

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

1. Systemkommunikation

30 Punkte, 30 Minuten

Erstellen Sie eine HW- Anordnungsskizze mit Geräten und Verbindungen (konventionell und Bus, dargestellt wie verkabelbar) für eine sinnvolle Lösung der folgenden Aufgabenstellung für ein Angebot. Gleichartige Geräte (z.B. „Analysemessungen“) können zu einem "Kästchen" zusammengefasst werden.

Wasseraufbereitungsanlage, in eigenem Gebäude, **mit modularem PLS** zu steuern, im Prozess:

- 10 Analysemessungen (mit PROFIBUS – Anschluss, umfangreiche Diagnosefunktionen),
- 20 sonstige Messungen wie Niveau, Druck usw. (analog, keine Fremd- Spannungsversorgung zusätzlich zur Messleitung vorsehen, mit oder ohne Feldbus – Anschluss)
- 6 Dosierventile: Magnetventile, ohne Feldbusanschluss, direkt von Elektronik-Ausgabegeräten steuerbar, jeweils nur mit „OFFEN“- Endschalter als kontaktlose Schalter mit 2-Leiter – Anschluss.
- 8 Pumpen (DS-Asynchr.-Motoren, ohne Regelung, ohne Bus-Schnittst.), geschaltet über Leistungsschütze in einem Schaltschrank neben der Elektronik, Rückmeldungen EIN u.AUS vom Leistungsschütz
- 12 Absperrschieber (E-Motoren, Leistungsschütze wie Pumpen) mit Weg- Endschaltern (kontaktlose Geber, mit noch zu wählendem Bus-Anschluss oder verdrahtetem 2-Leiter – Anschluss)

Sieb- und Pumphaus für Frischwasser von einem Fluss, ca. 600 m entfernt, von der SPS mit zu steuern. Die Übertragung ist gegen starke elektrische Störungen und zweikanalig auszulegen. Im einzelnen:

- 2 redundante Pumpen mit „integriertem Antrieb“ (Leistungsteil und Drehz.-Regel.), mit je einem Feldbusanschluss, Verbindung einer Pumpe mit *einem* Übertragungskanal ausreichend,
- 2 Rechen – Antriebe: DS-Asynchr.-Motoren, eine Richtung laufend, geschaltet über elektronische Leistungsschaltgeräte in der Elektronik vor-Ort (im Sieb- und Pumphaus),
- 4 Absperrschieber: DS-Asynchr.-Motoren, geschaltet über elektronische Leistungsschaltgeräte in der Elektronik vor-Ort, mit Rückmeldungen „AUF“ und „ZU“ über Weg-Endschalter als kontaktlose Geber, in 2-Leiter- Anschluss (oder Bus-Anschl.), ohne Fremdspeisung auszuführen,
- 2 Niveau- und 4 Druckmessungen (Messumformer mit 20 mA – Ausgang / Bus-Anschl.), ohne Fremdsp.

Anzeige / Bedienung über 2 PC sowie **IMS u. Engineering** über 1 PC im Leitstand neben Elektronikraum.

2. Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit

15 Pkte., 20 Minuten

An einer Tiefzieh- Presse für komplizierte Stahlblechteile verhindert eine Lichtschranke, dass der Bediener während des Pressvorgangs in den Pressbereich hineingreift. Bei Unterbrechung wird die Maschine gestoppt.

- a) Der Lichtstrahl wird mehrfach durch Spiegel umgelenkt, die verschmutzt oder zerstört werden können. Dadurch fiel die Presse in den vergangenen 6 Monaten dreimal innerhalb ihrer geplanten Betriebszeit von 8 Std. / Tag (und 20 Tagen / Monat) aus und konnte erst nach jeweils 2 Stunden wieder in Betrieb gehen. Berechnen Sie Verfügbarkeit und Ausfallrate.
- b) Ein Versuch ergab, dass eine Lichtschranke ohne Spiegel nur einmal in zwei Jahren fälschlicherweise abschaltet. Statt der Umlenkung durch Spiegel könnten 4 Lichtschranken parallel angeordnet werden. Berechnen Sie auch für diesen Fall Verfügbarkeit und Ausfallrate. Die Reparaturzeit sei gleich.
- c) Reparatur und Produktionsausfall kosten jeweils rund 1000 €, eine Umstellung auf die Lösung nach b) koste 4000 €. Berechnen Sie (grob), in welcher Zeit sich die Umstellung amortisieren würde.

3. Sicherheit

15 Pkte, 20 Minuten

Angenommen, die Lichtschranke für eine Presse (ursprüngliche, in Aufgabenstellung 2 beschriebene Lösung) könnte nach $333 \cdot 10^6$ Betriebsstunden so versagen, dass die Presse auch bei Lichtstrahlunterbrechung nicht abgeschaltet würde. Die anschließende Verarbeitung und Prozesseinwirkung habe eine Ausfallrate von $6,5 \cdot 10^{-8}$ und einen Anteil an der gesamten Ausfallwahrscheinlichkeit von 65 %.

- a) Berechnen Sie die Ausfallrate der ganzen Abschaltfunktion (Lichtschranke + Verarbeitg. und Prozesseingriff)
- b) Geben Sie den „Safety Integrity Level“ (SIL) an, den die gesamte Abschaltfunktion gemäß der errechneten Ausfallwahrscheinlichkeit erreicht. Sie muss dauernd abschaltbereit sein.
- c) Prüfen Sie, welche SIL – Einstufung unter Berücksichtigung sonstige Einschränkungen erlaubt ist, wenn 1 Kanal verwendet wird ($N=0$), der Anteil ungefährlicher Ausfälle bei 80% liegt, das Ausfallverhalten gut definiert und vollständig ermittelbar ist sowie jährlich gewartet wird.
- d) Die beschriebene Abschaltfunktion der Presse ist einkanalig ausgeführt, besitze aber Diagnosefunktionen (Funktionsüberwachungen), die bei Feststellung eines Fehlers ebenfalls abschalten. Geben Sie an, wie diese gesamte Einrichtung im Sinne von „Fehlertoleranz“ einzustufen ist:
- d1) Welchem Auslegungsziel (Verfügbarkeit oder Sicherheit) dient das?
- d2) Wie verhält sich diese Steuerung im Sinne der Fehlertoleranz (integer / stetig)?
- d3) Wie würde sie nach IEC 61508 (Fehlertoleranz) bezeichnet / klassifiziert? (1 oo ??)

4. EMV

14 Punkte, 15 Minuten

- a) Ein vorhandenes Ventil wird als Stellglied einer Regelung verwendet. Es wird durch einen Drehstrom- Motor verstellt, der durch die zwei vorhandenen Schütze einer Wendeschützschaltung geschaltet wird.
Spulen: 230 V AC, Halteleistung 12 VA, L ca. 10 H). Die Schütze werden direkt aus einer SPS angesteuert, die entsprechende Ausgabegeräte besitzt. Ein Schütz kann bis zu 4 mal /s geschaltet werden. Es soll direkt an den Spulen eine Störunterdrückung erfolgen, die bisher fehlte.
- a1) Geben Sie an, welches Bauelement Sie empfehlen würden.
- a2) Geben Sie an, welche Leistung das Entstör - Bauelement aufnehmen muss (Leistungs - Berechnung reicht), und für welche Betriebsspannung es ausgelegt sein muss.
- a3) Geben Sie an, welche Gerätetechnik (anstelle der Schütze) aus EMV – Sicht besser geeignet wäre und warum.
- b) Die Endstellungen AUF / ZU sollen über Initiatoren gemeldet werden. Das Ventil (Aufg. 4a) ist ca. 80 m Kabelweg von der SPS entfernt. Die Schütze (Aufg. 4a) sind im gleichen Raum wie die SPS, Leistungskabel zum Ventil und Endstellungskabel vom Ventil zur SPS haben also den gleichen Weg.
Geben Sie an, was für Auswahl und Verlegung des Endstellungs- Kabels zu beachten ist.

5. Projektierung einschließlich Kennzeichnung und Dokumentation

36 Punkte, 35 Minuten

Auf dem beiliegenden Vordruck- Blatt ist als „Blatt 1“ ein kleiner, vereinfachter Teil einer verfahrenstechnischen Anlage „**Wasserförderung**“ als Verfahrens- Fließbild dargestellt. Diese Teilanlage soll mit einem Prozessleitsystem gesteuert werden, das komplexe Standard- Funktionsbausteine für Antriebs- und Gruppensteuerung enthält (siehe Projektierungsübung in der Vorlesung).

Die SW soll fein strukturiert werden: Pumpe und Stellantrieb erhalten je eine eigene Antriebssteuerung mit Freigaben und Schutz-Aus- Befehlen soweit nötig und können vom Bediener über ein Bildschirm- HMI- System einzeln gesteuert werden. Für den Normalfall gibt es eine Gruppensteuerung, die die Pumpe anfahren soll.

Anforderungen:

Pumpenantrieb: soll nur einschaltbar sein wenn Tankniveau > TIEF und Absperrschieber ZU, wird per SCHUTZ- AUS abgeschaltet wenn Tankniveau < MIN oder wenn Förderleistung (Durchfluss) der Pumpe nach 30s nicht mindestens >TIEF ist.
Selbsthaltung in der Schaltanlage (0,4 kV)

Stellantrieb: keine besonderen Anforderungen, normale Stellzeit für 0 .. 100%: 30 s

Gruppensteuerung: (soll auch nach Anfahren „von Hand“ ohne Prozess- Unterbrechung startbar sein!)

Anfahren: Absperrschieber schließen, dann Pumpe einschalten, dann Absperrschieber öffnen.

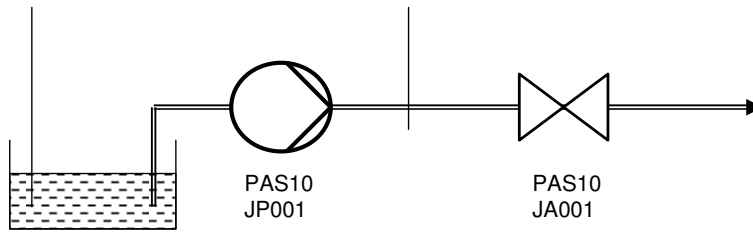
(Abfahren: Pumpe abschalten und Absperrschieber schließen, wird in der Klausur weggelassen).

Messungen: Analoge Messungen für Tankniveau und Durchfluss Wasserpumpe, in HMI anzuzeigen.
(Rückmeldungen der Pumpe durch Hilfskontakte, Schieber- Endlagen durch Initiatoren.)

Aufgaben: Wenden Sie die gleichen Standard- Funktionsbausteine und Kennzeichnung wie in der im Rahmen der Vorlesung durchgeführten Übung an (vereinfacht nach DIN 6779-2)

- a) Ergänzen Sie im „Blatt 1“ Klassifizierung und Kennzeichnung der beiden direkten analogen Messungen.
- b) Tragen Sie in die „PLT- Stellenliste Messungen“ (Blatt 2) die analogen Messungen und die daraus zu bildenden Binärsignale ein. Messbereiche: Niveau 0..1 m, Durchfluss 0..10 m³/s, Unbekanntes weglassen.
- c) Ergänzen Sie den Antriebssteuerplan der Wasserpumpe (Blatt 5) gemäß o.a. Anforderungen.
- d) Ergänzen Sie die Blätter für den Ablaufsteuerungs- Kopf (Blatt 3) „PAS10EA100“ und das EIN- Programm (Blatt 4) gemäß oben angegebener Anforderungen mit Befehlen EA01, EA02, ..

Viel Erfolg!



BA Mannheim Verfahrens- Fließbild	Wasserförderung	=PAS10 & MFB		
	Klausuraufgabe „Projektierung“	File: KlausProj.ppt	Insges. 5	Bl.Nr. 1

Kennzeichen	Bezeichnung	Sensor - Art		phys. Messbereich		el. Signal		Anschl. Plan	
		Signal	Zustand	Grenzw.	Hyster.	Alarm-Prio	Bemerkung		

BA Mannheim PLT - Stellenliste: Messungen	Wasserförderung	=PAS10 & EEC		
	Klausuraufgabe „Projektierung“	File: KlausProj.ppt	Insges. 5	Bl.Nr. 2

Kennzeichen / Bezeichnung	Signal / Zustand		E	Kennzeichen / Bezeichnung	Signal / Zustand
Taste EIN		TE PBE			
		ABLST			
Taste AUS		TA			
Taste STOPP		STOPP			
		AE BE			
		AA PBA			
		FE			
		FA			
		LSE BA			
		LSA			
		RM EIN			
		RM AUS			

Änderung:

BA Mannheim
Klausuraufgabe Projektierung
Dat.: gez.:

Inhalt:
Wasserförderung
Abl Steuerg

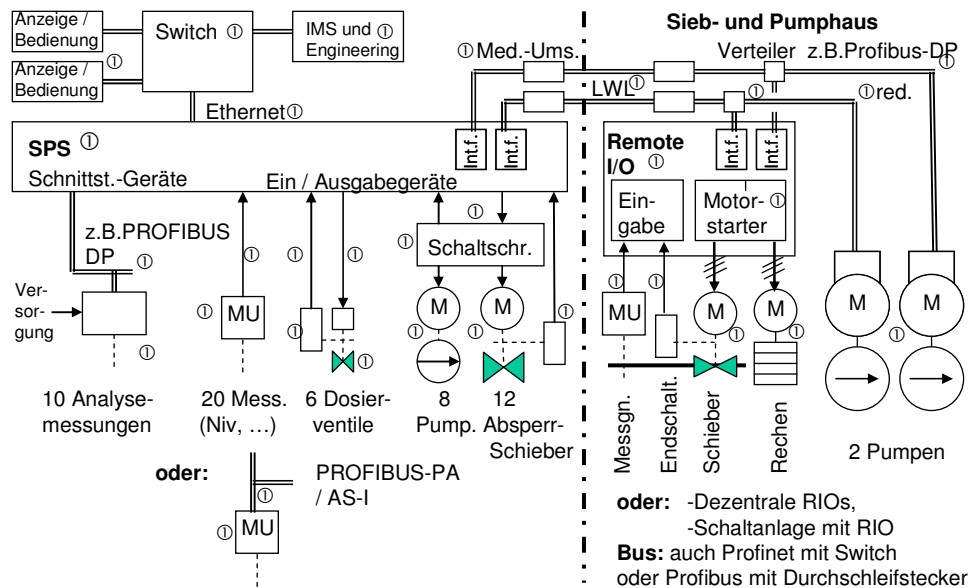
= &

File:
KlausProj.ppt

insges.
5

Blatt Nr.:
3

1. Systemkommunikation



2. Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit

/15

An einer Tiefzieh- Presse für komplizierte Stahlblechteile verhindert eine Lichtschranke, dass der Bediener während des Pressvorgangs in den Pressbereich hineingreift. Bei Unterbrechung wird die Maschine gestoppt.

- a) Der Lichtstrahl wird mehrfach durch Spiegel umgelenkt, die verschmutzt oder zerstört werden können. Dadurch fiel die Presse in den vergangenen 6 Monaten dreimal innerhalb ihrer geplanten Betriebszeit von 8 Std. / Tag (und 20 Tagen / Monat) aus und konnte erst nach jeweils 2 Stunden wieder in Betrieb gehen. Berechnen Sie Verfügbarkeit und Ausfallrate.

$$V = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 8}{2 \cdot 20 \cdot 8 + 2} = 0,9937 \quad \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{2 \cdot 20 \cdot 8} = 0,00312 \text{ h}^{-1} \quad (4)$$

- b) Ein Versuch ergab, dass eine Lichtschranke ohne Spiegel nur einmal in zwei Jahren fälschlicherweise abschaltet. Statt der Umlenkung durch Spiegel könnten 4 Lichtschranken parallel angeordnet werden. Berechnen Sie auch für diesen Fall Verfügbarkeit und Ausfallrate. Die Reparaturzeit sei gleich.

Eine Schranke: $\lambda = \frac{1}{24 \cdot 20 \cdot 8} = 0,00026 \text{ h}^{-1} \quad (2)$

Vier Schranken, müssen parallel auslösen,

also für λ „in Reihe!“ $\lambda_{\text{gesamt}} = \sum \lambda_i = 4 \cdot 0,00026 = 0,001 \text{ h}^{-1} \quad MTBF = \frac{1}{0,001} = 10^3 \quad (1)$

$$V = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{1000}{1000 + 2} = 0,998 \quad (3)$$

- c) Reparatur und Produktionsausfall kosten jeweils rund 1000 €, eine Umstellung auf die Lösung nach b) koste 4000 €. Berechnen Sie (grob), in welcher Zeit sich die Umstellung amortisieren würde.

Alte Lösung: alle 320 Betriebsstunden 1000 €,
also alle 960 Betriebsstunden 3000 €,

neue Lösung: alle 1000 Betriebsstunden 1000 €
d.h.: nach ca. 1000 Betriebsstunden 2000 € gespart,
Amortisation nach ca. 2000 Betriebsstunden
= 2000/8 = 250 Tage = 12,5 Monate ~ 1 Jahr (3)

3. Sicherheit

/13

Angenommen, die Lichtschranke für eine Presse (ursprüngliche, in Aufgabenstellung 2 beschriebene Lösung) könnte nach $333 \cdot 10^6$ Betriebsstunden so versagen, dass die Presse auch bei Lichtstrahlunterbrechung nicht abgeschaltet würde. Die anschließende Verarbeitung und Prozesseinwirkung habe eine Ausfallrate von $6,5 \cdot 10^{-8}$ und einen Anteil an der gesamten Ausfallwahrscheinlichkeit von 65 %.

- a) Berechnen Sie die Ausfallrate der ganzen Abschaltfunktion (Lichtschranke + Verarbeitg. und Prozesseingriff)

$$\text{Lichtschranke: MTBF} = 3,33 \cdot 10^8 \text{ h, } \lambda_1 = \frac{1}{\text{MTBF}} = 3 \cdot 10^{-8}, \text{ Verarbeitg.+Prozesseingriff: } \lambda_2 = 6,5 \cdot 10^{-8} \quad (3)$$

$$\text{Gesamt- Ausfallwahrscheinlichkeit: } \lambda_1 + \lambda_2 = 9,5 \cdot 10^{-8} \text{ d.h. } < 10^{-7} \quad (2)$$

- b) Geben Sie den „Safety Integrity Level“ an, den die gesamte Abschaltfunktion gemäß der errechneten Ausfallwahrscheinlichkeit erreicht. Sie muss dauernd abschaltbereit sein.

Eine PFH von 10^{-7} bedeutet SIL3 (2)

- c) Prüfen Sie, welche SIL – Einstufung unter Berücksichtigung sonstige Einschränkungen erlaubt ist, wenn 1 Kanal verwendet wird (N=0), der Anteil ungefährlicher Ausfälle bei 80% liegt, das Ausfallverhalten gut definiert und vollständig ermittelbar ist sowie jährlich gewartet wird.

Ein SFF von 80% erlaubt bei N = 0 nur SIL2 (2)

- d) Die beschriebene Abschaltfunktion der Presse ist einkanalig ausgeführt, besitze aber Diagnosefunktionen (Funktionsüberwachungen), die bei Feststellung eines Fehlers ebenfalls abschalten. Geben Sie an, wie diese Einrichtung im Sinne von „Fehlertoleranz“ einzustufen ist:

- | | | |
|---|---|---|
| d1) Auslegungsziel: | -> <i>Sicherheit</i> | 2 |
| d2) Fehlertoleranz: | -> <i>integer</i> | 2 |
| d3) Klassifizierung / Bezeichnung nach IEC 61508: | -> <i>Prüfredundanz 1oo1D</i>
oder „einkanalig mit Diagnose“ | 2 |

4. EMV

/13

- a) Ein vorhandenes Ventil wird als Stellglied einer Regelung verwendet. Es wird durch einen Drehstrom- Motor verstellt, der durch die zwei vorhandenen Schütze einer Wendeschützschialtung geschaltet wird.
 Spulen: 230 V AC, Halteleistung 12 VA, L ca. 10 H). Die Schütze werden direkt aus einer SPS angesteuert, die entsprechende Ausgabegeräte besitzt. Ein Schütz kann bis zu 4 mal /s geschaltet werden. Es soll direkt an den Spulen eine Störunterdrückung erfolgen, die bisher fehlte.

- a1) Welches Bauelement würden Sie empfehlen? -> *Varistor / SHCV* 2

- a2) Welche Leistung muss das Entstör - Bauelement aufnehmen? (Leistungs - Berechnung reicht), und für welche Betriebsspannung muss es ausgelegt sein?

$$\text{Störenergie pro Abschaltung: } W = \frac{1}{2} Li^2 = 0,5 \cdot 10 \cdot \left(\frac{12}{230} \right)^2 = 0,0136 \text{ J} \quad (2)$$

(mit Effektivwert des Stromes gerechnet)

$$\text{-> aufzunehmende Leistung: } P = \frac{W}{T} = \frac{0,0136}{0,25} = 0,054 \text{ W} \quad (2)$$

$$\text{-> Betriebsspannung: } U_{\max} = 325 \text{ V} \quad (1)$$

- a3) Welche Gerätetechnik (anstelle der Schütze) wäre aus EMV – Sicht besser geeignet? Warum?

-> *Halbleiter-Schalter* (1), -> „*sanfteres*“ *Schalten* (*interne Dämpfung des di/dt*) (1) 2

- b) Die Endstellungen AUF / ZU (Aufg. 4a) sollen über Initiatoren gemeldet werden. Das Ventil ist ca. 80 m Kabelweg von der SPS entfernt. Die Schütze (Aufg. 4a) sind im gleichen Raum wie die SPS, Leistungskabel zum Ventil und Endstellungskabel vom Ventil zur SPS haben also den gleichen Weg. Was ist für Auswahl und Verlegung des Endstellungs- Kabels zu beachten?

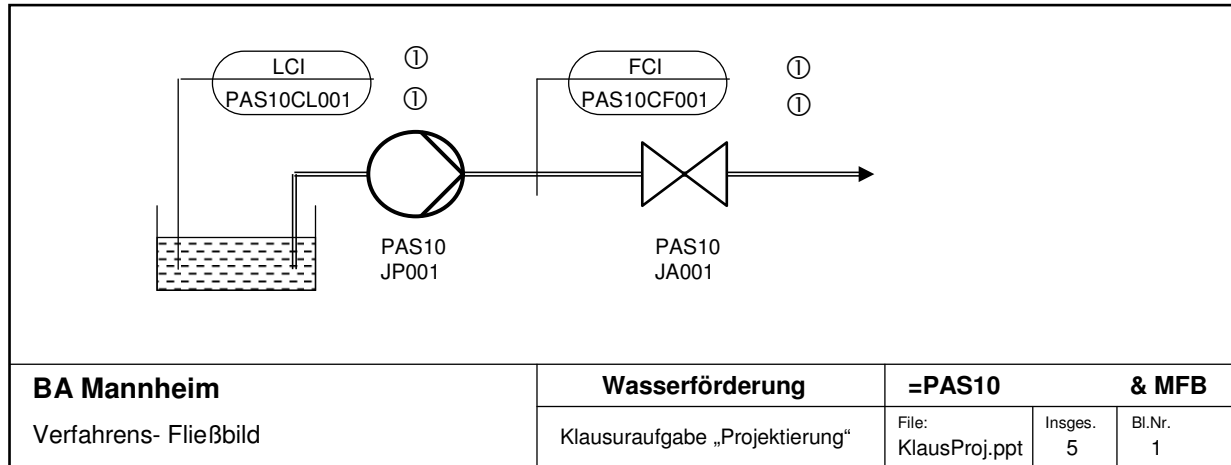
-> *Abstand > 25 cm*, 1

-> *verdilltes und abgeschirmtes Kabel benutzen*, 2

-> *Erdung des Schirms in der Elektronik* 2

5. Engineering

a) Messungen im Anlagenfließbild, darunter: b) PLT_ Stellenliste



Kennzeichen	Bezeichnung	Sensor - Art		phys. Messbereich		el. Signal		Anschl. Plan
		Signal	Zustand	Grenzw.	Hyster.	Alarm-Prio	Bemerkung	
PAS10CL001 ①	L Wassertank			0..1 m		4..20 mA		
		H02	>TIEF					
		H51	<MIN					
PAS10CF001 ①	F Wasserpumpe			0..10 m³/s		4..20 mA		
		H02	>TIEF					

BA Mannheim	Wasserförderung	=PAS10 & EEC		
PLT - Stellenliste: Messungen	Klausuraufgabe „Projektierung“	File: KlausProj.ppt	Insges. 5	Bl.Nr. 2

d) Ablaufsteuerung

Kennzeichen / Bezeichnung	Signal / Zustand			E	Kennzeichen / Bezeichnung	Signal / Zustand
Taste EIN			TE	PBE	HQA00EA200	E01
			ABLS			
Taste AUS			TA		E HQA00EA200	
					Schritt 1	
Taste STOPP			STOPP			
			0	AE	BE	E11
			0	AA	PBA	HQA00EA200
			1	FE		E HQA00EA200
			⊕			Schritt 51
			1	FA		
			⊕ 4	LSE	BA	E12
PAS10JP001	Q01	UND		LSA		
Wasserpumpe	EIN					
PAS10JA001	Q01					
Absp Schieber	OFFEN					
PAS10JP001	Q02					
Wasserpumpe	AUS					
						⊕
Änderung:		BA Mannheim		= PAS10EA & EFF /1		
Klausuraufgabe Projektierung		Inhalt:		File:		
Dat.: gez.:		Wasserförderung		KlausProj.ppt		
		Abl Steuerg		insges. Blatt Nr.:		
				5 3		

[illegible]

5c) Antriebssteuerung

[illegible]

Gewichtung (Vergleich:	Klausur	/ Vorlesung)	
	mögl. Punkte	Minuten	Std. Vorles./Übung.
1. Systemkommunikation	30	30	7
2. Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit	15	20	}
3. Sicherheit, Fehlertoleranz	15	20	
4. EMV	14	15	4
5. Engineering, Dok., Kennz.	36	35	12
			<u>15</u>
	<u>110</u>	<u>120</u>	<u>44</u> (andere Themen)