

Beantworten Sie bitte nachstehende Fragen kurz bzw. erstellen Sie Hand – Skizzen auf gesonderten, mit Ihrem Namen gekennzeichneten Blättern unter Angabe der jeweiligen Aufgaben – Nr.:

## 1. R&I-Schema, Kennzeichnung

35 Punkte, 30 Minuten

In einer Industrieanlage gibt es ein Rohstoff-Zwischenlager (flüssig) mit **drei Tanks**, die über je ein **Ventil** an eine Sammelleitung angeschlossen sind. Für das **Füllen** und **Leeren** gibt es einen **Schlauchanschluss** für Tankfahrzeuge. Zwischen diesem und der Sammelleitung gibt es eine **Pumpe**, hinter und vor der je zwei Ventile die Verbindung zum Schlauchanschluss und zur Sammelleitung herstellt (insgesamt **4 Ventile**), so dass die Pumpe bei entsprechendem Öffnen und Schließen der Ventile zum Füllen und Leeren eingesetzt werden kann.

Hinter der Pumpe befindet sich eine **Durchflussmessung**, über die die Steuerung die Pumpe bei fehlender Mindestmenge abschaltet. Jeder Tank besitzt eine Niveaumessung, die bei „HOCH“ und „TIEF“ Alarme gibt und bei „SEHR HOCH“ und „SEHR TIEF“ über die Steuerung das Füllen bzw. Leeren abschaltet. Die Werte aller Messungen werden in einer Warte angezeigt.

- a) **Skizzieren Sie ein „Rohrleitungs- und Installations- Schema“** mit Tanks, Rohrleitungen, Messungen, Ventilen und Pumpe.  
Klassifizieren und kennzeichnen Sie alle PLT-Stellen nach DIN 62424 (einschl. der Angaben „außerhalb des Ovals“). Alle Objekte gehören zur gleichen Teilanlage, Sie brauchen daher (vereinfachend) nur einen Level für die Kennzeichnung benutzen, z.B. „QM01“ für das erste Ventil. Die Tanks heißen „CM..“.  
Stellen Sie – soweit direkt möglich – Einwirkungen von Signalen der Messung auf Aktoren durch gestrichelte Linien dar.
- b) **Skizzieren Sie ein Strukturbild einer automatischen Steuerung** als beschriftete „Kästchen“. Stellen Sie Tasteneingaben an die Automatik und Befehle zwischen den Kästchen durch beschriftete Pfeile dar.  
Der Tank soll mit Tasten vorgewählt werden können. Durch Betätigen von Tasten für „FÜLLEN“ oder „LEEREN“ soll der jeweilige Vorgang gestartet und mit Taste „AUS“ gestoppt werden. Da diese Eingaben Pulse von einer Bildschirmbedienung sind müssen sie in einer Logik gespeichert werden.  
Das Starten und Beenden eines Füll- oder Leerungsvorgangs ist ein Ablauf, der je nach Vorwahl entsprechend variiert wird.  
Alle Ventile (E-Motor-Antrieb mit Endschaltern) und die Pumpe (Selbsthaltung im Schaltgerät) erhalten je eine Antriebssteuerung.

## 2. Programmiersprachen (vgl. Aufg. 1, Nr.2 ist aber unabhängig lösbar)

35 Punkte, 30 Minuten

Eine Tankanlage (siehe Aufg. 1) besteht aus drei Tanks mit je einem Absperrventil, einer Pumpe und je 2 Ventilen zum „Füllen“ und zum „Leeren“, damit sie für beide Vorgänge verwendet werden kann.

Füllen und Leeren soll durch eine Ablaufsteuerung gesteuert werden, deren Ablauf je nach gewähltem Vorgang und gewünschtem Tank variiert wird. Dazu stehen gespeicherte Signale von einer Logik zur Verfügung.

**Skizzieren Sie eine Ablaufsteuerung mit Verzweigungen je nach Vorwahl und Zusammenführungen.**  
*Deuten Sie zur Vereinfachung die Programm-Teile für Tank 2 und 3 nur an..*

Start durch Befehl „Füllen“ oder „Leeren“. Zuerst werden (sicherheitshalber) alle 4 Ventile rund um die Pumpe geschlossen, und dann die Pumpe gestartet. Danach werden die 2 Ventile zum Füllen bzw. die 2 Ventile zum Leeren geöffnet und dann der Pumpe 5s zum Anlaufen Zeit gelassen. Danach wird das Absperrventil des gewünschten Tanks geöffnet und dann eine Meldung gegeben.

Beenden durch Taste „AUS“. Danach wird zunächst das geöffnete Tank-Ventil geschlossen, die Pumpe abgeschaltet, und dann werden (sicherheitshalber) stets alle vier Ventile um die Pumpe herum geschlossen.

Alle Ventile besitzen Endschalter für „AUF“ und „ZU“, die Pumpe hat elektrische Selbsthaltung im Schaltgerät und liefert die Rückmeldungen „EIN“ und „AUS“.

Eingangs- und Ausgangsvariable können Sie mit abgekürztem Klartext bezeichnen. Kennzeichnung nach Norm (Referenz- und Signalkennzeichnung) wird mit 5 Punkten mehr bewertet. Als Referenzkennzeichen reicht hier (vereinfachend) ein Level, z.B. „=QM01“ für Ventil 1.



### 3. Geräteeinsatz, Systemkommunikation

30 Punkte, 30 Minuten

Ein Tanklager (vgl. Aufg. 1) soll automatisch gesteuert werden. Dazu soll vor-Ort ein Schrank aufgestellt werden, in dem eine **SPS** und **Niederspannungs-Schaltgeräte** eingebaut werden sollen. Die SPS soll mit möglichst hoher Verfügbarkeit (**Geräte- und Leitungsredundanz**) mit einer **300 m** entfernten zentralen Warte verbunden werden, in der es bereits **Bedienkomponenten (Bildschirmbedienung)** für andere Anlagenteile mit einem **redundanten Kommunikationsbus** gibt. Die anderen Anlagenteile sind über redundante Switches an redundante Kommunikationsserver angeschlossen. Diese **Switches** haben noch **freie Twisted-Pair-Ports**.

Zu steuern sind:

- 7 Ventile mit E-Motor-Antrieb (400 V AC 3~) mit Endschaltern für OFFEN und ZU,
- 1 Pumpe mit E-Motor-Antrieb (400 V AC 3~)

Die Niederspannungs-Schaltgeräte sind durch einen speziellen Bus ansteuerbar (z.B. Mollen/Eaton).

Zu messen sind:

- je zwei Ventil-Endstellungen mit Näherungsschaltern (in NAMUR oder AS-I verfügbar),
- 3 x Tank-Niveau
- 1 x Durchfluss durch die Pumpe
- 3 x Temperatur in den Tanks (in Aufg. 1 nicht verwendet!)

**Erstellen Sie eine Anordnungsskizze** aller nötigen Geräte einschl. Spannungsversorgung und Bediengeräte (Server usw.). Zeichnen Sie die Verbindungen zwischen den Geräten ein und geben Sie deren Art an (verdrahtet oder Bus-Typ).

Es steht ein Gerätesystem für DIN-Schienen-Montage zur Verfügung, bei dem die I/O-Geräte je 2 Kanäle besitzen. Geben Sie die Geräte-Arten mit Abkürzungen an wie z.B. „DI“.

### 4. EMV

25 Punkte, Vorgabe: 20 Minuten

In einem industriellen Prozess sollen mit einer Mess-Sonde Oberflächentemperaturen gemessen werden. Diese besteht aus einem **Thermoelement**, dessen Schweißstelle direkt auf die zu prüfende Oberfläche gedrückt wird, und einer **Lampe (230 V AC 50 Hz)**. Die **Thermospannung (0...45 mV für 0...600 °C)** wird in einem potenzial-trennenden **Messverstärker auf 0...10 V** umgesetzt und über ein Eingabegerät weiter ausgewertet. **Messverstärker und Eingabegerät werden durch eine Spannungsversorgung am 230 V AC – Netz versorgt, Restwelligkeit bei 50 mV.** Diese wirkt sich beim Messverstärker nur auf den Ausgang aus.

Die Genauigkeit der **Messung soll bei 5% liegen, Aktualisierung alle 200 ms reicht aus.**

Die **Lampenleitung streut 5 mV (sinusförmig)** auf die Thermoelement-Leitung und **2 mV auf den Verstärker-ausgang ein.** Das **230 V AC – Netz streut wegen der speziellen Anordnung 2 mV auf die Thermoelement-Leitung ein.**

- Skizzieren Sie die Anordnung (Sensor, Lampe, Verstärker, Eingabe, Spannungsversorgung)** und stellen Sie darin die Beeinflussungen dar.
- Erstellen Sie eine Kopplungsmatrix**
- Wie könnte man die Beeinflussung in dieser Anordnung verringern, wenn sie sich als unzulässig hoch erweist?**

### 5. Sicherheit

10 Punkte 10 Minuten

An einer Tiefziehpresse muss ein Arbeiter während einer Schicht **laufend vorgefertigte Blechteile** von Hand einlegen. Dabei könnte er mit einer Hand in die Presse kommen und die Hand verlieren. Daher ist das Absenken des Press-Stempels nur durch **Zweihandbedienung** außerhalb des Gefahrenbereichs möglich. Außerdem soll aber noch ein **Lichtvorhang (Lichtschranken)** installiert werden.

Die Gefahr, trotzdem verletzt zu werden wird als **vernachlässigbar** angesehen, **Vermeidung ist wahrscheinlich.**

- Welcher Safety Integrity Level ist zu fordern?** (Für diesen Fall gilt der Graph nach DIN 62061)
- Welche Fehler-Wahrscheinlichkeit (PFD oder PFH? Wert?) ist für den Lichtvorhang zu fordern?**
- Es wurde ein bestimmter Lichtvorhang-Typ ausgewählt, ist er geeignet?**  
100 Geräte dieses Typs wurden über 1000 Std. getestet. Dabei hat nur eines einmal bei Lichtstrahl-Unterbrechung nicht angesprochen.

Viel Erfolg!