durch Spülwasser gereinigt werden, das für 10 Minuten in entgegen gesetzter Richtung von der Spülpumpe (F1AP1) durch das Filter gepresst wird. Vor Einschalten der Spülpumpe müssen zunächst die Hauptventile geschlossen und dann die Spülventile geöffnet werden. Außerdem soll dann auch das Dosierventil F1AS5 geöffnet werden, über das ein Spülmittel hinzugefügt wird. Nach den 10 Minuten soll wieder normaler Betrieb hergestellt werden.



Der Spülvorgang soll durch ein Teilprogramm in einer SPS gesteuert werden. Diese enthält ein weiteres Teilprogramm für ein zweites paralleles Filter und eines für die Bildung einer Spülfreigabe für jedes Filter, damit nicht gleichzeitig beide Filter gespült werden. Der Spülvorgang für ein Filter darf nur gestartet werden, wenn außer dem Überschreiten des Differenzdruck- Grenzwertes HOCH auch noch die Spülfreigabe vorliegt.

Die Haupt- und Spülventile werden durch Elektromotoren betätigt. Die Befehle AUF bzw. ZU sollen bei erreichten Endlagen durch Wegendschalter über die SPS abgesteuert werden. Ihre Motoren werden über auf der SPS- Montageschiene angebrachte Motorstarter geschaltet.

Das Dosierventil ist ein Magnetventil, das bei 24V an der Spule öffnet. Es liefert keine Rückmeldung.

Die Spülpumpe wird ebenfalls über einen Motorstarter geschaltet. Dieser liefert die Rückmeldung EIN.

- a) **Erstellen Sie eine textliche Variablendeklaration** für b) gemäß DIN 61131 auf der linken Seite einer A4-Seite mit Variablenamen und Klartext- Erläuterung als Kommentar für Filter 1 (F1). Leiten Sie die Signalnamen von den Anlagenkennzeichen ab, z.B. „F1AP1\_BE“ für „Spülpumpe Befehl EIN“. Verwenden Sie nur solche Signale, die in der obigen Beschreibung genannt sind. Das Grenzsinal „>HOCH“ soll im übergeordneten Programm der SPS aus der analogen Druckmessung gebildet werden.
- b) **Erstellen sie ein Programm zum automatischen Spülen des Filters 1(F1)** in der „Ablaufsprache“ der DIN 61131 rechts neben der Deklaration. Eventuelle Verknüpfungen für die Weiterschaltbedingungen können Sie direkt als "Strukturierter Text" angeben. Geben Sie soweit möglich mehrere Befehle gleichzeitig. Überwachen Sie soweit möglich jeden gegebenen Befehl. Die Befehle des Programms sollen direkt an die Motorstarter bzw. über DO an das Magnetventil gegeben werden, solange ein Motor laufen bzw. das Ventil offen sein soll (keine Selbsthaltung außerhalb der SPS). Der Funktionsbaustein „Action Control“ sei in der SPS integriert.
- c) **Skizzieren Sie in der „Funktionsbausteinsprache“** der IEC 61131 das übergeordnete Programm der SPS. Es gibt den Spülprogrammen der beiden Filter die „Spülfreigabe“ und liefert ihnen die Diff.-Druck-Grenzsignale „HOCH“, wenn der Diff.-Druck > 3 bar ist. Vom Eingabegerät kommen 0..100% für 0..5 bar. Ein Filter- Spülprogramm erhält Freigabe, wenn die Hauptventile des anderen Filters schon mindestens 30 s lang offen sind und die übergeordnete Steuerung auf „AUTOMATIK“ steht. Dazu enthält sie ein Flip-Flop, das von der Warte ein / ausgeschaltet wird. Sehen Sie dazu nur Eingänge vor. Benutzen Sie die Norm - Symbole.

### 4. Mensch- Maschine- Kommunikation

28 Punkte, Vorgabe: 20 Minuten

Die Kühlwasserversorgung aus Aufgabe 3 soll – neben anderen Anlagenteilen – über einen PC bedient werden, ein zweiter PC soll für die Auswertung und Speicherung der Prozessdaten verwendet werden.

- a) **Skizzieren Sie ein Prozessbild** (Fließbild), in dem die beiden Filter dargestellt sind. Beide entsprechen dem Bild des Filters 1 in Aufg. 3 und sind parallel geschaltet. Außer der Differenzdruckmessung ( $\pm 5$  bar) soll es jeweils noch eine Durchflussmessung (für den Normalbetrieb, max. 100 cbm/h ) und eine Druckmessung hinter Spülpumpe geben (max. 5 bar). Automatische Spülung erfolgt bei  $\Delta P > 3$  bar, Alarm bei  $>4$  bar. Stellen Sie die Messungen geeignet dar um das Bedienpersonal optimal zu informieren. Die Bedienung soll über eine beschriftete Schaltfläche für eine den beiden Filtern übergeordnete „FG Spülen“ erfolgen.
- b) **Erläutern Sie stichwortartig, warum** Sie für welche Messung welche **Darstellung** gewählt haben.
- c) **Listen Sie auf**, welche **Signale** Sie in welche sinnvollen **Protokolle** des Datenauswertungs- PCs aufnehmen würden: jeweils Protokollbezeichnung, übergebene Signale und Begründung. Fassen Sie gleichartige Signale zusammen, wie z.B. „Endstellungen“.

Und nun viel Erfolg!

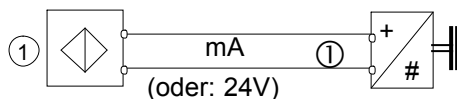
## Lösungen:

### 1. Messwertaufbereitung, Signalausgabe und Leitanlagenaufbau 30 Punkte, Vorgabe: 25 Minuten

#### a) Anschlusspläne Sensoren

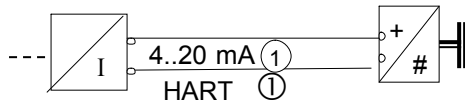
a1) **Stellungsendschalter mit Leitungsüberwachung**, zuverlässig, minimaler Verkabelungsaufwand:

14



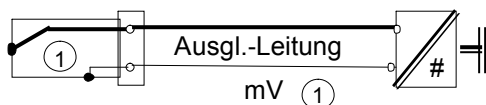
- + Eingangskreisüberwachung: Drahtbruch u. Erdschluss ①
- + Hohe Zuverlässigkeit durch kontaktlosen Schalter ①

a2) **Standard-Analogeingabe** mit Messumformer ohne Fremdspeisung, Parametrierung / Diagnose soll ohne zusätzliche Verbindungen durch Leitsystem möglich sein.



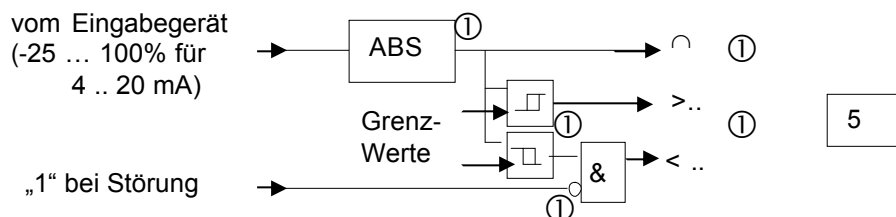
- + Eingangskreisüberwachung: Drahtbruch u. Erdschluss ①
- + keine Abhängigkeit vom Leitungswiderstand ①
- + HART für Parametrierung / Diagnose ①
- alternativ: „keine Fremdspeisung nötig“ (①)

a3) **in Lager eingeschweißtes Thermoelement** ohne Messumformer im Kopf. Worauf ist bei der Verkabelung zu achten? Welche Funktionalitäten sollte das Eingabegerät enthalten?



- + Ausgleichsleitung bis zum Eingabegerät ①
- + Vergleichsstellen- Temperaturkompensation und u. Linearisierung im Eingabegerät ①
- + Potenzialtrennung im Eingabegerät ①

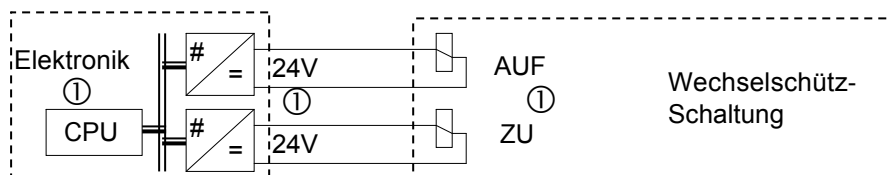
b) **Messwertaufbereitung in der CPU:** Bei Analogeingaben sollen in der CPU stets je ein > und < -Grenzsignal gebildet werden. Bei Eingangskreisstörung (als Bit verfügbar) soll das < -Signal nicht „1“ haben und das Analogsignal (in digitaler Darstellung) nicht unter 0% gehen. Stellen Sie die dazu in der CPU nötigen Funktionen in Funktionsbausteinsprache dar.



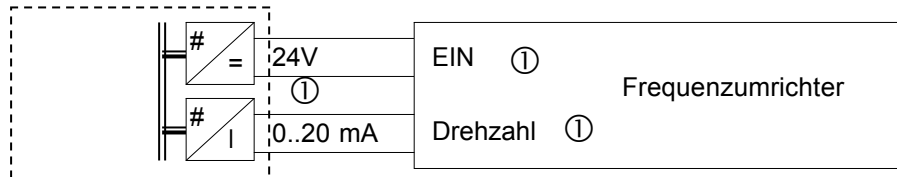
#### c) Anschlusspläne Signalausgabe

##### c1) Wechselschütze

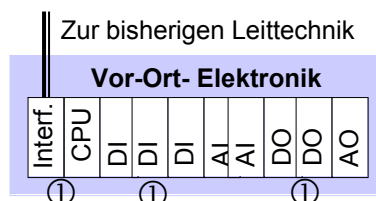
6



##### c2) Frequenzumrichter



#### d) Anordnungsskizze / Kanal- Liste



Ventil vor Ppe Endst AUF	DI
Ventil vor Ppe Endst ZU	DI
Ventil hi Ppe Endst AUF	DI
Ventil hi Ppe Endst ZU	DI
Ppe Rückm. EIN	DI
Druck hi Ppe	AI
Durchfluss	AI
Lagertemperatur	AI (ThEI.)
Ventil vor Ppe Bef. AUF	DO
Ventil vor Ppe Bef. ZU	DO
Ventil hi Ppe Bef. AUF	DO
Ventil hi Ppe Bef. ZU	DO
Pumpe Bef. EIN	DO
Pumpendrehzahl	AO

5

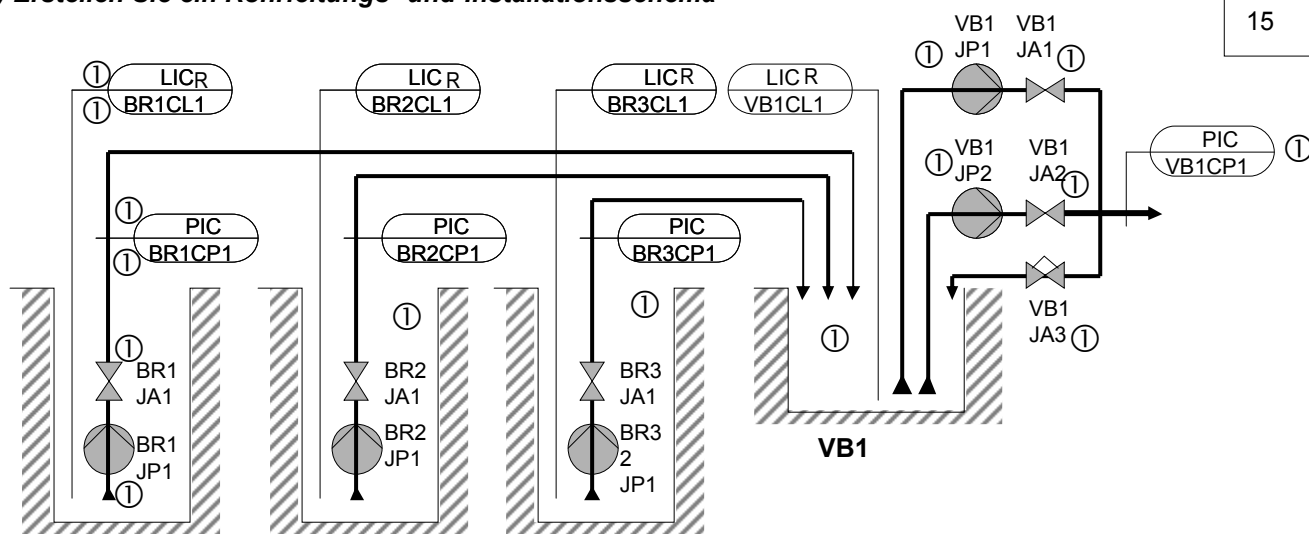
①

①

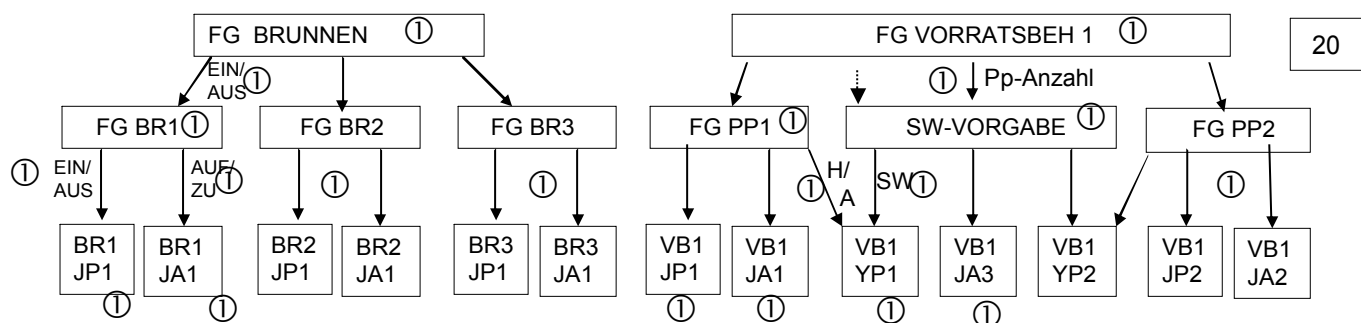
## 2. Steuerung, Regelung

42 Punkte, Vorgabe: 35 Minuten

a) Erstellen Sie ein Rohrleitungs- und Installationsschema



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“).

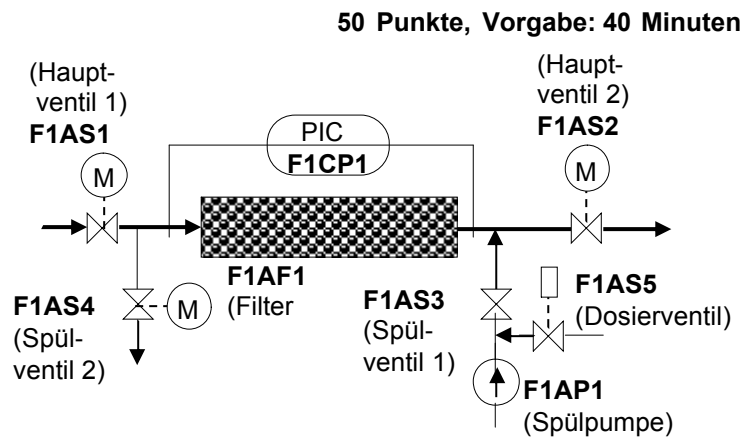


2c) Erstellen Sie eine tabellarische Steuerungs- und Regulationsstruktur (wie Windows-Explorer), „Kennzeichen“ ausreichend. Geben Sie in einer zusätzlichen Spalte die jeweilige Art der Steuerung an.

FG BRUNNEN	Verknüpfungssteuerung ①
FG BR1	Ablaufsteuerung ①
BR1JP1	Antriebssteuerung ①
BR1JA1	Antriebssteuerung
FG BR2	Ablaufsteuerung
BR2JP1	Antriebssteuerung
BR2JA2	Antriebssteuerung
FG BR3	Ablaufsteuerung
BR3JP1	Antriebssteuerung
BR3JA2	Antriebssteuerung
FG VORRATSBEHÄLTER	Verknüpfungssteuerung ①
FG PP1	Ablaufsteuerung ①
VB1JP1	Antriebssteuerung
VB1JA1	Antriebssteuerung
FG PP2	Ablaufsteuerung
VB1JP2	Antriebssteuerung
VB1JA2	Antriebssteuerung
SW-VORGABE ①	(Analogschaltung)
VB1YP1	(Einzelgrößenregler)
VB1YP2 ①	(Einzelgrößenregler)
VB1JA3	(Einzelgrößenregler)

### 3. Programmiersprachen

Für eine Industrieanlage wird Kühlwasser benötigt, das aus einem Fluss entnommen wird und gefiltert werden muss. Wenn der Differenzdruck (F1CP1) über dem Filter (F1AF1) größer als „HOCH“ wird muss das Filter durch Spülwasser gereinigt werden, das für 10 Minuten in entgegengesetzter Richtung von der Spülpumpe (F1AP1) durch das Filter gepresst wird. Vor Einschalten der Spülpumpe müssen zunächst die Hauptventile geschlossen und dann die Spülventile geöffnet werden. Außerdem soll dann auch das Dosierventil F1AS5 geöffnet werden, über das ein Spülmittel hinzugefügt wird. ...



a) **Erstellen Sie eine textliche Variablendeklaration** gemäß DIN 61131 auf der linken Seite einer A4-Seite mit Variablenamen und Klartext- Erläuterung als Kommentar für Filter 1 (F1). Leiten Sie die Signalnamen von den Anlagenkennzeichen ab, z.B. „F1AP1\_BE“ für „Befehl Spülpumpe EIN“. Verwenden Sie nur solche Signale, die in der obigen Beschreibung genannt sind. Das Grenzsinal „>HOCH“ soll im übergeordneten Programm der SPS aus der analogen Druckmessung gebildet werden.

b) **Erstellen sie ein Programm zum automatischen Spülen des Filters 1 (F1)** in der „Ablaufsprache“ der DIN 61131 rechts neben der Deklaration. Eventuelle Verknüpfungen für die Weiterschaltbedingungen können Sie in "Strukturiertem Text" angeben. Der Funktionsbaustein „Action Control“ sei in der SPS integriert.

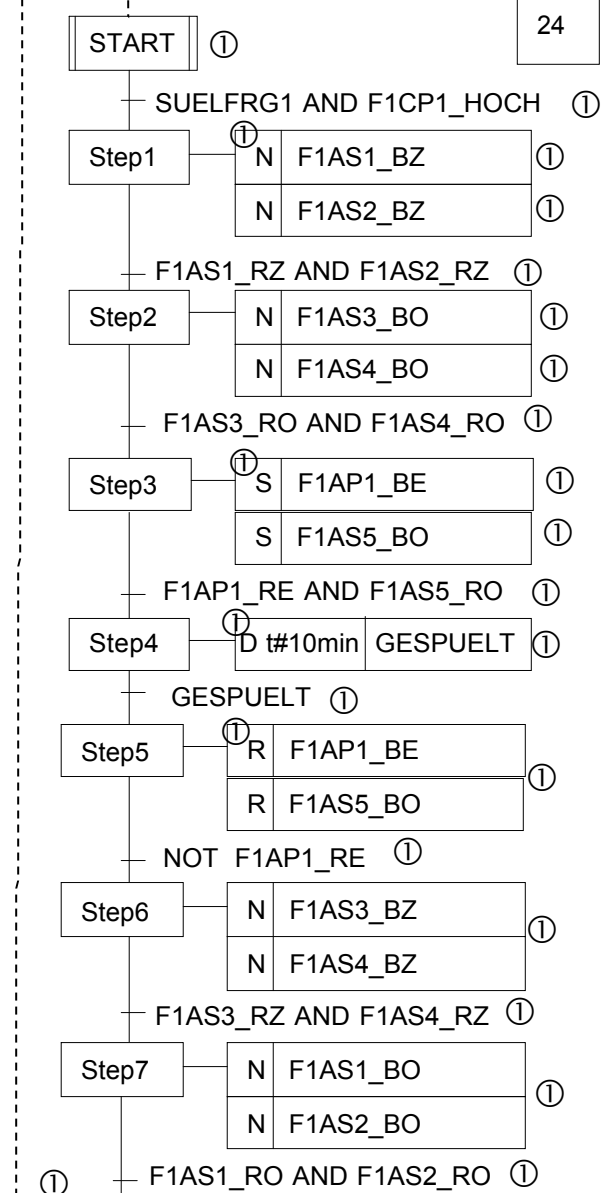
a) PROGRAM SPUELEN ①

```
VAR_INPUT ①
    SPUELFRG1: BOOL; (*Spuefreigabe*)
    F1CP1_HOCH: BOOL (*Diff.Druck > HOCH*)
    F1AS1_RO: BOOL;  (*Hauptventil 1 OFFEN*)
    F1AS1_RZ: BOOL;  (*Hauptventil 1 ZU*)
    F1AS2_RO: BOOL;  (*Hauptventil 2 OFFEN*)
    F1AS2_RZ: BOOL;  (*Hauptventil 2 ZU*)
    F1AS3_RO: BOOL;  (*Spülventil1 OFFEN*)
    F1AS3_RZ: BOOL;  (*Spülventil1 ZU*)
    F1AS4_RO: BOOL;  (*Spülventil 2 OFFEN*)
    F1AS4_RZ: BOOL;  (*Spülventil 2 ZU*)
    F1AP1_RE: BOOL;  (*Spülpumpe EIN*)
END_VAR ①
```

```
VAR_OUTPUT ①
    F1AS1_BO: BOOL;  (*Hauptventil 1 Bef. AUF*)
    F1AS1_BZ: BOOL;  (*Hauptventil 1 Bef. ZU*)
    F1AS2_BO: BOOL;  (*Hauptventil 2 Bef. AUF*)
    F1AS2_BZ: BOOL;  (*Hauptventil 2 Bef. ZU*)
    F1AS3_BO: BOOL;  (*Spuelventil 1 Bef. AUF*)
    F1AS3_BZ: BOOL;  (*Spuelventil 1 Bef. ZU*)
    F1AS4_BO: BOOL;  (*Spuelventil 2 Bef. AUF*)
    F1AS4_BZ: BOOL;  (*Spuelventil 2 Bef. ZU*)
    F1AP1_BE: BOOL;  (*Spuelpumpe Bef. EIN*)
    F1AS5_BO: BOOL;  (*Dosierventil Bef. AUF*)
END_VAR
```

```
VAR
    GESPUELT: BOOL;  (*Spuelzeit zu Ende*)
END_VAR
```

b)

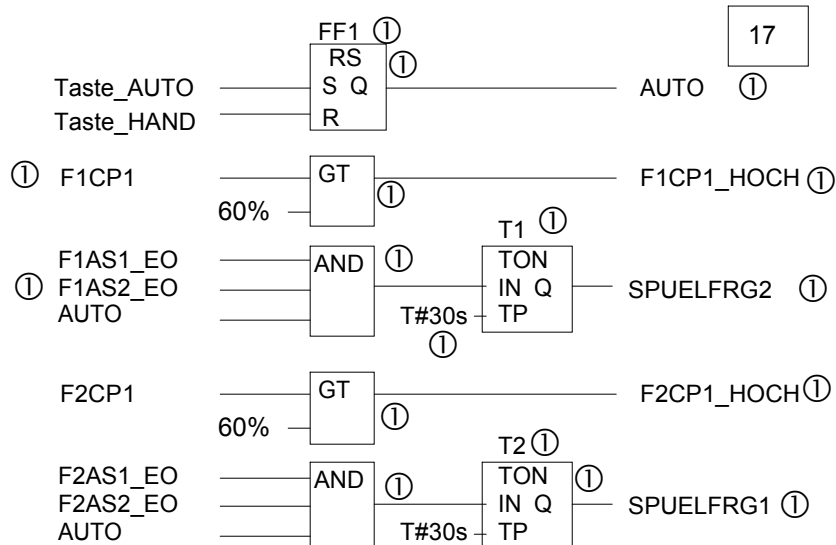


3c) skizzieren Sie in „Funktionsbausteinsprache“ der IEC 61131 das übergeordnete Programm der SPS:

```

PROGRAM SPUELFREIGABE
VAR_INPUT
  TASTE_AUTO: BOOL;
  TASTE_HAND: BOOL;
  F1CP1: REAL;
  F1AS1_RO: BOOL;
  F1AS2_RO: BOOL;
  F2CP2: REAL;
  F2AS1_RO: BOOL;
  F2AS2_RO: BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
  F1CP1_HOCH: BOOL;
  SPUELFRG1: HOCH;
  F2CP1_HOCH: BOOL;
  SPUELFRG2: HOCH;
END_VAR
VAR
  AUTO: BOOL;
  FF1: RS;
  T1, T2: TON;
END_VAR

```



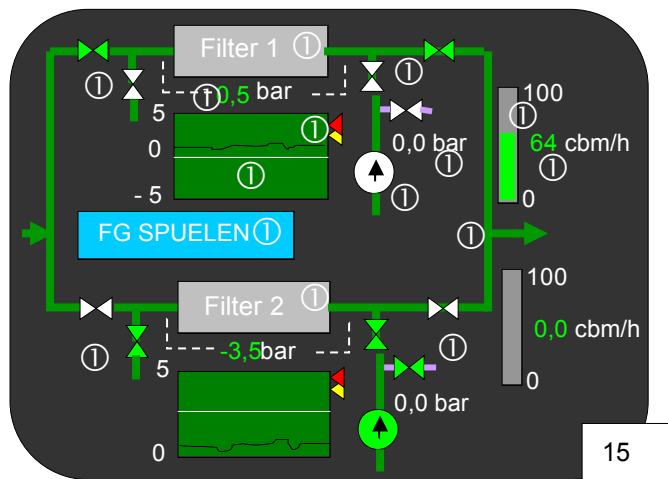
#### 4. Mensch- Maschine- Kommunikation

28 Punkte, Vorgabe: 20 Minuten

Die Kühlwasserversorgung aus Aufgabe 3 soll – neben anderen Anlagenteilen – über einen PC bedient werden, ein zweiter PC soll für die Auswertung und Speicherung der Prozessdaten verwendet werden.

a) **Skizzieren Sie ein Prozessbild** (Fließbild), in dem die beiden Filter dargestellt sind. Beide entsprechen dem Bild des Filters 1 in Aufg. 3 und sind parallel geschaltet. Außer der Differenzdruckmessung ( $\pm 5$  bar) soll es jeweils noch eine Durchflussmessung (für den Normalbetrieb, max. 100 cbm/h) und eine Druckmessung hinter Spülpumpe geben (max. 5 bar). Automatische Spülung erfolgt bei  $\Delta P > 3$  bar, Alarm bei  $>4$  bar.

Stellen Sie die Messungen geeignet dar um das Bedienpersonal optimal zu informieren. Die Bedienung soll über eine beschriftete Schaltfläche für eine den beiden Filtern übergeordnete „FG Spülen“ erfolgen.



b) **Erläutern Sie stichwortartig, warum** Sie für welche Messung welche **Darstellung** gewählt haben.

- Alle: Digitalanzeige  
wegen *genauer Anzeige*, (1)
- Differenzdruck: Trend  
Darstellung Prozessverlauf *über Zeit* (1)  
zur *besseren Überwachung* (1)  
mit *Grenzwertmarken* (1)
- Durchfluss: Balkendiagramm  
*schnellere Übersicht* (1)

5

c) **Listen Sie auf**, welche **Signale** Sie in welche sinnvollen **Protokolle** der Datenauswertung aufnehmen würden: jeweils Protokollbezeichnung, übergebene Signale und Begründung.  
 Fassen Sie gleichartige Signale zusammen, wie z.B. „Endstellungen“.

8

Meldefolgeprotokoll:	alle Zustandsmeldungen Alle Grenzwertüber- / Unterschreitungen	Störungsaufklärung „	(2) (1)
Betriebswertprotokoll:	Differenzdrücke, Durchflüsse	Betriebs- Beurteilung	(2)
Wartungsprotokoll:	„Pumpen EIN“ (Betriebsstunden) AUF / ZU- Befehle an Motorventile (Schaltspiele)	Wartungszeitpunkt „	(2) (1)