

Abwasserpumpen für eine Papierfabrik	Name, Vorname:	Klasse:	Datum:
---	----------------	---------	--------

Projektauftrag Anlagenänderung

Situationsbeschreibung

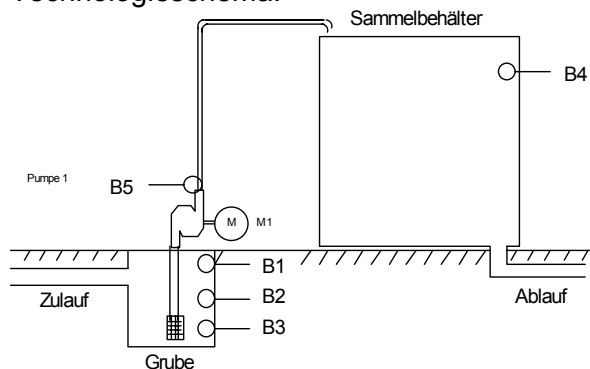
In einer Papierfabrik ist das Abwasseraufkommen mit durchschnittlich $20 \text{ m}^3 / \text{h}$ und mit Spitzenwerten von $60 \text{ m}^3 / \text{h}$ über den Tag sehr ungleichmäßig verteilt. Der Spitzenwert kann täglich bis zu zwei Stunden anfallen. Um die Überlastungen der firmeneigenen Kläranlage und dadurch die Verschmutzung eines Bachlaufes zu vermeiden, wird das Abwasser seit einigen Jahren in einer 15 m^3 fassenden Auffanggrube mit zwei Meter Tiefe zwischengespeichert und von dort mit einer Abwasserpumpe, die von einem 10KW-DC-Motor angetrieben wird, in den fünf Meter hohen Sammelbehälter gepumpt. Aus dem Sammelbehälter fließt das Abwasser gleichmäßig gedrosselt in die Kläranlage.

Die Betreiber der Papierfabrik sind mit der Funktion der Abwasserpumpenanlage unzufrieden.

Es ergeben sich folgende Probleme:

1. Die Abwasserpumpe wurde teilweise nicht richtig angesteuert, weil die Schwimmerschalter mit Zelloseresten verklebt waren. Es musste dann immer die Papierproduktion gestoppt werden.
2. Das Schütz für den Pumpenmotor musste schon sehr häufig getauscht werden, weil die Kontakte zerstört waren.
3. Der Pumpenmotor ist relativ laut.

Technologieschema:



Projektauftrag

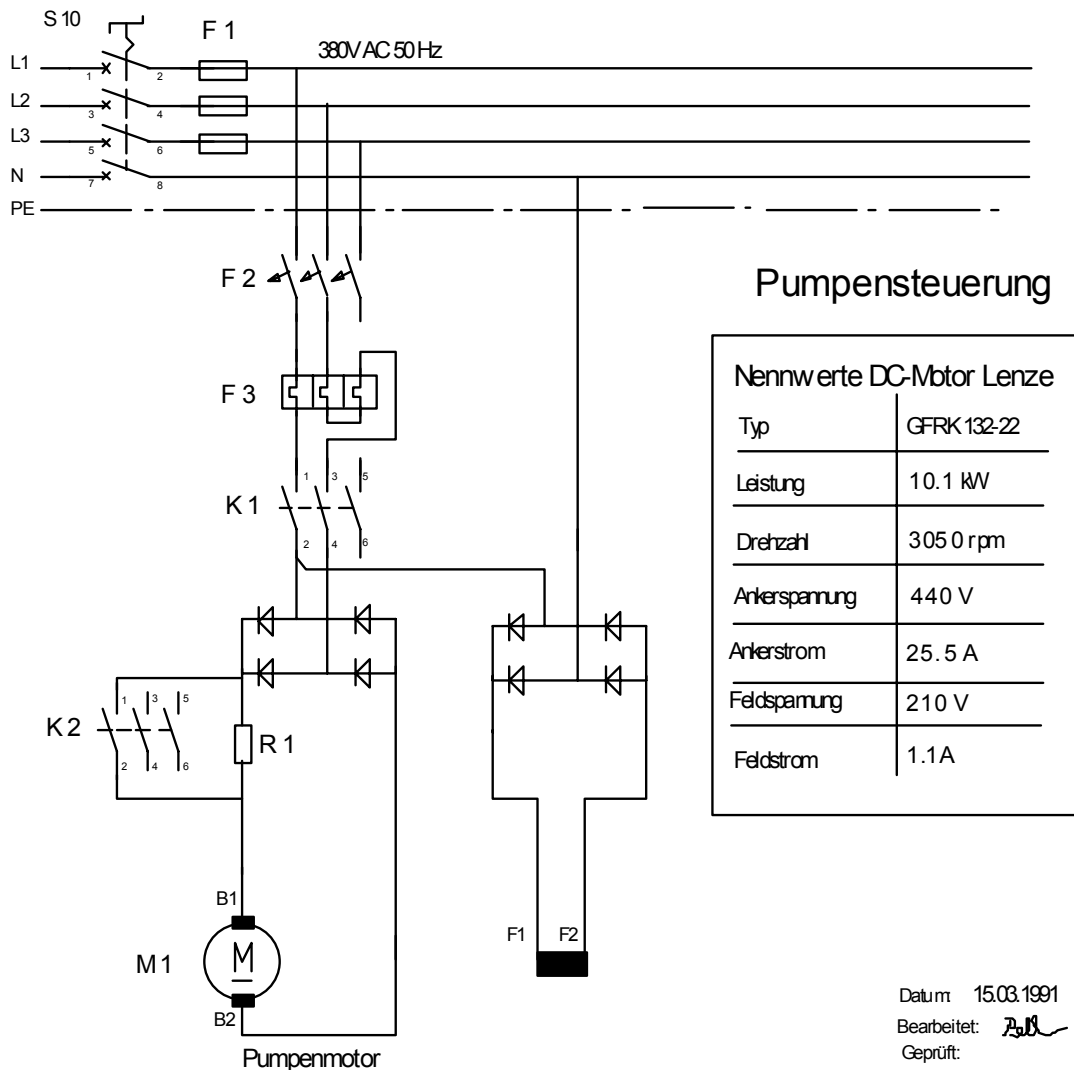
Der Auftraggeber wünscht eine Erhöhung der Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit der Anlage. Die unvollständige Dokumentation der Anlage wird Ihnen im Anhang übergeben.

Stellen Sie anhand praxisbezogener Unterlagen Ihr Änderungs-Konzept dar.

Falls Sie noch zusätzliche Fragen an z. B. den Auftraggeber oder Fachkräfte anderer Gewerke haben, schreiben Sie diese bitte zur Vorbereitung von Abstimmungsgesprächen auf. Begründen Sie Ihren Lösungsvorschlag umfassend und detailliert.

Anhang zur Abwasserpumpensteuerung Seite 1:

Stromlaufplan zur Abwasserpumpensteuerung:



R1 = 5 Ω , Drahtwiderstand 1 kW

Meßwerte:

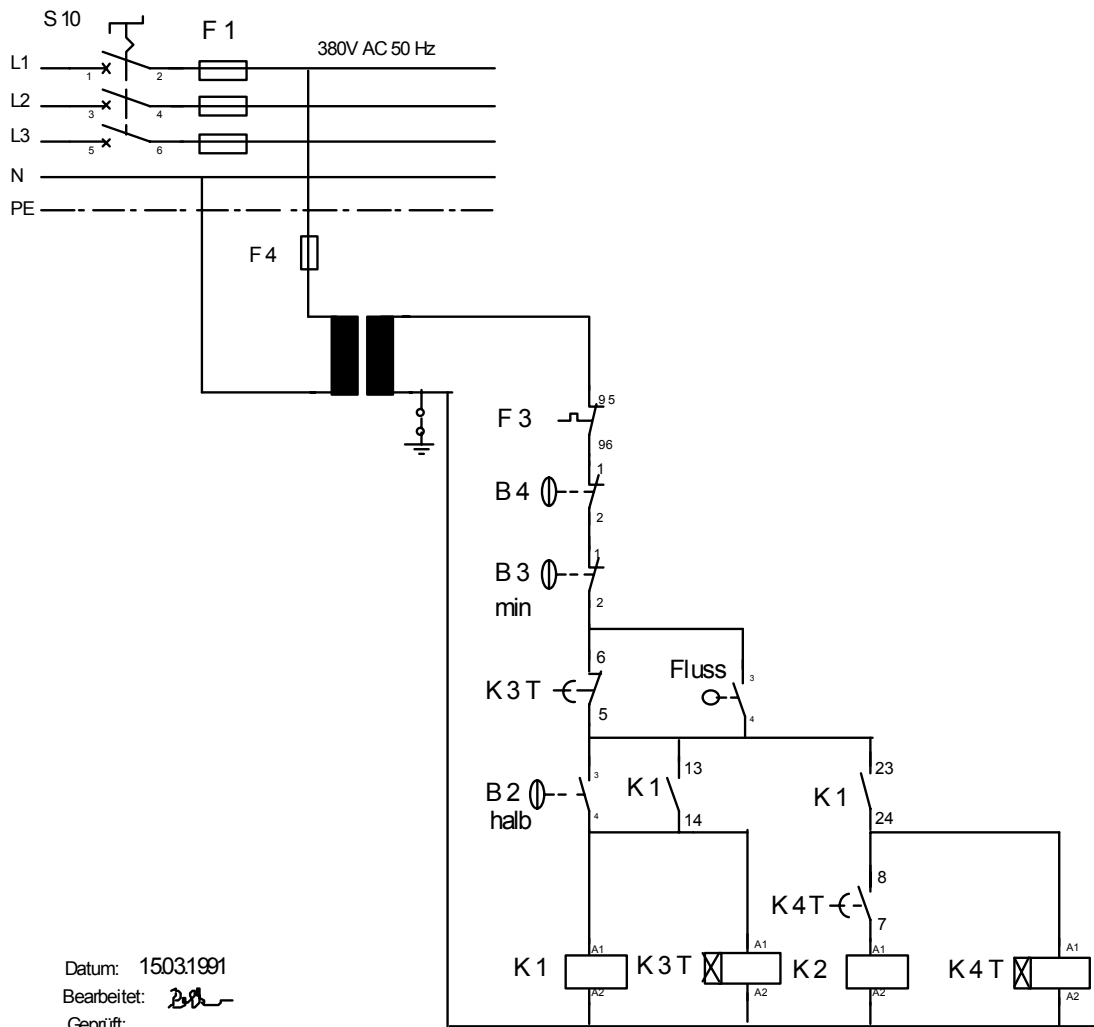
Netzspannung:	380 V AC
Motor-Ankerspannung:	400 V DC
Motor-Erregerspannung:	200 V DC
Ankerstrom:	16 A DC
Feldstrom.	1,1 A DC
Drehzahl:	2 770 1/min
Ankerkreiswiderstand:	1Ω

Meßdatum: 18.05.1991

Durchführung: Pelker, Elektromeister

Anhang zur Abwasserpumpensteuerung Seite 2:

Abwasserpumpe Steuerstromkreis



- B1 Schimmerschalter Grube oben
- B2 Schimmerschalter Grube mitte
- B3 Schimmerschalter Grube unten
- B4 Schimmerschalter Hochbehälter voll
- B5 Durchfluss - Schalter

eingestellte Werte:

K3T = 3 Sekunden

K4T = 300 Millisekunden

Anhang zur Abwasserpumpensteuerung Seite 3:

Gleichstrommotoren
DC motors

Enclosures IP 44 to IP 54

The DC motors of the GFRK range represent the most modern motor construction, including:

- fully laminated stators and rotors for high speeds of current alternation, low losses and heat generation. Four-pole design with skewed armatures and many commutator segments ensures high torque and absolute smooth

running, down to near standstill. Commutating poles and compensating windings ensure low field distortion and excellent commutation. This is also true for high overload currents ($3 \times I_N$) and bad form factors when used with thyristor controllers, which ensure long life of the brushes.

The standard motors are axially cooled, have a normally closed thermal bimetal contact, enclosure IP 54 and insulation class F. The quality of the enamelled wire corresponds to insulation class H in order to increase the motor life.

Due to the modular design many options can be provided. These comprise AC and DC tachogenerators, incremental encoders and brakes as well as combinations of these. The IEC fitting dimensions allow direct assembly to a variety of gearboxes. B 9 enclosure is a special adaptation for helical gearboxes, helical worm gearboxes and worm gearboxes of our own manufacture with regard to dimensions, quiet running and price.

Technische Daten**Technical data****Caractéristiques techniques**

Typ	Drehzahl	Leistung	Ankerspannung	Ankerstrom	zul. Anlaufstrom max. permissible starting current	Erregerspannung Field voltage	Erregerstrom Field current
Type	Speed	Power	Armature voltage	Armature current	Courant de démar- rage max. admissible	Tension d'excitation	Courant d'excitation
Type	Vitesse	Puissance	Tension d'induit	Courant d'induit			
	min ⁻¹	kW	V	A	A	V	A
GFRK 090-22	3050	1,8	160	14,5	44	210	0,6
	2850	1,7	260	8,3	25	210	0,6
	2850	1,7	260	8,3	25	360	0,32
GFRK 100-22	2800	2,5	160	18,8	56	210	0,7
	3000	2,7	260	12,3	36	210	0,7
	3000	2,7	260	12,3	36	360	0,37
GFRK 112-22	3150	5,0	260	22,0	66	210	1,1
	3000	4,7	440	12,4	38	210	1,1
	3200	5,0	260	22,0	66	360	0,6
	3050	4,7	440	12,4	38	360	0,6
GFRK 132-22	2900	9,5	260	41	120	210	1,1
	3050	10,1	440	25,5	78	210	1,1
	2900	9,5	260	41	120	360	0,6
	3050	10,1	440	25,5	78	360	0,6
GFRK 160-32	2850	21,5	440	53,3	150	210	2,2
	2850	21,5	440	53,3	150	360	1,2
GFRK 180-32	3100	37,6	440	92	276	210	2,5
	3100	37,6	440	92	276	360	1,5
GFRK 200-22	2900	40	440	95	300	210	3,2
	2900	40	440	95	300	360	1,9
GFRK 225-22	2500	54	440	129	390	210	3,6
	2500	54	440	129	390	360	2,1

Typ	Ankerkreisinduktivität Armature inductance	Trägheitsmoment Moment of inertia	Fremdlüfter External blower	Zulässige Wellenbelastung bei L/2 + n _N Permissible shaft loading at L/2 + n _N		Gewicht Weight
Type	Inductance d'induit	Inertie rotor	Motoventilateur	Charge max. adm. sur l'arbre pour L/2 + n _N		Poids
	mH	kg m ²	U (V) / f (Hz) P _N (W) / I _N (A)	radial N	axial N	kg
GFRK 090-22	4,6 14,1 14,1	0,0040	220/240 V, 50/60 Hz 40 W / 0,25 A	780	440	21
GFRK 100-22	3,2 7,7 7,7	0,0061	220/240 V, 50/60 Hz 50 W / 0,22 A	1000	500	28
GFRK 112-22	5,5 17,8 5,5 17,8	0,0142	220/240 V, 50/60 Hz 58 W / 0,25 A	1500	500	40
GFRK 132-22	2,9 7,6 2,9 7,6	0,0411	220/240 V, 50/60 Hz 135 W / 0,57 A	2200	1100	84
GFRK 160-32	4,1	0,1120	380/460 V, 50/60 Hz 160 W / 0,27 A	3000	1250	172
GFRK 180-32	1,2	0,2240	220 V, 50 Hz 195 W / 0,89 A	3000	1300	230
GFRK 200-22	1,2	0,3680	3 x 220/380 V, 50 Hz 500 W / 1,9/1,1 A	3800	1600	300
GFRK 225-22	1,3	0,6350	3 x 220/380 V, 50 Hz 500 W / 1,9/1,1 A	4300	1800	420

Anhang zur Abwasserpumpensteuerung Seite 4:

Drawn by: ET3/Wei

Checked: 01.03.87

Dr.-No.: MB 33.0751GB Sheet: 22

2.1 One-quadrant drives

One-quadrant drives are always produced with simple converters, which are generally designed as partially controlled single phase bridge circuits in the case of single phase connection (cf. series 430 / 530 / 470).

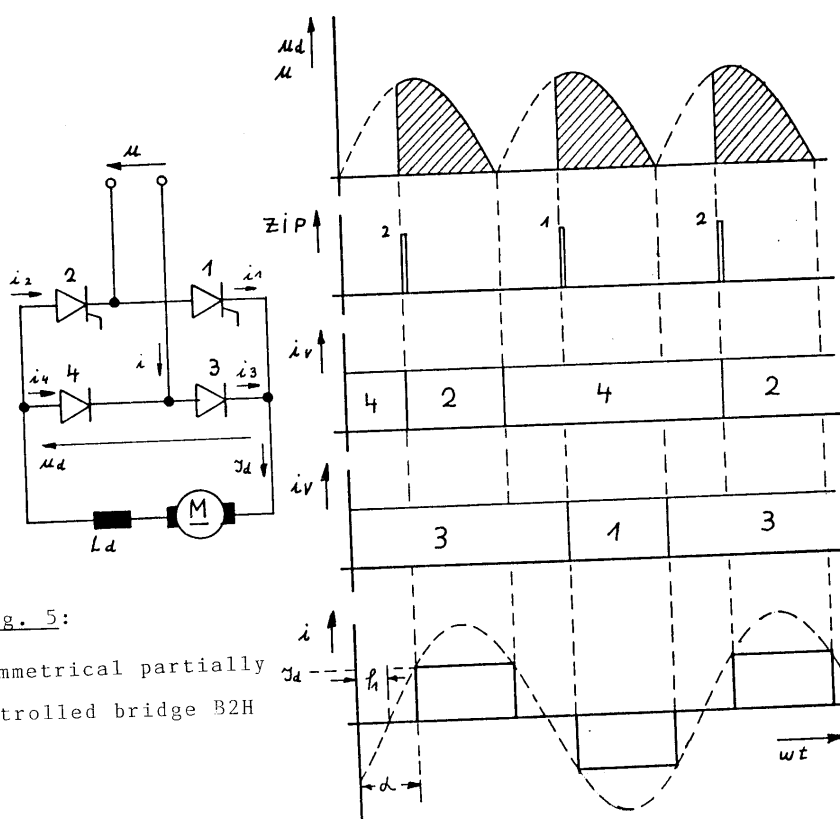


Fig. 5:

Asymmetrical partially
controlled bridge B2H

Figure 6: Signal waveforms in the case of B2H for $L_d \rightarrow \infty$
(idealized)

PS: In real operation ($L_d \neq \infty$) a further condition occurs for the voltage u_d at intermittent armature current, whereby the induced voltage U_h (from equation ②) should be observed (valid also for figure 9).

Lenze

Anhang zur Abwasserpumpensteuerung:
Datenblatt Leistungsschütz

ABB Stotz S&J Schütz A 12-30-0y 230V50Hz

EAN: 34715220418xx

Art.Nr.: 07011xx

27,42 EUR pro Stück



Technische Informationen:

Artikelnr: 07011xx

Hersteller: ABB Stotz S&J

Bezeichnung: Schütz

Typ: A 12-30-0y 230V50Hz

Verpackungseinheit: 1 Stück

Bemessungssteuerspeisespannung U_s bei AC 50 Hz: 230..240 V

Bemessungssteuerspeisespannung U_s bei AC 60 Hz: 240..260 V

Spannungsart zur Betätigung: AC

Bemessungsbetriebsleistung bei AC-1, 400 V: 10 kW

Bemessungsbetriebsstrom I_e bei AC-1, 400 V: 35 A

Geeignet für Reiheneinbau: nein

Anzahl der Hilfskontakte als Schließer: 2

Anzahl der Hilfskontakte als Öffner: 0

Anschlussart Hauptstromkreis: Schraubanschluss

Anzahl der Öffner als Hauptkontakte: 0

Anzahl der Schließer als Hauptkontakte: 3

Aufträge für Fortgeschrittene

1. Handlungsphase: Informieren

Situationsbeschreibung:

Sie sollen an der Angebotserstellung für die Änderung der Abwasserpumpenanlage mitarbeiten. Dazu müssen Sie sich über alle relevanten Fakten informieren.

Auftrag:

- Analysieren Sie die mitgelieferten Schaltungsunterlagen.
- Erstellen Sie eine Liste der benötigten Informationen zur Lösung dieser Projektaufgabe und überlegen Sie, wo Sie diese Informationen finden können (Was muss ich zur Lösung dieser Aufgabe wissen?)
- Erstellen Sie ein Mindmap oder eine Übersicht, um die Informationen zu strukturieren.
- Fassen Sie in einem Informationsblatt zur Abwasseranlage die wichtigsten Informationen stichwortartig zusammen.

2. Handlungsphase: Planen

Situationsbeschreibung:

Für die Änderung der Abwasserpumpenanlage soll ein Angebot erstellt werden. Nachdem Sie sich über die vorhandene Anlage, die möglichen Ursachen der beanstandeten Störungen, die technischen und baulichen Bedingungen sowie die gesetzlichen Vorgaben und über die Inhaltsstoffe des Abwassers informiert haben, sollen Sie nun konkrete Lösungsmöglichkeiten für die technische Realisierung der Anlagenänderung untersuchen.

Auftrag:

- Erstellen Sie technische Lösungskonzepte für die Änderung der Pumpenanlage.
- Untersuchen Sie auch alternative Lösungen und listen Sie Vor- und Nachteile auf.
- Wählen Sie alle Komponenten aus.
- Führen Sie eine überschlägige Zeit- und Kostenplanung durch.
- Erstellen Sie die Angebotsunterlagen.

3. Handlungsphase: Entscheiden

Situationsbeschreibung:

Nach Abschluss der Planungsphase präsentieren Sie dem Auftraggeber ihr Angebot und erläutern ihre Planungsalternativen. Sie unterstützen den Kunden bei der Entscheidungsfindung. Im Anschluss an die Entscheidung des Kunden bereiten Sie die Ausführung des Änderungsauftrages vor.

Auftrag:

- Präsentieren Sie im Rahmen eines Rollenspiels ihr Angebot dem Kunden.
- Zeigen Sie in einer Gegenüberstellung Vor- und Nachteile verschiedener Lösungsmöglichkeiten und beraten Sie den Kunden bei der Entscheidung.
- Arbeiten Sie die Festlegungen und Änderungswünsche in das Pflichtenheft ein und lassen Sie sich den Auftrag durch Unterschrift bestätigen.

4. Handlungsphase: Durchführen

Situationsbeschreibung:

Die Papierfabrik hat den Auftrag zur Änderung der Abwasserpumpenanlage erteilt. Nach der Entscheidungsphase, in der alle Komponenten und Funktionen für die Anlage in einem Pflichtenheft festgelegt wurden, soll nun der Auftrag durchgeführt werden.

Auftrag:

- Erstellen Sie alle notwendigen Pläne und Beschreibungen und schreiben Sie das Steuerprogramm.

5. Handlungsphase: Kontrollieren

Situationsbeschreibung:

Die umgebaute Anlage soll in Betrieb genommen und dem Kunden übergeben werden.

Auftrag:

- Führen Sie die notwendigen Messungen an der fertigen Anlage durch!
- Erstellen Sie eine Bedienungsanweisung und Hinweise zur Störungsbehebung.
- Bereiten Sie ein Abnahmeprotokoll vor.
- Erklären Sie notwendige Wartungsarbeiten und bereiten Sie einen Wartungsvertrag vor.

6. Handlungsphase: Bewerten

Situationsbeschreibung:

Nach Abschluss aller Arbeiten erhalten Sie von Ihrer Geschäftsleitung den Auftrag, den gesamten Arbeitsprozess und die Arbeitsergebnisse zu bewerten. Für nachfolgende Aufträge sollen Vorschläge zur Optimierung erarbeitet werden.

Auftrag:

- Führen Sie eine Bewertung des Arbeitsergebnisses durch. Berücksichtigen Sie dabei die Übersichtlichkeit und Vollständigkeit der Unterlagen, die technische Realisierbarkeit der geplanten Lösung sowie den Gebrauchswert, die Wirtschaftlichkeit und die Umweltverträglichkeit.
- Bewerten Sie zusätzlich Ihren Arbeitsprozess und Ihre Teamarbeit.

Aufgaben für Anfänger

1. Handlungsphase: Informieren

Situationsbeschreibung:

Sie sollen an der Angebotserstellung für die Änderung der Abwasserpumpenanlage mitarbeiten. Dazu müssen Sie sich über alle relevanten Fakten informieren.

Aufgabenstellungen:

1. **Analysieren** Sie die mitgelieferten Schaltungsunterlagen und listen Sie die verwendeten Bauteile auf.

2. **Informieren** Sie sich über Bauarten und Merkmale von **DC-Motoren**. Notieren Sie sich die wichtigsten Unterschiede im Betriebsverhalten sowie die Vor- und Nachteile der DC-Motoren. (Stichworte: Reihenschlussmotor, Nebenschlussmotor, Doppelschlussmotor, fremderregter DC-Motor).

3. **Informieren** Sie sich über die Energieversorgung und Drehzahlsteuerung für Gleichstrommotoren. (Stichworte: Gleichrichter, Stromrichter, Gleichstromsteller mit PWM, Anlaufstrombegrenzung, Ankerstromglättung, lückender Ankerstrom, induzierte Gegenspannung)

4. **Berechnen** Sie die möglichen Füll- und Entleerungszeiten und die notwendige Pumpenleistung. Vergleichen Sie die notwendige Leistung mit der vorhandenen Leistung und bestimmen Sie die Folgen aus der vorliegenden Fehlanpassung.

5. Die Füllstände in den Behältern werden mit Schwimmerschaltern überwacht. Informieren Sie sich über Bauarten, Funktionsweisen, Eigenschaften und Preise von berührungslos arbeitenden **Füllstandsensoren**. (www.ifm.de, www.koboldmessring.com, www.de.endress.com, www.ege-elektronik.com, www.contrinex.de, www.elobau.com, www.pkp.de,)

6. **Analysieren** Sie mögliche Ursachen für die angegebenen Fehler und Störungen in der Abwasserpumpenanlage und überlegen Sie alternative Lösungen.

7. Der Auftraggeber wünscht eine Anlage mit hoher Zuverlässigkeit. Erarbeiten Sie Vorschläge, wie diese **Ausfallsicherheit** erreicht werden kann? Welche Werte müssen überwacht werden, um Fehler in der Anlage rechtzeitig zu erkennen? (Stichworte: Redundanz, Selbstüberwachung, vorausschauende Instandsetzung, Sensoren, www.abb.de/durchfluss, www.meister-flow.com, www.e-t-a.com/mete11-08, Geräteschutz)

8. Welche Betriebs- und **Störungsanzeigen** sind für diese Anlage notwendig und sinnvoll? (Anzeigen: www.pepperl-fuchs.com, www.werma.com)

9. Informieren Sie sich über Leistungsmerkmale und Kosten von Kleinststeuerungen und von Speicherprogrammierbaren **Steuerungen**. (Stichworte: LOGO!, Easy, Simatic S7-200, Simatic S7-300, Phoenix-Contact-Steuerungen z.B. ILC150ETH). Erstellen Sie eine vorläufige Belegungsliste und wählen Sie eine passende Steuerung aus.

10. Informieren Sie sich über die **Risikoanalyse** einer Anlage, für die Montage, für den Betrieb, bei Wartungsarbeiten und im Fehlerfall, sowie für die Demontage und Entsorgung: Welche Fehler und Risiken können auftreten und welche Auswirkungen haben diese. Wie kann Schaden für Menschen, Umwelt und Maschinen verhindert werden? (Stichworte: EN

954-1, ENISO13849-1, EN-IEC62061, Maschinenrichtlinie EN60204 Teil1, VBG1, VBG4, BimSchG, www.sick.de, www.sick-safetyplus.com, www.pilz.de,)

11. Erfragen Sie beim Auftraggeber die konkreten **baulichen Gegebenheiten**:

Abstände Fabrik, Hochbehälter, Kläranlage;

Aufstellort für Steuerschrank und Bedienfeld;

Zeitraum von der Fehlermeldung bis zum Stop der Fabrik;

Telefonnummern der zuständigen Personen

2. Handlungsphase: Planen

Situationsbeschreibung:

Für die Änderung der Abwasserpumpenanlage soll ein Angebot erstellt werden. Nachdem Sie sich über technische und bauliche Bedingungen und gesetzliche Vorgaben informiert haben, sollen Sie nun konkrete Lösungsmöglichkeiten für den Umbau der Abwasseranlage untersuchen.

Aufgabenstellungen:

1. Für die Füllstanderkennung stehen verschiedene Sensortypen zur Verfügung. Suchen Sie **binäre und analoge Füllstandsensoren** aus und notieren Sie in einer Tabelle wichtige Werte. (Zweileiter-, Dreileiteranschluss, 4 – 20mA, 0 – 10V, Preise)

2. Suchen Sie (gegebenenfalls) passende **Schmutzwasserpumpen** mit Motor (integrierte Geräte) und passende Motoren für die Pumpen (modular) aus den Herstellerlisten aus. (www.sew-eurodrive.de, www.hanning-hew.de, www.ad.siemens.com,)

3. Führen Sie eine **Risikobewertung** für die Pumpenanlage durch und listen Sie alle notwendigen und sinnvollen Maßnahmen und Sicherheitseinrichtungen auf.

4. Vergleichen Sie die Eigenschaften mehrerer **Speicherprogrammierbarer Steuerungen** und begründen Sie, warum ein Automatisierungsgerät für diese Anlage sinnvoll ist.

5. Erstellen Sie einen vorläufigen **Anschlussplan** für die SPS. Berücksichtigen Sie dabei die Ergebnisse der Risikoanalyse und die Forderungen nach hoher Zuverlässigkeit der Anlage. Überprüfen Sie, ob die vorhandenen Ein- und Ausgänge ausreichen.

6. Planen Sie die **Stromversorgung** für den Steuerstromkreis. Ermitteln Sie dazu die Ströme für die Steuerung, die Schütze und die Signaleinrichtungen. Suchen Sie ein passendes SNT aus.

7. Erstellen Sie ein **Angebot**, bestehend aus folgenden Teilen:

- Beschreibung der Anlage mit **Übersichtsplan / Technologieschema**
- Untersuchen Sie **alternative Lösungen** und zeigen Sie Vor- und Nachteile auf.
- Wählen Sie alle Komponenten aus und erstellen Sie eine **Materialliste**.
- Planen Sie die notwendigen **Arbeitsabläufe**. In welcher Reihenfolge sollte die Anlage errichtet werden? Lassen sich hier Teilaufgaben festlegen?
- Erstellen Sie eine **Zeitplanung** und einen Personaleinsatzplan für die Auftragsdurchführung (auch mit Auftragsbeschreibung für andere Gewerke). Berücksichtigen Sie Sicherheitsvorschriften für die Montage.
- Erstellen Sie einen **Kostenplan** (Stundensatz = 70,- €)
- Stellen Sie alle Unterlagen übersichtlich in einer **Angebotsmappe** zusammen.

Materialliste:

Pos.	Anzahl	Material	Lieferant	Best-Nr.	Einzel- preis	Gesamt- preis
1						
2						
3						

3. Handlungsphase: Entscheiden

Situationsbeschreibung:

Nach Abschluss der Planungsphase präsentieren Sie dem Kunden ihr Angebot und erläutern ihre Planungsalternativen. Sie unterstützen den Kunden bei der Entscheidungsfindung. Im Anschluss an die Entscheidung des Kunden bereiten Sie die Ausführung des Auftrages vor.

Aufgabenstellungen:

1. Erstellen Sie eine **Präsentation** für die Information und Beratung des Kunden. Berücksichtigen Sie hierbei besonders Informationen, die für Auswahlentscheidungen wichtig sind. Insbesondere sind dies Aussagen über Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit der Komponenten, Bedienerfreundlichkeit, Wartungsaufwand und Kosten.
2. Führen Sie in einem **Rollenspiel** die Präsentation und **Kundenberatung** durch. Begründen Sie hierbei ausführlich den Einsatz einer SPS, die Verwendung analoger Füllstandssensoren und den redundanten (mehrfachen) Einsatz bestimmter Komponenten.
3. Arbeiten Sie die Festlegungen und Änderungswünsche in das **Pflichtenheft** ein und lassen Sie sich den Auftrag durch Unterschrift bestätigen.

4. Handlungsphase: Durchführen

Situationsbeschreibung:

Die Papierfabrik hat den Auftrag zum Umbau der Abwasserpumpenanlage erteilt. Nach der Entscheidungsphase, in der alle Komponenten und Funktionen für die Anlage in einem Pflichtenheft festgelegt wurden, soll nun der Auftrag durchgeführt werden.

Aufgabenstellungen:

1. Passen Sie das vorhandene **Technologieschema** und die vorhandenen Pläne an die Forderungen des Pflichtenheftes an. Tragen Sie alle Komponenten und bekannten Werte ein.
2. Erstellen Sie alle notwendigen **Schaltpläne** (Anschlussplan für SPS, Hauptstromkreis)
3. Entwerfen Sie einen Aufbauplan für den **Schaltschrank**. Berücksichtigen Sie dabei die Aspekte: Übersichtlichkeit, kurze Leitungsführung, Wärmeentwicklung und Erweiterbarkeit.
4. Entwerfen Sie ein **Bedienpult**. Berücksichtigen Sie hierbei Ergonomie und Übersichtlichkeit.
5. Zeichnen Sie die **Klemmenpläne**.

6. Schreiben Sie das **Steuerprogramm** mit symbolischen Adressen und Kommentaren. Berücksichtigen Sie hierbei Automatik- und Handbetrieb sowie die Möglichkeiten der Selbstüberwachung der Anlage: z.B. Sensorüberwachung, Laufzeitüberwachung der Pumpen, kritische Füllstandsanstiege usw.

5. Handlungsphase: Kontrollieren

Situationsbeschreibung:

Die umgebaute Anlage soll in Betrieb genommen und dem Kunden übergeben werden.

Aufgabenstellungen:

1. Führen Sie die **Übergabe** der Anlage in einem Rollenspiel durch. Hierbei sind die Punkte „**Besichtigen**“ und „**Erproben**“ durchzuführen und ein **Abnahmeprotokoll** zu erstellen.
2. Führen Sie die notwendigen **Messungen** an der fertigen Anlage durch (DIN VDE 0113, Erstinbetriebnahme VDE0100 Teil 610) Prüfprotokoll!
Welche Messungen müssen an der fertigen Anlage durchgeführt werden?
3. Erstellen Sie eine **Bedienungsanweisung**. Erklären Sie Störungsanzeigen und Maßnahmen zur **Störungsbehebung** sowie die Vorgehensweise zum Wiedereinschalten.
4. Erklären Sie notwendige **Wartungsarbeiten** und bereiten Sie einen Wartungsvertrag vor. (Stichwort: Wiederholungsprüfungen nach VBG4)

6. Handlungsphase: Bewerten

Situationsbeschreibung:

Nach Abschluss aller Arbeiten erhalten Sie von Ihrer Geschäftsleitung den Auftrag, den gesamten Arbeitsprozess und die Arbeitsergebnisse zu bewerten. Für nachfolgende Aufträge sollen Vorschläge zur Optimierung erarbeitet werden.

Aufgabenstellungen:

1. Führen Sie eine Bewertung des **Arbeitsergebnisses** mit dem vorgegebenen Beurteilungsbogen durch.
2. Bewerten Sie zusätzlich Ihren **Arbeitsprozess** und Ihre **Teamarbeit** anhand der folgenden Fragen:
 - War die Arbeitsverteilung im Team angemessen / Zuständigkeiten geklärt?
 - Wurde zielgerichtet gearbeitet?
 - Wurden die Kenntnisse und Erfahrungen in der Gruppe weitergegeben?
 - Hatten am Ende einer Sitzung alle den gleichen Informationsstand?
 - Wurden die verabredeten Arbeitsaufträge erledigt und die Zeiten eingehalten?
 - Sind Sie mit dem Ergebnis der Teamarbeit zufrieden?

Wenn Sie Defizite in der Bearbeitung erkannt haben, überlegen Sie Maßnahmen zur Optimierung.

Lösungsraum

Lösungshinweise zum Änderungsauftrag:

Systemanalyse:

- Schaltungsunterlagen und Anlagendokumente auswerten
- funktionelle Zusammenhänge analysieren
- Steuerung interpretieren und ändern/anpassen
- Fehlerursachen bestimmen
- Mess- und Prüfverfahren auswählen

Analyse der Altanlage:

Volumen des Sammelbehälters: $98,3 \text{ m}^3$,

Tägliche Abwassermenge: $V = \text{Durchschnitt} \cdot \text{Betriebsstunden} = 20 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 12\text{h} = 240\text{m}^3$

Kürzeste Füllzeit der Sammelgrube bei max. Zulauf und Pumpenausfall: $< 15 \text{ min.}$

Füllzeit für Sammelbehälter:

Annahme (durch Rückfrage beim Auftraggeber): zul. Ablauf in die Kläranlage $30 \text{ m}^3/\text{h}$

Dann: $t = \text{Volumen} / (\text{Zulauf} - \text{Ablauf}) = 98,3 \text{ m}^3 / (60 \text{ m}^3/\text{h} - 30 \text{ m}^3/\text{h}) = 3\text{h}$

Notwendige Pumpenleistung:

Leistung der Pumpe: $P = m \cdot a \cdot s / t = (60000\text{kg} \cdot 9,81\text{m/s}^2 \cdot 7\text{m}) / 3600\text{s} = 1145\text{W}$

Leistung des Motors größer wegen Wirkungsgrad der Pumpe, z.B. $1,5\text{kW}$

Vorhandener Motor $P_{\text{ab}} = 10,1\text{kW}$, d.h.: überdimensioniert, die Pumpe läuft immer nur kurzzeitig, es gibt viele Anlaufvorgänge.

DC-Motor: Technical data

Type:	Power:	Speed:	Armature voltage:	Armature current:	starting current	Field voltage	Field current
GFRK 132-22	9.5 kW	2900 min^{-1}	260V	41 A	120A	210V	1.1A
GFRK 132-22	10.1 kW	3050 min^{-1}	440V	25.5 A	78A	210V	1.1A

Der Motor läuft nur im Teillastbereich, weil $I_{\text{Anker}} (16\text{A})$ viel kleiner als $I_{\text{Nenn}} (25.5\text{A})$ ist.

Nennwerte des DC-Motors:

$M_{\text{Nenn}} = P_{\text{ab}} / (2 \cdot \pi \cdot n) = 10,1\text{kW} / (2 \cdot 3,14 \cdot 3050 \text{ min}^{-1}) = 31,6 \text{ Nm}$

Drehmomentbedarf der Pumpe: $M_{\text{Pumpe}} = M_{\text{Nenn}} \cdot I_{\text{A}} / I_{\text{ANenn}} = 31,6\text{Nm} \cdot 16\text{A} / 25,5\text{A} = 20 \text{ Nm}$

Wirkungsgrad im Nennbetrieb:

$\eta = P_{\text{ab}} / P_{\text{zu}} = 10.1\text{kW} / (440\text{V} \cdot 25.5\text{A} + 210\text{V} \cdot 1,1\text{A}) = 88,4\%$

Wirkungsgrad im Teillastbetrieb:

$P_{\text{ab}} = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot M = 2 \cdot 3,142 \cdot 2770 \text{ min}^{-1} \cdot 20 \text{ Nm} = 5755\text{W}$

$\eta = P_{\text{ab}} / P_{\text{zu}} = 5755\text{W} / (400\text{V} \cdot 16\text{A} + 200\text{V} \cdot 1,1\text{A}) = 87,0\%$

Entleerungszeit der 15 m^3 – Grube:

$t = m \cdot a \cdot s / P = (15000\text{kg} \cdot 9,81\text{m/s}^2 \cdot 7\text{m}) / 10\text{kW} = 103 \text{ s} = 1,6 \text{ min}$

Füllzeit der Grube bei max Zulauf und abgeschalteter Pumpe:

$t = \text{Volumen} / \text{Zulauf} = 15 \text{ m}^3 / 60 \text{ m}^3/\text{h} = 0,25 \text{ h} = 15 \text{ min}$

Die Pumpe ist auch bei max Zulauf nur für 10% der Zeit eingeschaltet.

Weil im Steuerstromkreis der Sensor B1 nicht abgefragt wird, ist davon auszugehen, dass die Grube immer nur halb gefüllt wird und sich somit die Anzahl der Einschaltvorgänge weiter erhöht.

Analyse der Altanlage:

DC-Antrieb mit B2U am Außenleiter ergibt rechnerisch eine Gleichspannung von 360 V für den 440V-DC-Motor

Der DC-Motor läuft dann mit ca. 2500 min^{-1} .

Weil keine Glättungsspule verwendet wird, erhöht sich die Spannung am Anker durch die Gegenspannung des Motors und der Motor läuft schneller (hier Messwert 2770 min^{-1}).

Der Ankerstrom ist von der Last abhängig. Weil der Motor überdimensioniert ist, läuft er nur im Teillastbereich und der Strom ist kleiner als der Nennstrom.

Es ist eine Anlaufstrombegrenzung mit Zeitsteuerung und Widerstand vorhanden:

Der Widerstandswert = $5,0 \Omega$ begrenzt den Ankeranlaufstrom auf ca. 70A.

$$I_{\text{AAnlauf}} = U / (R_V + R_{\text{Ankerkreis}}) = 400V / (5,0 \Omega + 1 \Omega) = 67A$$

Zulässiger Startstrom für den Motor ist 78 A. Somit ist der Anlaufstrombegrenzungswiderstand richtig dimensioniert.

Aber das Zeitrelais ist auf 300 ms eingestellt, d.h. die zu kurze Umschaltzeit ergibt dann trotzdem eine zu große Anlaufstromspitze.

Es ist keine Glättungsspule für den Ankerstrom vorhanden: deswegen entstehen Geräusche und ein Rüttelmoment.

Datenblatt Schütz: Die Kontakte des verwendeten Schützes sind nur für ohmsche Last und max. Strom 35A zugelassen. Zusammen mit dem häufigen Einschaltvorgang kommt es zur vorzeitigen Kontaktzerstörung.

Systementwurf für den Änderungsvorschlag:

- **technische Problemanalyse durchführen**
- **Lösungskonzepte unter technischen, ökonomischen und arbeitsorganisatorischen Aspekten planen**
- **Anlagenspezifikationen festlegen**
- **Komponenten auswählen**
- **Schaltungsunterlagen anpassen**

Änderungsvorschlag 1: (Lösung mit geringeren Umbaukosten)

- Der DC-Motor bleibt erhalten
- Es wird eine Glättungsspule im Ankerkreis vorgeschaltet. Dadurch wird der Ankerstrom geglättet, so dass die Geräusche und das Rüttelmoment verschwinden.
- Das Zeitrelais K2T wird auf ca. 3 Sekunden eingestellt, so dass die Anlaufstromspitze kleiner wird.
- Die Füllstandsensoren (Schwimmerschalter) werden gegen berührungslos arbeitende Ultraschallsensoren ausgetauscht.
- Die Schützschaltung wird durch eine Kleinststeuerung mit Analogwertverarbeitung (für Füllstand) ersetzt (z.B. LOGO!).
- Es wird ein Schütz mit zulässiger Kontaktstrombelastung $> 70A$ verwendet.

Änderungsvorschlag 2: (Lösung mit erhöhter Ausfallsicherheit)

- Der wartungsintensive DC-Motor wird durch einen wartungsarmen 2 kW-Drehstromkurzschlussläufermotor ersetzt.
- Die Anlage wird evtl. redundant aufgebaut (zwei Pumpen)
- Die Füllstandsensoren (Schwimmerschalter) werden gegen berührungslos arbeitende Ultraschallsensoren ausgetauscht.

- Die Schützschaltung wird durch eine Kleinststeuerung mit Analogwertverarbeitung (für Füllstand) ersetzt (z.B. LOGO!).

Erweiterter Umbauvorschlag:

- Es wird nur noch das überschüssige Abwasser gepumpt. Dazu werden Abwassermengen bis $20\text{m}^3/\text{h}$ nicht mehr gepumpt, sondern fließen wieder direkt in die Kläranlage. Überschüssiges Abwasser fließt durch einen Überlauf in die Auffanggrube und wird in den Vorratsbehälter gepumpt. Somit ist neben der Energieeinsparung auch ein Notbetrieb der Fabrik bei Pumpenausfall möglich.

Lösungshinweise zur Handlungsphase „Kontrollieren“**Lösungshinweise zu 5.1: Übergabe:****Besichtigen:**

Vollständigkeit und Stimmigkeit der Dokumentation

Einhaltung der Normen

Bauteilkenndaten der ausgewählten Bauteile (z.B. AC3 für Schütze und Schalter gem. VDE0113)

Einstellung der Motorschutzrelais auf Motornennstrom

Kennzeichnung und Zielbezeichnungen der Bauteile und Leitungen

Auswahl der Bauteile nach Umwelteinflüssen (IPxx)

Schutz gegen direktes Berühren

Brandschutzbestimmungen (Auslösung bei Phasenausfall: Motorschutzrelais)

Potentialausgleich der Rohrleitungen

Normfarben und Symbole der Schalter, Taster und Anzeigen

Erproben:

Drehfeldprüfung

Funktionen Laststromkreis und Steuerstromkreis

Not-Aus-Trennstelle,

Motorschutzauslösung im Steuerstromkreis, Schutz vor Wiederanlauf

Drahtbruchsicherheit

Funktion RCD-Auslösetaster

Lösungshinweise zu 5.2: Notwendige Messungen:

Erstinbetriebnahmемessungen (weil Neuanlage):

Galvanische Trennung von Last- und Steuerstromkreis

PELV-Spannung

Durchgängigkeit des Schutzleiters $\leq 0,1\Omega$

Durchgängigkeit des Potentialausgleiches (bei Rohrleitungen) $\leq 1\Omega$

Schleifenimpedanz, Netzinnenwiderstand, Kurzschlussstrom

Abschaltzeit und Abschaltstrom für RCD

Isolationmessungen $> 500\text{k}\Omega$

Lösungshinweise zu 5.3: Bedienungsanweisung, Wiedereinschaltprozedur

Stillsetzen im Notfall

Wiedereinschaltprozedur: Vorgehensweise Motorschutz-Reset

Handbetrieb der Pumpen im Störfall

Lösungshinweise zu 5.4: Wartungsarbeiten

Wiederholungsprüfung nach VBG4: Frist 1-mal jährlich, weil Außenanlage:

Alle Messungen und alle Erprobungen / Funktionen

Besichtigung auf Beschädigungen und Verschleiß

Mängelliste erstellen, evtl. Außerbetriebsetzung

Kriterien/Indikatoren nach dem Kompetenzmodell

Kriterium	1 Anschaulichkeit Präsentation	2 Funktionalität	3 Gebrauchswert	4 Wirtschaftlichkeit	5 Geschäfts- und Arbeitsprozess	6 Sozialverträglich- keit	7 Umweltverträglich- keit	8 Kreativität
	X	X	X	X	X	X	X	X

Abwasserpumpen - Lösungsraum (Stichpunkte)**Kriterium 1: Anschaulichkeit/Präsentation**

normgerechte und vollständige Pläne, aussagekräftiges Technologieschema, adressatengerechte Darstellungen

Technologieschema ergänzt?

Funktionsbeschreibung als verständlicher Text für Auftraggeber.

Stromlaufpläne, Installationspläne, Materialliste vorhanden?

Belegungsliste, Programmablaufplan, Kostenplanung, Zeitplanung

Kriterium 2: Funktionalität

Aufbau nach anerkannten Regeln der Technik, praktische Realisierbarkeit berücksichtigt?

Die Pumpen dürfen nicht trocken laufen: Füllstandsensoren, Durchflusssensoren, Überlauf-Alarm eingeplant?

Tauchpumpe oder selbstansaugende Pumpen richtig angeordnet?

Drahtbruchsicherheit und Schutz vor unerwartetem Wiederanlauf berücksichtigt?

Leistung der Pumpen berechnet? (Lösung: Abgabeleistung einer Pumpe = 1,2kW)

Wirkungsgrad der Pumpen berücksichtigt? (Leistung des Motors > 1,5kW)

Kriterium 3: Gebrauchswert

Nutzerfreundlichkeit, Vermeidung der Störanfälligkeit, Erweiterbarkeit, Reparaturfreundlichkeit

Sind alle notwendigen und sinnvollen Funktionen vorhanden?

Betriebs- und Alarmanzeigen vorhanden?

Notbetrieb über Handsteuerung möglich?

Bedienfreundlichkeit, Bedienerführung?

Servicefreundlichkeit: Z.B.: Die Pumpen werden immer abwechselnd benutzt, damit sich keine wegen langer Stillstandzeit festsetzt.

Mehrere Pumpen wegen Redundanz / Betriebssicherheit,

Vor den Pumpen sind Filter eingebaut (möglichst redundant mit Überwachung und automatischer Umschaltung), damit Pumpenverstopfung vermieden wird.

Betriebsprinzip: Der Ablauf in die Kläranlage ist immer auf den maximal zulässigen Wert eingestellt, der Pufferspeicher möglichst immer leer, damit er Spitzenmengen jederzeit aufnehmen kann.

Kriterium 4: Wirtschaftlichkeit

Anschaffungskosten, Betriebskosten, Energiekosten, Instandhaltungsaufwand, Folgekosten

z.B. Sensoren mit Drahtkäfig vor Verschmutzung schützen, oder Ultraschallsensoren/kapazitive Sensoren/ geführte Mikrowellensensoren verwenden

Kriterium 5: Geschäfts- und Arbeitsprozess

betriebliche Ablauforganisation, vor- und nachgelagerte Prozesse, Absprache mit anderen Gewerken

eigener Betrieb: Wann wird das Material besorgt, wie viele Personen führen die Arbeiten durch? Personaleinsatzplan vorhanden?

Kunde: Kann die Fabrik während des Umbaus der Pumpenanlage ohne Unterbrechung weiter arbeiten?

Werden im späteren Betrieb die vorgelagerten oder folgenden Prozesse gestört oder unterstützt? (Hier: Abschaltung der Fabrik bei Pumpenausfall, Überlastung der Kläranlage bei Notentleerung, schnelle Wiederinbetriebnahme nach Störung)

Kriterium 6: Sozialverträglichkeit

humane Arbeitsplatzgestaltung, Gesundheitsschutz, Arbeitssicherheit, Unfallverhütung
Unfallschutz und Servicefreundlichkeit

RCD vorhanden (weil Außenanlage), Hauptschalter als Not-Aus gekennzeichnet und gut erreichbar?

Ergonomie, Lärm, Giftstoffe, aggressive Inhaltstoffe im Abwasser
(z.B. Pumpe nicht in der Grube)

Kriterium 7: Umweltverträglichkeit

Umweltschutzbestimmungen, Recycling, Energieeffizienz, Nachhaltigkeit

Überlaufschutz durch Notabschaltung und Absperrventile

Anordnung des Voll-Sensors so, dass noch genügend Zeit zum Abschalten der Fabrik bleibt, ohne dass es zum Überlauf kommt

Drehzahlsteuerung des Pumpenmotors über Frequenzumrichter

Kompensation der Motorinduktivitäten

Überdimensionierung der Pumpe nicht zu groß? (schlechterer Wirkungsgrad bei Teillast und Kurzzeitbetrieb)

Zulauf des Sammelbehälters nicht oben (wegen Höhenunterschied) sondern unten oder an der Seite (aber Rückschlagventil notwendig)

Nur die überschüssige Abwassermenge wird in den Behälter gepumpt, die zulässige Grundmenge fließt wie bisher in die Kläranlage.

Kriterium 8: Kreativität

sinnvolle Lösung, die über den erwarteten Lösungsrahmen hinaus geht, Problemsensitivität

z.B. drei Pumpen wegen Wirkungsgrad und Ausfallsicherheit.

Analoger Füllstandsensor (Ultraschallsensor) wegen Wartungsfreiheit (auch LOGO! hat Analogeingang) und füllstandsabhängige Pumpendrehzahl über Frequenzumrichter.

Die normale Abwassermenge fließt weiterhin ungepumpt in die Kläranlage, nur überschüssiges Abwasser fließt über einen Überlauf in die Sammelgrube und wird von dort in den Auffangbehälter gepumpt.

Betriebsstundenerfassung der Pumpen für Wartungsanzeige.

Fehlerhäufigkeitsstatistik für Instandhaltung

Blitzschutz und Frostschutz berücksichtigt

Auswertung der Kompetenz-Lernaufgabe:**Klasse:****Gruppe:****Datum:**

Nur dokumentierte Sachverhalte können bewertet werden (nicht „zwischen den Zeilen lesen“)

		Bemer- kungen	Punkte Lehrer	Punkte Schüler	Ergebnis
	Kriterien/Indikatoren				
	<ul style="list-style-type: none"> Anschaulichkeit 				
1	Darstellung für Auftraggeber angemessen? z.B. Beschreibung, Bedienungshinweise Kostenplan, Bauteilliste				
2	Darstellung für Fachleute angemessen? z.B. Schaltpläne, Installationspläne, Klemmenplan, Kabelplan, Programmausdruck kommentiert				
3	Lösung veranschaulicht? z.B. Technologieschema, Lageplan, Skizzen				
4	Strukturiert und übersichtlich? z.B. Deckblatt, Inhaltsverzeichnis, Seitennummerierung, Firmenkontaktinfo, Kundenkontaktinfo				
	<ul style="list-style-type: none"> Funktionalität 				
5	Funktionsfähigkeit gegeben? z.B. Dimensionierung/Berechnung o.k., Absicherung, notwen- dige Verriegelungen, Endschalter,				
6	Praktische Realisierbarkeit berücksichtigt? z.B. Elektrischer und mechanischer Aufbau möglich?				
7	Darstellungen und Erläuterungen richtig und Stand der Technik berücksichtigt?				
8	Lösung vollständig? z.B. Sind alle geforderten und notwendigen Funktionen gege- ben?				

	• Gebrauchswert				
9	Gebrauchswert für Auftraggeber? Sind sinnvolle und hilfreiche Funktionen berücksichtigt? Automatische Fehlererkennung, Eingriffe u. Änderungen möglich				
10	Nutzerfreundlichkeit für Anwender? z.B. Bedienbarkeit, Bedienerführung, Übersichtlichkeit, Alarm- u. Betriebsanzeigen,				
11	Geringe Störanfälligkeit berücksichtigt? z.B. Vorbeugende Fehlerinfo, Redundanz, Teillauffähigkeit, sind die Materialeigenschaften für die Anwendung optimal?				
12	Längerfristige Verwendbarkeit u. Erweiterungsmöglichkeiten berücksichtigt?				
	• Wirtschaftlichkeit				
13	Sächliche Kosten wirtschaftlich? z.B. Zeitliche u. personelle Ressourcen, Materialeinsatz				
14	Folgekosten berücksichtigt? z.B. Stromkosten, Unterhaltungsaufwand, Stillstandkosten bei Steuerungsausfall				
15	Betriebsw. u. volkswirtschaftl. Aspekte berücksichtigt? z.B. Stillstandkosten bei Komponentenausfall gegen Erstellungskosten abgewogen?				
	• Arbeits- u. Geschäftsprozess				
16	Ablauforganisation im eigenen Betrieb und beim Kunden z.B. Zeit- und Einsatzplanung, Rahmenbedingungen für Installationsarbeiten geklärt?				
17	Arbeitsprozesswissen (Arbeitserfahrung) z.B. Hat die Lösung eine Struktur, die den Arbeitsablauf erkennen lässt? Sind vor- und nachgelagerte Prozesse berücksichtigt?				
18	Grenzen der eigenen Berufsarbeit überschritten? z.B. bauliche Veränderungen, Aufträge für andere Gewerke, Fundament für Schaltschrank, Gerüst für Sensormontage eingeplant,				

	• Sozialverträglichkeit				
19	Humane Arbeits- u. Organisationsgestaltung z.B. Ergonomie, Servicefreundlichkeit				
20	Gesundheitsschutz berücksichtigt? z.B. Ex-Schutz, giftige Dämpfe, Strahlung, Lärm, Verletzungs- gefahren erkannt und verhindert Handlungen im Notfall möglich und erklärt? Gefahrenanalyse für Montage, Betrieb, Service, Störung und Demontage durchgeführt?				
21	Arbeitssicherheit u. Unfallverhütung berücksichtigt? Arbeiten auf Leitern und Gerüsten, PSA, Unterweisung von Fremdfirmen, Gefahrenhinweise, Gefahrstoffkennzeichnung				
	• Umweltverträglichkeit				
22	Recycling, Wiederverwertbarkeit, Nachhaltigkeit z.B. ROHS-Material, PVC-freies Material, Vermeidung, Verminderung und Verwertung von Abfall				
23	Energieeinsparung u. Energieeffizienz z.B. Energiesparlampen, EFF-Klasse bei Motoren, Standby- Verluste minimiert, Anzeigen mit LED statt Lampen				
	• Kreativität				
24	Zeigt die Lösung Problemsensitivität? z.B. Kundenwunsch voll erfasst und umgesetzt?				
25	Wird der Gestaltungsspielraum ausgeschöpft? z.B. Sinnvolle Zusatz-Funktionen eingeplant?				
	Sonstiges:				
	Summe der Punkte:				