

# Geprüfte Industriemeister Fachrichtung Chemie

TIS

Fragen direkt an [timo@tiw.de](mailto:timo@tiw.de)

NICHT über das Eingabefenster beim Downloadport

**Alle Qualifikationsbereiche** dokumentenechtes Schreibmaterial • Lineal • Schablonen • Farbstifte (Zeichenmaterial) • netzunabhängiger, nicht kommunikationsfähiger Taschenrechner

## Fachrichtungsübergreifende Basisqualifikationen

Rechtsbewusstes Handeln	siehe „Alle Qualifikationsbereiche“ • zusätzlich Gesetzestexte, insbesondere • Handelsgesetzbuch • Bürgerliches Gesetzbuch • Arbeitsgesetze • Produkthaftungsgesetz bzw. Gesetzessammlungen, in denen diese Gesetze Bestandteil sind
Betriebswirtschaftliches Handeln	siehe „Alle Qualifikationsbereiche“ • Formelsammlung für industriell-technische Abschlüsse nach BBiG*
Anwendung von Methoden der Information, Kommunikation und Planung	siehe „Alle Qualifikationsbereiche“
Zusammenarbeit im Betrieb	siehe „Alle Qualifikationsbereiche“

## Handlungsspezifische Qualifikationen

1. Situationsaufgabe Handlungsbereich: Chemische Produktion	siehe „Alle Qualifikationsbereiche“ • zusätzlich Gesetzestexte, insbesondere • Handelsgesetzbuch • Bürgerliches Gesetzbuch • Arbeitsgesetze bzw. Gesetzessammlungen, in denen diese Gesetze Bestandteil sind • Formelsammlung für industriell-technische Abschlüsse nach BBiG* • zusätzlich Tabellenbücher (siehe Folgeseite)
2. Situationsaufgabe Handlungsbereich: Organisation, Führung und Kommunikation	siehe „Alle Qualifikationsbereiche“ • zusätzlich Gesetzestexte, insbesondere • Handelsgesetzbuch • Bürgerliches Gesetzbuch • Arbeitsgesetze bzw. Gesetzessammlungen, in denen diese Gesetze Bestandteil sind • Formelsammlung für industriell-technische Abschlüsse nach BBiG* • zusätzlich Tabellenbücher (siehe Folgeseite)

## Handlungsbereich „Spezialisierungsgebiete“ (Wahlqualifikation)

Syntheseplanung	siehe „Alle Qualifikationsbereiche“ • zusätzlich IHK-Formelsammlung für Industriemeister* • zusätzlich Tabellenbücher (siehe Folgeseite)
Automatisierungs- und Prozessleittechnik	siehe „Alle Qualifikationsbereiche“ • Formelsammlung für industriell-technische Abschlüsse nach BBiG* • zusätzlich Tabellenbücher (siehe Folgeseite)
Technologie	siehe „Alle Qualifikationsbereiche“ • Formelsammlung für industriell-technische Abschlüsse nach BBiG* • zusätzlich Tabellenbücher (siehe Folgeseite)
Betriebscontrolling	siehe „Alle Qualifikationsbereiche“ • Formelsammlung für industriell-technische Abschlüsse nach BBiG*

Für die oben genannten zugelassenen Gesetzestexte gilt:

- für die Frühjahrsprüfung jeweils der Rechtsstand vom 31. Dezember des Vorjahres,
- für die Herbstprüfung jeweils der Rechtsstand vom 1. Januar des laufenden Jahres.
- Es dürfen nur unkommentierte Fassungen verwendet werden; Klebezettel, Unterstreichungen und Normenverweise sind zulässig.

\* Diese wird von der IHK zur Verfügung gestellt.

Chemische Tabellen und Rechentafeln für die analytische Praxis (Karl Rauscher/Joachim Voigt/I. Wilke/K.-Th. Wilke/Rainer Friebe). Verlag Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer GmbH und Co. KG, Haan-Gruiten (Edition Harri Deutsch) ab 2000. (Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH, Frankfurt am Main ab 2008.)

Rechentafeln für die Chemische Analytik. Basiswissen für die Analytische Chemie (Friedrich W. Küster/Alfred Thiel/Alfred Ruland/Ursula Ruland). Walter de Gruyter GmbH und Co. KG, Berlin ab 2011.

Tabellenbuch Chemie (Rolf Kaltoven/Joachim Ziemann). Verlag Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer GmbH und Co. KG, Haan-Gruiten (Edition Harri Deutsch) ab 2000. (Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH, Frankfurt am Main 2007.)

Tabellenbuch Chemietechnik (Walther Bierwerth). Verlag Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer GmbH und Co. KG, Haan-Gruiten ab 2011.

Tabellen zur Chemie und zur Analytik (Erich Hitzel, Ulrich Hübschmann, Erwin Links). Verlag Europa-Lehrmittel, ab 2014 (vormals Verlag Handwerk und Technik GmbH, Hamburg ab 2011)



TIW GmbH ©

# KLAUSUR F2024

Chemische Produktion

12 Aufgaben

Praktisch bei allen Klausuren  
Anlage 1 Verfahrensbeschreibung

# Anlagen

Chemische Produktion

## Anlage 1 zu allen Aufgaben Ausgangssituation zu allen Aufgaben

Sie sind als Meister im Mittelbetrieb der Titandioxid-Herstellung eingesetzt und neben der Prozesssteuerung und -überwachung verantwortlich für Personalführung, Arbeitssicherheit, Qualitätsmanagement und Kosten. Ihrer Betriebsmannschaft gehören pro Schicht ein Schichtmeister, zehn Chemikanten und zwei Industriemechaniker an. Der Betrieb produziert vollkontinuierlich mit einem Vierschichtsystem. Die Überwachung der Rohstoffeingangskontrolle und die Qualitätssicherung erfolgen betriebsbegleitend im Zentrallabor.

Das in Anlage 2 dargestellte Verfahren im Mittelbetrieb wird wie folgt beschrieben:

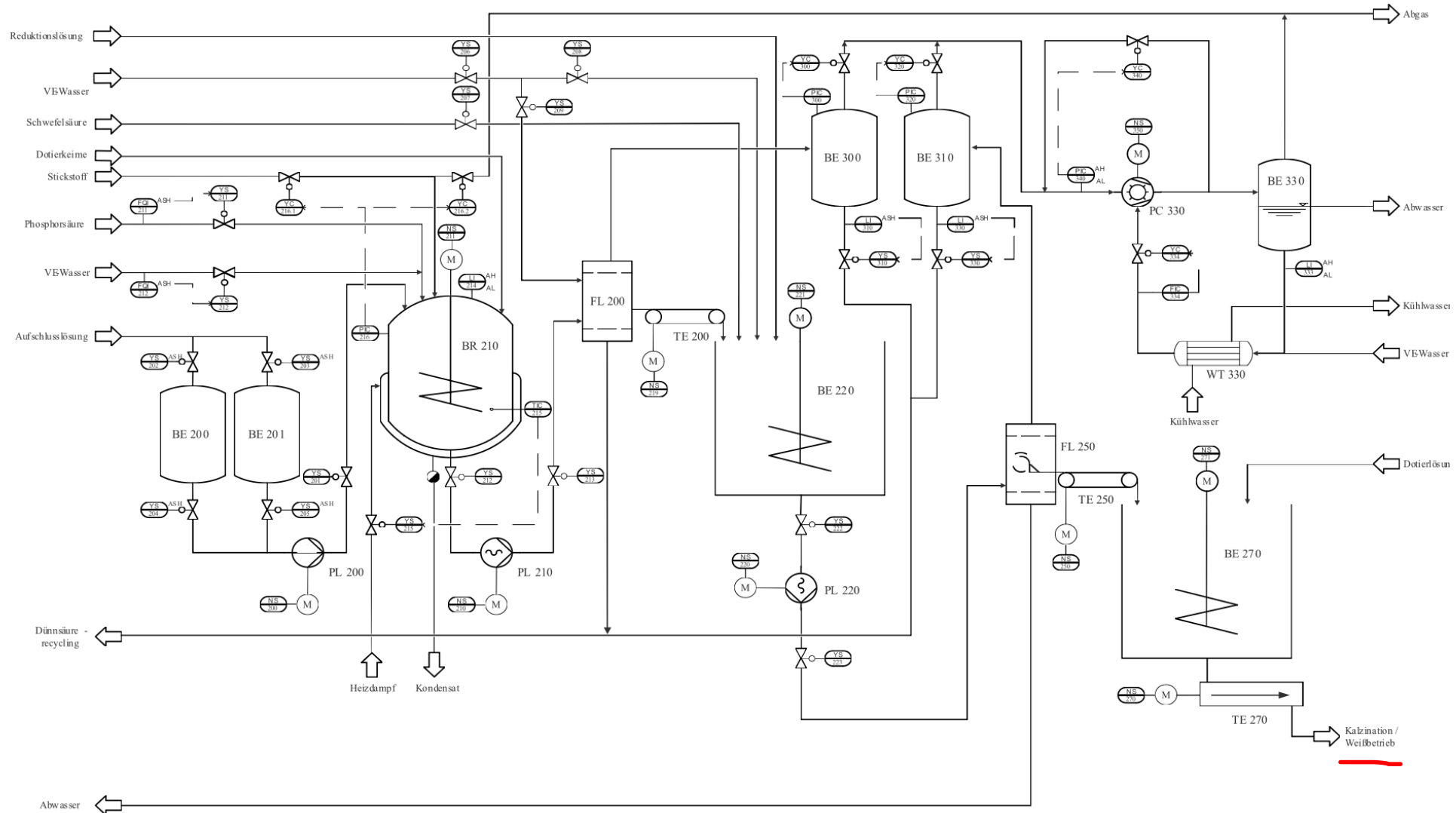
Aus dem Schwarzbetrieb gelangt die aufkonzentrierte, schwefelsäurehaltige Lösung in die Vorratsbehälter BE 200 und BE 201. Die Lösung wird über die Pumpe PL 200 in den Rührbehälter BR 210 gepumpt, unter ständigem Rühren auf 60 °C aufgeheizt und je nach gewünschter Modifikation des Produkts mit Keimen dotiert. Nach Erreichen der Temperatur von 60 °C und der Keimzugabe wird die Hydrolyse des Titanoxidsulfats ( $\text{TiOSO}_4$ ) zum schwerlöslichen Titanoxidhydrat ( $\text{TiO}(\text{OH})_2$ ) durch Zugabe von vollentsalztem Wasser (VE-Wasser) und geringen Mengen Phosphorsäure durchgeführt. Durch die Zugabe der Phosphorsäure werden Eisen-(III-)Salze in die löslichen Eisen-(III-)Phosphate überführt. Die gebildete Suspension gelangt über die Pumpe PL 210 in die Tauchwanne, in der mittels dem vakuumbetriebenen Filter FL 200 das Titanoxidhydrat von der anhaftenden Dünnsäure getrennt wird. In der Dünnsäure mit ca. 23 % Schwefelsäure sind die Schwermetallionen (Eisen, Chrom, Mangan) gelöst enthalten. Die Dünnsäure wird in die Vorratstanks der im Verbund befindlichen Dünnsäurerecyclinganlage gepumpt und weiterverarbeitet.

Der Filterkuchen wird von den Filtertüchern abgestoßen und über einen Bandförderer in den offenen Behälter BE 220 befördert. In dem Behälter BE 220 wird der Feststoff mit VE-Wasser, Schwefelsäure und schwefelsaurer Reduktionslösung aufgeschlämmt. Die Reduktionslösung enthält in schwefelsaurer Lösung Titan-III-Ionen, um letzte verbliebene Schwermetalle zu reduzieren und in Lösung zu bringen.

Die Suspension wird mittels Pumpe PL 220 in den Trog des Trommeldrehfilters FL 250 gepumpt und der Filterkuchen von der Lösung abgetrennt. Das Filtrat wird über einen Zwischentank in das Abwasser geleitet. Der abgeschälte Filterkuchen gelangt über einen Bandförderer in den offenen Behälter BE 270, in dem er mit Kalium-, Phosphor- oder Aluminium-Ionen (Dotierlösung) versetzt wird, um die Pigmenteigenschaften des Endprodukts einzustellen. Die so erhaltene Paste ( $\text{TiO}(\text{OH})_2$ ) gelangt in den Kalzinationsofen des Weißbetriebs, in dem das Endprodukt Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ) hergestellt wird.

# Anlage 2 RI-Fließschema

## Anlage 2 zu allen Aufgaben



# Aufgabe 1

## Chemische Produktion

### Anlage 1 zu allen Aufgaben

#### Ausgangssituation zu allen Aufgaben

Sie sind als Meister im Mittelbetrieb der Titandioxid-Herstellung eingesetzt und neben der Prozesssteuerung und -überwachung verantwortlich für Personalführung, Arbeitssicherheit, Qualitätsmanagement und Kosten. Ihrer Betriebsmannschaft gehören pro Schicht ein Schichtmeister, zehn Chemikanten und zwei Industriemechaniker an. Der Betrieb produziert vollkontinuierlich mit einem Vierschichtsystem. Die Überwachung der Rohstoffeingangskontrolle und die Qualitätssicherung erfolgen betriebsbegleitend im Zentrallabor.

Das in Anlage 2 dargestellte Verfahren im Mittelbetrieb wird wie folgt beschrieben:

Aus dem Schwarzbetrieb gelangt die aufkonzentrierte, schwefelsäurehaltige Lösung in die Vorratsbehälter BE 200 und BE 201. Die Lösung wird über die Pumpe PL 200 in den Rührbehälter BR 210 gepumpt, unter ständigem Rühren auf 60 °C aufgeheizt und je nach gewünschter Modifikation des Produkts mit Keimen dotiert. Nach Erreichen der Temperatur von 60 °C und der Keimzugabe wird die Hydrolyse des Titanoxidsulfats ( $\text{TiOSO}_4$ ) zum schwerlöslichen Titanoxidhydrat ( $\text{TiO}(\text{OH})_2$ ) durch Zugabe von vollentsalztem Wasser (VE-Wasser) und geringen Mengen Phosphorsäure durchgeführt. Durch die Zugabe der Phosphorsäure werden Eisen-(III)-Salze in die löslichen Eisen-(III)-Phosphate überführt. Die gebildete Suspension gelangt über die Pumpe PL 210 in die Tauchwanne, in der mittels dem vakuumbetriebenen Filter FL 200 das Titanoxidhydrat von der anhaftenden Dünnsäure getrennt wird. In der Dünnsäure mit ca. 23% Schwefelsäure sind die Schwermetallionen (Eisen, Chrom, Mangan) gelöst enthalten. Die Dünnsäure wird in die Vorrattanks der im Verbund befindlichen Dünnsäurerecyclinganlage gepumpt und weiterverarbeitet.

Der Filterkuchen wird von den Filtertüchern abgestoßen und über einen Bandförderer in den offenen Behälter BE 220 befördert. In dem Behälter BE 220 wird der Feststoff mit VE-Wasser, Schwefelsäure und schwefelsaurer Reduktionslösung aufgeschlämmt. Die Reduktionslösung enthält in schwefelsaurer Lösung Titan-III-Ionen, um letzte verbliebene Schwermetalle zu reduzieren und in Lösung zu bringen.

Die Suspension wird mittels Pumpe PL 220 in den Trog des Trommeldrehfilters FL 250 gepumpt und der Filterkuchen von der Lösung abgetrennt. Das Filtrat wird über einen Zwischentank in das Abwasser geleitet. Der abgeschälte Filterkuchen gelangt über einen Bandförderer in den offenen Behälter BE 270, in dem er mit Kalium-, Phosphor- oder Aluminium-Ionen (Dotierlösung) versetzt wird, um die Pigmenteigenschaften des Endprodukts einzustellen. Die so erhaltene Paste ( $\text{TiO}(\text{OH})_2$ ) gelangt in den Kalzinationsofen des Weißbetriebs, in dem das Endprodukt Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ) hergestellt wird.

### Aufgabe 1

**Mögliche Punktzahl: 10**

**Entwerfen Sie das Grundfließschema der Anlage und geben Sie als Zusatzinformation die Stoff- und Energieströme sowie die Bezeichnungen des Apparates an, den Sie für den jeweiligen Schritt vorgesehen haben.**

# Aufgabe 1

## Chemische Produktion

### Lösungshinweise Aufgabe 1

[VO: § 5 Absatz 6 Nr. 1]

Mögliche Punktzahl: 10

### Anlage 1 zu allen Aufgaben

### Ausgangssituation zu allen Aufgaben

Sie sind als Meister im Mittelbetrieb der Titandioxid-Herstellung eingesetzt und neben der Prozesssteuerung und -überwachung verantwortlich für Personalführung, Arbeitssicherheit, Qualitätsmanagement und Kosten. Ihrer Betriebsmannschaft gehören pro Schicht ein Schichtmeister, zehn Chemikanten und zwei Industriemechaniker an. Der Betrieb produziert vollkontinuierlich mit einem Vierschichtsystem. Die Überwachung der Rohstoffeingangskontrolle und die Qualitätssicherung erfolgen betriebsbegleitend im Zentrallabor.

Das in Anlage 2 dargestellte Verfahren im Mittelbetrieb wird wie folgt beschrieben:

Aus dem Schwarzbetrieb gelangt die aufkonzentrierte, schwefelsäurehaltige Lösung in die Vorratsbehälter BE 200 und BE 201. Die Lösung wird über die Pumpe PL 200 in den Rührbehälter BR 210 gepumpt, unter ständigem Rühren auf 60 °C aufgeheizt und je nach gewünschter Modifikation des Produkts mit Keimen dotiert. Nach Erreichen der Temperatur von 60 °C und der Keimzugabe wird die Hydrolyse des Titanoxidsulfats ( $\text{TiOSO}_4$ ) zum schwerlöslichen Titanoxidhydrat ( $\text{TiO}(\text{OH})_2$ ) durch Zugabe von vollentsalztem Wasser (VE-Wasser) und geringen Mengen Phosphorsäure durchgeführt. Durch die Zugabe der Phosphorsäure werden Eisen-(III)-Salze in die löslichen Eisen-(III)-Phosphate überführt. Die gebildete Suspension gelangt über die Pumpe PL 210 in die Tauchwanne, in der mittels dem vakuumbetriebenen Filter FL 200 das Titanoxidhydrat von der anhaftenden Dünnsäure getrennt wird. In der Dünnsäure mit ca. 23% Schwefelsäure sind die Schwermetallionen (Eisen, Chrom, Mangan) gelöst enthalten. Die Dünnsäure wird in die Vorratstanks der im Verbund befindlichen Dünnsäurerecyclinganlage gepumpt und weiterverarbeitet.

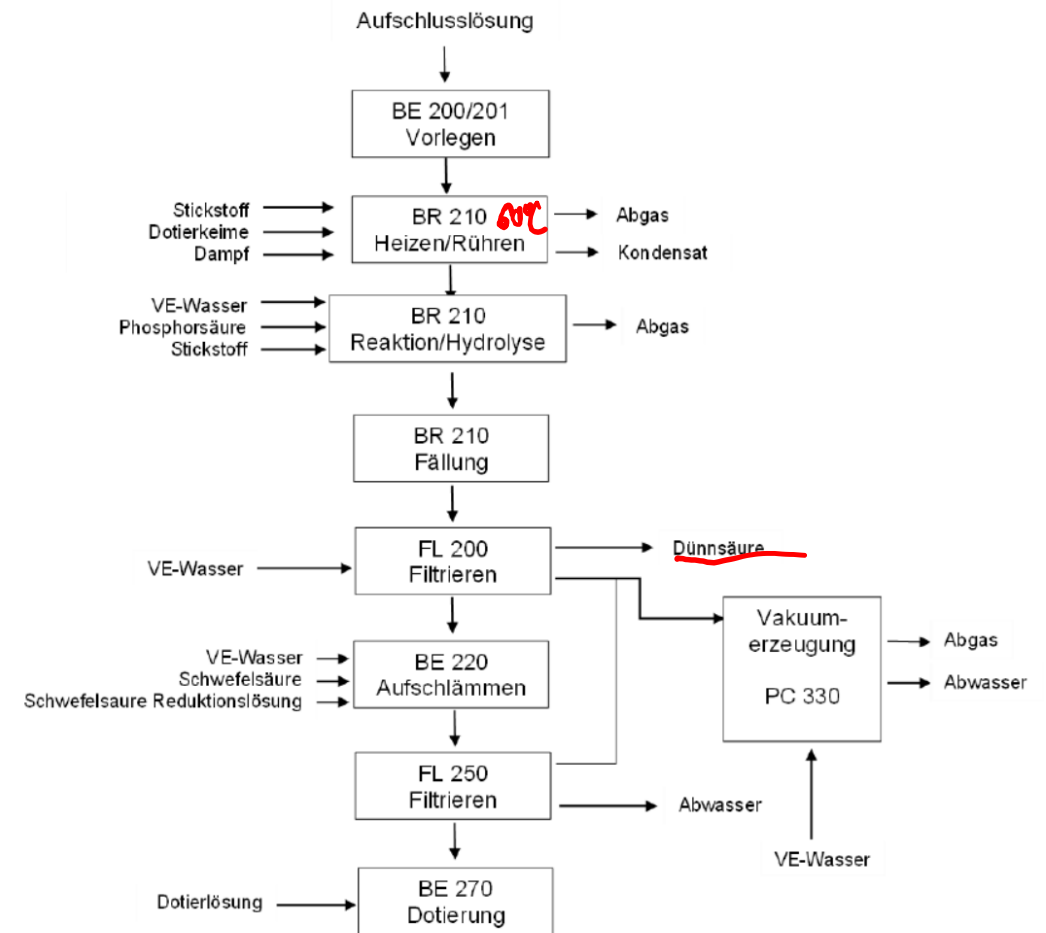
Der Filterkuchen wird von den Filtertüchern abgestoßen und über einen Bandförderer in den offenen Behälter BE 220 befördert. In dem Behälter BE 220 wird der Feststoff mit VE-Wasser, Schwefelsäure und schwefelsaurer Reduktionslösung aufgeschlämmt. Die Reduktionslösung enthält in schwefelsaurer Lösung Titan-III-Ionen, um letzte verbliebene Schwermetalle zu reduzieren und in Lösung zu bringen.

Die Suspension wird mittels Pumpe PL 220 in den Trog des Trommeldrehfilters FL 250 gepumpt und der Filterkuchen von der Lösung abgetrennt. Das Filtrat wird über einen Zwischentank in das Abwasser geleitet. Der abgeschälte Filterkuchen gelangt über einen Bandförderer in den offenen Behälter BE 270, in dem er mit Kalium-, Phosphor- oder Aluminium-Ionen (Dotierlösung) versetzt wird, um die Pigmenteigenschaften des Endprodukts einzustellen. Die so erhaltene Paste ( $\text{TiO}(\text{OH})_2$ ) gelangt in den Kalzinationsofen des Weißbetriebs, in dem das Endprodukt Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ) hergestellt wird.

### Aufgabe 1

Mögliche Punktzahl: 10

Entwerfen Sie das Grundfließschema der Anlage und geben Sie als Zusatzinformation die Stoff- und Energieströme sowie die Bezeichnungen des Apparates an, den Sie für den jeweiligen Schritt vorgesehen haben.



Erdgas → [Kalzinieren/Weißbetrieb] → Abgas  
Titan dioxid

# Aufgabe 2

Chemische Produktion

## Aufgabe 2

Formulieren Sie folgende Reaktionsgleichungen:

**a** Mögliche Punktzahl: 2

Hydrolyse des Titanoxidsulfats zum Titanoxidhydrat

**b** Mögliche Punktzahl: 2

Glühen (Kalzinieren) des Titanoxidhydrats zum Titandioxid



# Aufgabe 2

## Chemische Produktion

### Aufgabe 2

Formulieren Sie folgende Reaktionsgleichungen:

**a** Mögliche Punktzahl: 2

Hydrolyse des Titanoxidsulfats zum Titanoxidhydrat

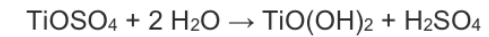
**b** Mögliche Punktzahl: 2

Glühen (Kalzinieren) des Titanoxidhydrats zum Titandioxid

### Lösungshinweise Aufgabe 2

[VO: § 5 Absatz 6 Nr. 2]

**a** Mögliche Punktzahl: 2



**b** Mögliche Punktzahl: 2



# Aufgabe 3

## Chemische Produktion

### Aufgabe 3

In Ihrem Betrieb werden alle anfallenden schwefelsäurehaltigen Spüllösungen in einer zentralen Neutralisationsanlage gesammelt. Die Neutralisation von jeweils 50 m<sup>3</sup> Spüllösung erfolgt in einem Rührbehälter durch Zugabe von festem Calciumcarbonat und anschließender Abtrennung der entstandenen Feststoffe.

Einer Ihrer Auszubildenden schlägt vor, das bisher verwendete Calciumcarbonat durch verdünnte Natronlauge zu ersetzen. Zur Begründung führt der Auszubildende an, dass damit in Ihrem Betrieb der Ausstoß von Kohlenstoffdioxid erheblich reduziert wird und die entstandene Lösung in einem Nachbarbetrieb Verwendung findet.

**a** Mögliche Punktzahl: 4

Stellen Sie für beide Neutralisationen die Reaktionsgleichungen auf.

**b** Mögliche Punktzahl: 10

Berechnen Sie die Masse und das Volumen an Kohlenstoffdioxid, die bei jedem Ansatz eingespart werden.

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08 \text{ g/mol};$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 100,09 \text{ g/mol};$$

$$M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g/mol}$$

$$V(\text{Spüllösung}) = 50 \text{ m}^3 \text{ mit } w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,18 \text{ und } \rho(\text{H}_2\text{SO}_4; w = 0,18) = 1.215 \text{ kg/m}^3$$

$$\vartheta = 25 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$p = 1.025 \text{ hPa};$$

$$R = 8,314 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

a) Neutralisation



### Aufgabe 3

In Ihrem Betrieb werden alle anfallenden schwefelsäurehaltigen Spüllösungen in einer zentralen Neutralisationsanlage gesammelt. Die Neutralisation von jeweils 50 m<sup>3</sup> Spüllösung erfolgt in einem Rührbehälter durch Zugabe von festem Calciumcarbonat und anschließender Abtrennung der entstandenen Feststoffe.

Einer Ihrer Auszubildenden schlägt vor, das bisher verwendete Calciumcarbonat durch verdünnte Natronlauge zu ersetzen. Zur Begründung führt der Auszubildende an, dass damit in Ihrem Betrieb der Ausstoß von Kohlenstoffdioxid erheblich reduziert wird und die entstandene Lösung in einem Nachbarbetrieb Verwendung findet.

#### a Mögliche Punktzahl: 4

Stellen Sie für beide Neutralisationen die Reaktionsgleichungen auf.

#### b Mögliche Punktzahl: 10

Berechnen Sie die Masse und das Volumen an Kohlenstoffdioxid, die bei jedem Ansatz eingespart werden.

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08 \text{ g/mol};$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 100,09 \text{ g/mol};$$

$$M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g/mol}$$

$$V(\text{Spüllösung}) = 50 \text{ m}^3 \text{ mit } w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,18 \text{ und } \rho(\text{H}_2\text{SO}_4; w = 0,18) = 1.215 \text{ kg/m}^3$$

$$\vartheta = 25 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$p = 1.025 \text{ hPa};$$

$$R = 8,314 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

$$= \frac{3}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

$$= \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{ mol H}_2\text{O}$$

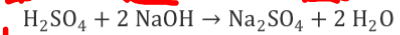
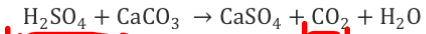
$$111 \text{ kmol} \rightarrow 222 \text{ kmol H}_2\text{O}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 222 \text{ kmol} \cdot 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

### Lösungshinweise Aufgabe 3

[VO: § 5 Absatz 6 Nr. 2]

#### a Mögliche Punktzahl: 4



#### b Mögliche Punktzahl: 10

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V$$

$$m(\text{Spüllösung}) = \frac{1.215 \text{ kg} \cdot 50 \text{ m}^3}{\text{m}^3} = 60.750 \text{ kg}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{Spüllösung}) \cdot w(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 60.750 \text{ kg} \cdot 0,18$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10.935 \text{ kg}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2)$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{10.935 \text{ kg} \cdot \text{mol}}{98,08 \text{ kg}} = 111,49 \text{ kmol}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)}$$

$$m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)$$

$$m(\text{CO}_2) = \frac{111,49 \text{ kmol} \cdot 44,01 \text{ kg}}{\text{kmol}}$$

$$m(\text{CO}_2) = 4.906,67 \text{ kg}$$

Berechnung Kohlenstoffdioxid-Volumen:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p}$$

$$V(\text{CO}_2) = \frac{111.490 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot 298 \cdot \text{K}}{102.500 \text{ Pa} \cdot \text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$V(\text{CO}_2) = 2.694,87 \text{ m}^3$$

# Aufgabe 3

## Chemische Produktion

1. Masse der Spüllösung

← Masse reine H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
← Stoffmenge berechnen

# Aufgabe 4

Chemische Produktion

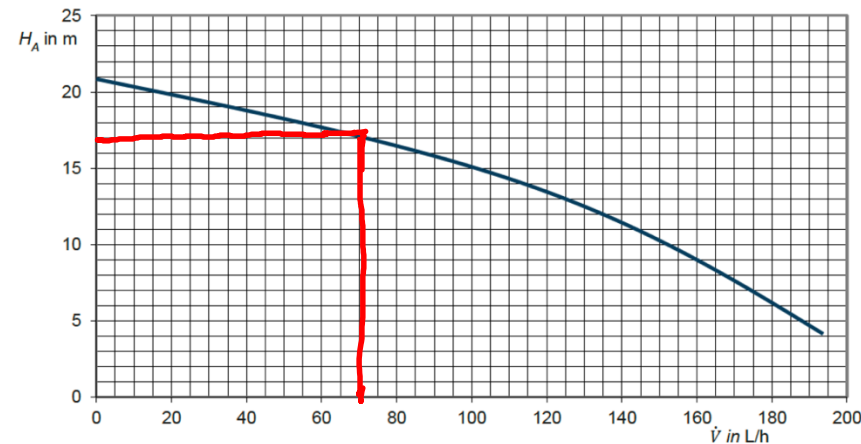
## Aufgabe 4

Mögliche Punktzahl: 8

Mit der Pumpe PL 200 soll die schwefelsäurehaltige Lösung aus den Behältern BE 200 und BE 201 mit einem Volumenstrom von mindestens 110 L/h in den Behälter BR 210 gepumpt werden.

Die Pumpe ist defekt und soll ausgetauscht werden.

Im Lager befindet sich eine Pumpe, die Sie ohne weitere Veränderungen einbauen können. Für diese liegt Ihnen die folgende Pumpenkennlinie vor:



Für die weitere Beurteilung liegen folgende Daten vor:

- geodätische Förderhöhe:  $z = 15 \text{ m}$
- Gesamtdruckverlusthöhe:  $H_f = 2,15 \text{ m}$
- Druck Behälter BE 200/201:  $p_{BE\ 200/201} = 0,12 \text{ bar}$
- Druck Reaktor BR 210:  $p_{BR\ 210} = 0,10 \text{ bar}$
- Dichte schwefelsäurehaltige Lösung:  $\rho = 1,414 \text{ kg/L}$

Ermitteln Sie rechnerisch, ob die neue Pumpe für den Austausch geeignet ist, und begründen Sie Ihre Entscheidung.

S. 227 - 231

$$H_A = z + \frac{p_{A2} - p_{A1}}{\rho \cdot g} + H_f$$

$$= 15 \text{ m} + \frac{10.000 \text{ Pa} - 12.000 \text{ Pa}}{1.414 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 2,15$$

$$H_A = 17,01 \text{ m}$$

$70 \frac{\text{L}}{\text{h}}$  können gefördert werden

$110 \frac{\text{L}}{\text{h}}$  sollen gefördert werden

Pumpe ist nicht geeignet

# Aufgabe 4

## Chemische Produktion

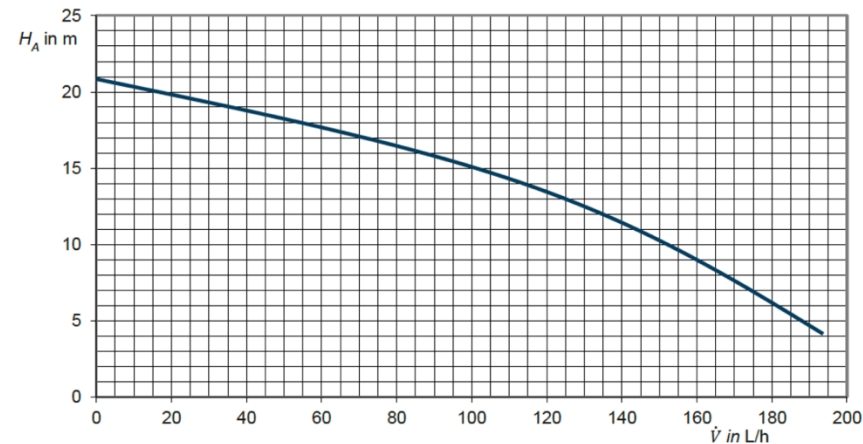
### Aufgabe 4

Mögliche Punktzahl: 8

Mit der Pumpe PL 200 soll die schwefelsäurehaltige Lösung aus den Behältern BE 200 und BE 201 mit einem Volumenstrom von mindestens 110 L/h in den Behälter BR 210 gepumpt werden.

Die Pumpe ist defekt und soll ausgetauscht werden.

Im Lager befindet sich eine Pumpe, die Sie ohne weitere Veränderungen einbauen können. Für diese liegt Ihnen die folgende Pumpenkennlinie vor:



Für die weitere Beurteilung liegen folgende Daten vor:

- geodätische Förderhöhe:  $z = 15 \text{ m}$
- Gesamtdruckverlusthöhe:  $H_f = 2,15 \text{ m}$
- Druck Behälter BE 200/201:  $p_{BE\ 200/201} = 0,12 \text{ bar}$
- Druck Reaktor BR 210:  $p_{BR\ 210} = 0,10 \text{ bar}$
- Dichte schwefelsäurehaltige Lösung:  $\rho = 1,414 \text{ kg/L}$

Ermitteln Sie rechnerisch, ob die neue Pumpe für den Austausch geeignet ist, und begründen Sie Ihre Entscheidung.

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

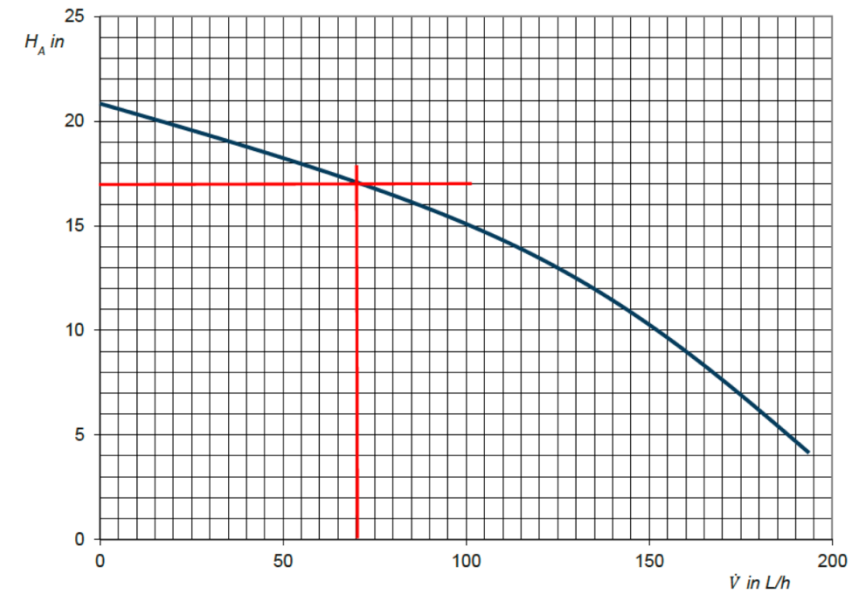
$$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^2}{\text{m} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}} = \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} = \text{m} \quad \checkmark$$

### Lösungshinweise Aufgabe 4

[VO: § 5 Absatz 6 Nr. 1]

Mögliche Punktzahl: 8

$$H_A = z + \frac{p_{A2} - p_{A1}}{\rho \cdot g} + H_f = 15 \text{ m} + \frac{(10.000 - 12.000) \text{ kg} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2 \cdot 1414 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m}} + 2,15 \text{ m} = 17,01 \text{ m}$$



Die Pumpe kann nicht eingesetzt werden, da sie bei den gegebenen Bedingungen maximal 70 L/h fördern kann und somit den geforderten Volumenstrom von mindestens 110 L/h nicht erreicht.

Hinweis für den Korrektor:

Das Einzeichnen in das Diagramm wird vom Prüfungsteilnehmer nicht erwartet.

# Aufgabe 5

## Chemische Produktion

### Aufgabe 5

**Mögliche Punktzahl: 6**

Ein Mitarbeiter des Mittelbetriebs kommt auf Sie zu und berichtet von Problemen bei der Unterdruckhaltung an BE 310 und BE 300 durch die Wasserringpumpe/Flüssigkeitsringpumpe PC 330. Sie kontrollieren sofort die Prozessparameter der Ringwasserversorgung der Pumpe.

**Erläutern Sie, welchen Einfluss der Volumenstrom und die Temperatur der Ringflüssigkeit (Sperrflüssigkeit) auf die Vakuumerzeugung haben.**

# Aufgabe 5

## Chemische Produktion

### Aufgabe 5

#### Mögliche Punktzahl: 6

Ein Mitarbeiter des Mittelbetriebs kommt auf Sie zu und berichtet von Problemen bei der Unterdruckhaltung an BE 310 und BE 300 durch die Wasserringpumpe/Flüssigkeitsringpumpe PC 330. Sie kontrollieren sofort die Prozessparameter der Ringwasserversorgung der Pumpe.

**Erläutern Sie, welchen Einfluss der Volumenstrom und die Temperatur der Ringflüssigkeit (Sperrflüssigkeit) auf die Vakuumerzeugung haben.**

### Lösungshinweise Aufgabe 5

[VO: § 5 Absatz 6 Nr. 1]

#### Mögliche Punktzahl: 6

- **Volumenstrom:**

Bei Flüssigkeitsringpumpen muss im Allgemeinen eine Durchflussregelung vorhanden sein. Wenn die Zulaufmenge zu groß wird, dann gelangt zu viel Flüssigkeit in die Zellen, das verfügbare Volumen für die Luftansaugung wird kleiner, d. h., die Leistung (Vakuumerzeugung) geht zurück und die Stromaufnahme steigt.

Wenn zu wenig Ringflüssigkeit der Vakuumpumpe zufließt, kann unter Umständen kein vollständiger Flüssigkeitsring aufgebaut werden und eine Abdichtung der einzelnen Zellen ist nicht mehr gewährleistet, sodass keine Förderung bzw. Vakuumerzeugung möglich ist.
- **Temperatur:**

Mit steigender Temperatur der Ringflüssigkeit verschlechtert sich die Vakuumerzeugung durch die Teilverdampfung der Ringflüssigkeit im Eintritt (Dampfdruck der Flüssigkeit nimmt zu).

# Aufgabe 6

## Chemische Produktion

### Aufgabe 6

Mögliche Punktzahl: 10

In den Sommermonaten kommt es durch erhöhte Kühlwassereingangstemperaturen immer wieder zu Problemen am WT 330. Der Wärmeüberträger ist dann nicht mehr in der Lage, die notwendige Wärmemenge abzuführen.

Ermitteln Sie rechnerisch die maximal zulässige Kühlwassereingangstemperatur des WT 330 mit den folgenden Informationen:

$$\rho_{\text{Kühlwasser}} = 1,00 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

$$q_V, \text{Kühlwasser} = 300,00 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

$$c_W, \text{Kühlwasser} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\alpha_1 = 1.200,00 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}}$$

$$\alpha_2 = 1.400,00 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}}$$

$$\lambda_{\text{Wärmeüberträgerwand}} = 49,50 \frac{\text{J}}{\text{m} \cdot \text{K} \cdot \text{s}}$$

$$\delta_{\text{Wärmeüberträgerwand}} = 2,00 \text{ mm}$$

$$A_{\text{Wärmeüberträger}} = 1,00 \text{ m}^2$$

Die erforderliche minimale mittlere Temperaturdifferenz für den Wärmeaustauscher liegt bei  $\Delta T_m = 5,55 \text{ K}$ .

Die maximale Austrittstemperatur des Kühlwassers aus dem WT 330 soll

$\vartheta_{\text{Kühlwasser, Austritt}} = 35 \text{ °C}$  betragen.

$$Q = A \cdot k \cdot \Delta T_m \quad \text{Wärmetransfer}$$

→ Welche Wärmemenge kann maximal abgeführt werden

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

→ Daraus maximal mögliche Temperaturdifferenz

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{Kalorien}$$

## Aufgabe 6

Mögliche Punktzahl: 10

In den Sommermonaten kommt es durch erhöhte Kühlwassereingangstemperaturen immer wieder zu Problemen am WT 330. Der Wärmeüberträger ist dann nicht mehr in der Lage, die notwendige Wärmemenge abzuführen.

Ermitteln Sie rechnerisch die maximal zulässige Kühlwassereingangstemperatur des WT 330 mit den folgenden Informationen:

$$\rho_{\text{Kühlwasser}} = 1,00 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

$$q_V, \text{Kühlwasser} = 300,00 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

$$c_W, \text{Kühlwasser} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\alpha_1 = 1.200,00 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}}$$

$$\alpha_2 = 1.400,00 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}}$$

$$\lambda_{\text{Wärmeüberträgerwand}} = 49,50 \frac{\text{J}}{\text{m} \cdot \text{K} \cdot \text{s}}$$

$$\delta_{\text{Wärmeüberträgerwand}} = 2,00 \text{ mm}$$

$$A_{\text{Wärmeüberträger}} = 1,00 \text{ m}^2$$

Die erforderliche minimale mittlere Temperaturdifferenz für den Wärmeaustauscher liegt bei  $\Delta T_m = 5,55 \text{ K}$ .

Die maximale Austrittstemperatur des Kühlwassers aus dem WT 330 soll

$\vartheta_{\text{Kühlwasser, Austritt}} = 35 \text{ °C}$  betragen.

Wärmemenge, die  
maximal  
abgeführt  
werden  
kann

## Lösungshinweise Aufgabe 6

[VO: § 5 Absatz 6 Nr. 1]

Mögliche Punktzahl: 10

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}}{1.200 \text{ J}} + \frac{0,002 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K} \cdot \text{s}}{49,5 \text{ J}} + \frac{1 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}}{1.400 \text{ J}}}$$

$$K = 629,71 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}} = 2.266,96 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{h}}$$

$$\Phi_{\text{WT330}} = A \cdot K \cdot \Delta T_m$$

$$\Phi_{\text{WT330}} = 1 \text{ m}^2 \cdot 2.266,96 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{h}} \cdot 5,55 \text{ K}$$

$$\Phi_{\text{WT330}} = 12.581,63 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

$$q_{m, \text{Kühlwasser}} = q_{V, \text{Kühlwasser}} \cdot \rho_{\text{Kühlwasser}}$$

$$q_{m, \text{Kühlwasser}} = 300 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

$$q_{m, \text{Kühlwasser}} = 300 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\Phi_{\text{WT330}} = c_{\text{Kühlwasser}} \cdot q_{m, \text{Kühlwasser}} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{\Phi_{\text{WT330}}}{c_{\text{Kühlwasser}} \cdot q_{m, \text{Kühlwasser}}}$$

$$\Delta T = \frac{12.581,63 \text{ kJ} \cdot \text{kg} \cdot \text{K} \cdot \text{h}}{\text{h} \cdot 4,19 \text{ kJ} \cdot 300 \text{ kg}}$$

$$\Delta T = 10,0 \text{ K}$$

$$\Delta \vartheta = 10,0 \text{ °C}$$

$$\vartheta_{\text{Eintritt}} = \vartheta_{\text{Austritt}} - \Delta \vartheta$$

$$\vartheta_{\text{Eintritt}} = 35 \text{ °C} - 10 \text{ °C}$$

$$\vartheta_{\text{Eintritt}} = 25 \text{ °C}$$

# Aufgabe 6

## Chemische Produktion

$$\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{1000 \text{ s}}$$

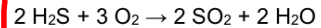
# Aufgabe 3

Orga F2023

## Aufgabe 3

Mögliche Punktzahl: 10

In der Anlage werden täglich 150 t Schwefelwasserstoff mit Luftsauerstoff zu Schwefeldioxid nach folgender Reaktionsgleichung verbrannt:



Berechnen Sie, wie viel  $\text{m}^3$  Luft von  $18^\circ\text{C}$  und  $1.015 \text{ hPa}$  pro Stunde erforderlich sind, um den Schwefelwasserstoff vollständig zu verbrennen. Der Umsatz der Reaktion beträgt 100%.

$$M(\text{H}_2\text{S}) = 34,08 \text{ g/mol}$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 0,21$$

$$\frac{150.000 \text{ kg}}{0,03408 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 2} = 2.200.704,225 \text{ mol}^{\frac{n}{2}}$$

$$\left( \frac{\dot{m}(\text{H}_2\text{S})}{M(\text{H}_2\text{S}) \cdot 2} \right) = \frac{p \cdot V(\text{Luft}) \cdot \varphi(\text{O}_2)}{R \cdot T \cdot 3} \quad \left| \cdot R \cdot T \cdot 3 \right.$$

$\varphi = \varphi(\text{O}_2)$

$$\left( \frac{n}{2} \right) \cdot \frac{R \cdot T \cdot 3}{p \cdot \varphi(\text{O}_2)} = V(\text{Luft})$$

$$\frac{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m} \cdot \text{s}^2}{\text{kg}}}{\text{m}^2 \cdot \text{m} = \text{m}^3}$$

2 mol H<sub>2</sub>S und 3 mol O<sub>2</sub>

-> Für die Verbrennung von 2 mol H<sub>2</sub>S  
werden 3 mol O<sub>2</sub> benötigt

$$V(\text{Luft}) = \frac{2.200.704,225 \text{ mol} \cdot 8,314472 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 291 \text{ K} \cdot 3}{101.500 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} \cdot 0,21}$$

$$T = 273 + 18 = 291 \text{ K}$$

$$V(\text{Luft}) = 749.419,97 \text{ m}^3 \text{ pro Tag}$$

$$V(\text{Luft}) = 31.225,83 \text{ m}^3 \text{ pro Stunde}$$

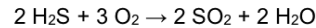
# Aufgabe 3

Orga F2023

## Aufgabe 3

Mögliche Punktzahl: 10

In der Anlage werden täglich 150 t Schwefelwasserstoff mit Luftsauerstoff zu Schwefeldioxid nach folgender Reaktionsgleichung verbrannt:



Berechnen Sie, wie viel m<sup>3</sup> Luft von 18 °C und 1.015 hPa pro Stunde erforderlich sind, um den Schwefelwasserstoff vollständig zu verbrennen. Der Umsatz der Reaktion beträgt 100 %.

$$M(\text{H}_2\text{S}) = 34,08 \text{ g/mol}$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 0,21$$

$$T = 273 + 18 = 291 \text{ K}$$

$$n = \frac{M}{M}$$

$$1,015 \text{ bar}$$

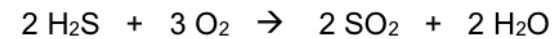
$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$$

## Lösungshinweise Aufgabe 3

[VO: § 5 Absatz 6]

Mögliche Punktzahl: 10



$$\frac{n(\text{H}_2\text{S})}{2} = \frac{n(\text{O}_2)}{3}$$

$$\frac{n_{\text{H}_2\text{S}}}{n_{\text{O}_2}} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{\dot{m}(\text{H}_2\text{S})}{M(\text{H}_2\text{S}) \cdot 2} = \frac{p \cdot V(\text{O}_2)}{R \cdot T \cdot 3} = \frac{p \cdot V(\text{Luft}) \cdot \varphi(\text{O}_2)}{R \cdot T \cdot 3}$$

$$\dot{V}(\text{Luft}) = \frac{\dot{m}(\text{H}_2\text{S}) \cdot R \cdot T \cdot 3}{M(\text{H}_2\text{S}) \cdot 2 \cdot p \cdot \varphi(\text{O}_2)}$$

$$\dot{V}(\text{Luft}) = \frac{150.000 \text{ kg} \cdot \text{mol} \cdot 0,08314 \text{ bar} \cdot \text{L} \cdot 291 \text{ K} \cdot 3 \cdot 1 \text{ m}^3}{24 \text{ h} \cdot 0,03408 \text{ kg} \cdot \text{mol} \cdot 2 \cdot 1,015 \text{ bar} \cdot 0,21 \cdot 1.000 \text{ L}} = 31.224 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$= 1$$

# Aufgabe 7

## Chemische Produktion

### Aufgabe 7

**Mögliche Punktzahl: 6**

Im Vakuumdrehfilter FL 250 wird die im Behälter BE 220 anfallende Suspension von der Flüssigkeit getrennt.

**Beschreiben Sie die Funktionsweise des Vakuumdrehfilters und geben Sie zwei Parameter an, mit denen Sie das Filtrationsverhalten eines Vakuumdrehfilters beeinflussen können.**

# Aufgabe 7

## Chemische Produktion

### Aufgabe 7

**Mögliche Punktzahl: 6**

Im Vakuumdrehfilter FL 250 wird die im Behälter BE 220 anfallende Suspension von der Flüssigkeit getrennt.

**Beschreiben Sie die Funktionsweise des Vakuumdrehfilters und geben Sie zwei Parameter an, mit denen Sie das Filtrationsverhalten eines Vakuumdrehfilters beeinflussen können.**

### Lösungshinweise Aufgabe 7

[VO: § 5 Absatz 6 Nr. 1]

**Mögliche Punktzahl: 6**

Der Vakuumdrehfilter ist ein kontinuierlich betriebener Filter.

Er besteht aus einer Trommel, die in einen Trog mit der zu filtrierenden Suspension eintaucht. Die Suspension im Trog wird mit einem Rührwerk umgewälzt. In der Trommel befinden sich Zellen mit Absaugrohren, die über einen feststehenden Steuerkopf mit der Saugleitung verbunden sind. Die Filterfläche taucht in die Suspension ein, dabei wird das Filtrat durch das Filtermittel gesaugt und über das Absaugrohr und die Saugleitung in einen Auffangbehälter geleitet. Der Feststoff bleibt am Filtermittel zurück und wird durch die Drehbewegung der Trommel aus der Trübe transportiert. Im weiteren Verlauf kann der Filterkuchen auf der Trommel gewaschen und die Restfeuchte abgesaugt werden. Am Ende wird der Filterkuchen vom Filtermittel abgeschält.

Parameter:

- Drehgeschwindigkeit der Trommel
- Eintauchtiefe der Trommel
- angelegter Druck
- Durchmesser der Trommel
- Füllstand im Trog

# Aufgabe 8

## Chemische Produktion

### Aufgabe 8

Mögliche Punktzahl: 6

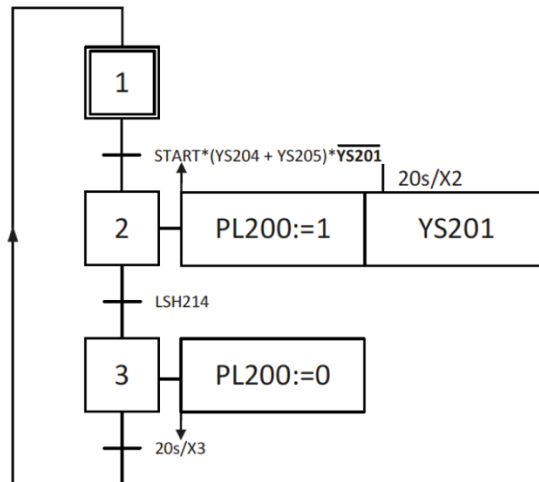
In der Vergangenheit ist es wiederholt zu Problemen bei der Befüllung des BR 210 aus den Behältern BE 200 bzw. BE 201 gekommen.

Eine Fehleranalyse hat gezeigt, dass die Probleme zum überwiegenden Teil auf eine Fehlbedienung der Pumpe PL 200 zurückzuführen sind.

Aus diesem Grund wurde eine Ablaufsteuerung (Ablaufplan nach GRAFCET, siehe Anlage 3) für diesen Schritt entwickelt.

**Erklären Sie die Funktion dieser Steuerung. Gehen Sie dabei auf alle Weiterschaltbedingungen und Aktionen der Ablaufsteuerung ein.**

#### Anlage 3 zu Aufgabe 8



# Aufgabe 8

## Chemische Produktion

### Aufgabe 8

#### Mögliche Punktzahl: 6

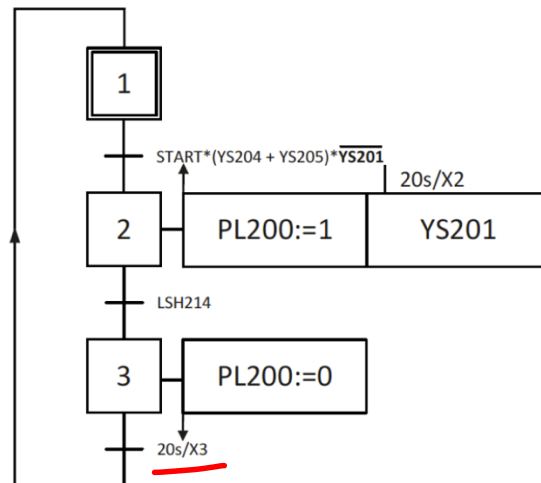
In der Vergangenheit ist es wiederholt zu Problemen bei der Befüllung des BR 210 aus den Behältern BE 200 bzw. BE 201 gekommen.

Eine Fehleranalyse hat gezeigt, dass die Probleme zum überwiegenden Teil auf eine Fehlbedienung der Pumpe PL 200 zurückzuführen sind.

Aus diesem Grund wurde eine Ablaufsteuerung (Ablaufplan nach GRAFCET, siehe Anlage 3) für diesen Schritt entwickelt.

**Erklären Sie die Funktion dieser Steuerung. Gehen Sie dabei auf alle Weberschaltbedingungen und Aktionen der Ablaufsteuerung ein.**

#### Anlage 3 zu Aufgabe 8



### Lösungshinweise Aufgabe 8

[VO: § 5 Absatz 6 Nr. 3]

#### Mögliche Punktzahl: 6

Nach dem Startschritt (1) wird in einer Transition (Weberschaltbedingung) abgefragt, ob die Bedingung „START“ ansteht und ob das Auslaufventil YS 204 oder das Auslaufventil YS 205 offen ist und ob das Ventil auf der Druckseite (YS 201) geschlossen ist.

Sind alle diese Bedingungen erfüllt, wechselt das Programm in Schritt 2. Dort wird bei Eintritt in den Schritt 2 die Pumpe PL 200 mit einer „gespeichert wirkenden Aktion bei Aktivierung des Schrittes“ gestartet.

Das Ventil YS 201 wird mit einer kontinuierlich wirkenden Aktion mit Zuweisungsbedingung 20 Sekunden nach Aktivierung des Schrittes 2 geöffnet.

Als nächste Transition wird der Füllstand-Grenzwert „Hoch“ des BR 210 abgefragt (LSH214). Ist dieser erreicht, wechselt das Programm in Schritt 3, das Ventil YS 201 schließt sofort wieder.

Die Pumpe PL 200 läuft noch 20 Sekunden. Diese Zeit (20 Sekunden aktiver Schritt 3) ist die Weberschaltbedingung von Schritt 3 zurück in den Startschritt.

Sobald die Zeit abgelaufen ist und das Programm den Schritt 3 verlässt, wird die Pumpe PL 200 mit einer gespeichert wirkenden Aktion bei Deaktivierung des Schrittes wieder außer Betrieb genommen.

Bei erneutem Anliegen der Startbedingungen wiederholt sich der Vorgang.

# Aufgabe 9

## Chemische Produktion

### Aufgabe 9

Ihr Auszubildender möchte von Ihnen wissen, welche Aufgabe der Regler PIC 340 am Flüssigkeitsringverdichter PC 330 hat.

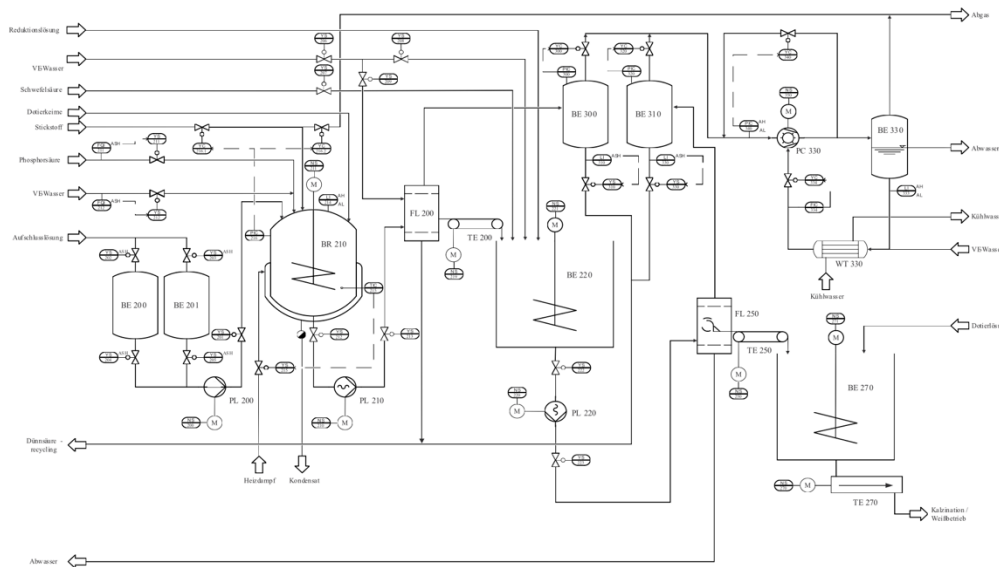
**a** Mögliche Punktzahl: 4

Beschreiben Sie die konkrete Aufgabe und die Funktionsweise der Regelung PIC 340 in der dargestellten Anlage.

**b** Mögliche Punktzahl: 3

Geben Sie einen geeigneten Regler an und begründen Sie Ihre Entscheidung.

### Anlage 2 zu allen Aufgaben



# Aufgabe 9

## Chemische Produktion

### Aufgabe 9

Ihr Auszubildender möchte von Ihnen wissen, welche Aufgabe der Regler PIC 340 am Flüssigkeitsringverdichter PC 330 hat.

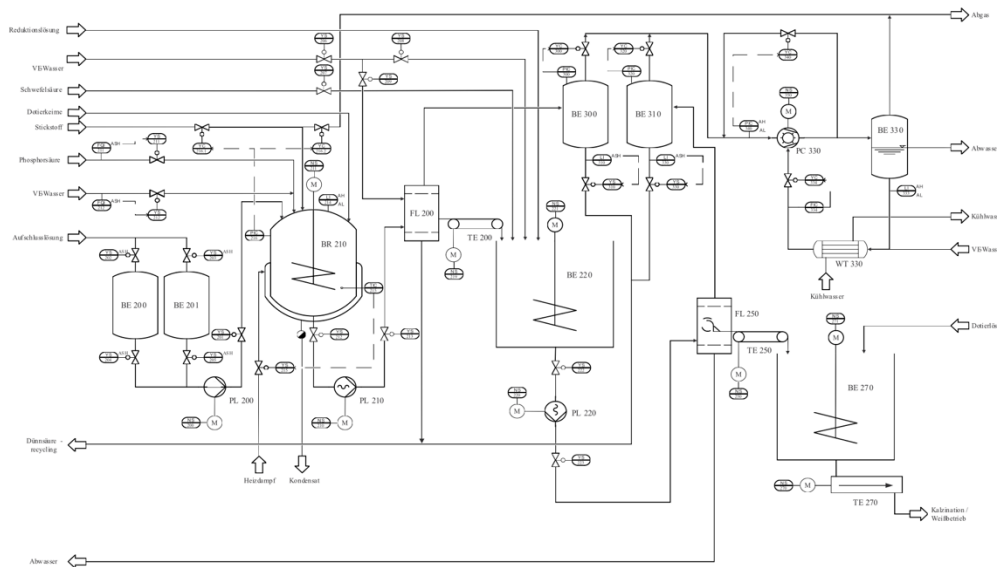
**a** Mögliche Punktzahl: 4

Beschreiben Sie die konkrete Aufgabe und die Funktionsweise der Regelung PIC 340 in der dargestellten Anlage.

**b** Mögliche Punktzahl: 3

Geben Sie einen geeigneten Regler an und begründen Sie Ihre Entscheidung.

### Anlage 2 zu allen Aufgaben



### Lösungshinweise Aufgabe 9

[VO: § 5 Absatz 6 Nr. 3]

**a** Mögliche Punktzahl: 4

Mithilfe des Flüssigkeitsringverdichters wird das Vakuum für die Behälter BE 300 und BE 310 erzeugt. Die Druckregelung PIC 340 soll einen vorgegebenen Druck in der Versorgungsleitung konstant halten.

Bei der Regelung PIC 340 handelt es sich um eine Festwertregelung. Um den Druck konstant zu halten, wird über das Ventil YC 340 ein Teil des Abgasstroms auf die Saugseite des Flüssigkeitsringverdichters zurückgeführt und der negative Überdruck (Vakuum) in der Versorgungsleitung für die Behälter BE 300 und BE 310 geregelt.

**b** Mögliche Punktzahl: 3

Geeigneter Regler, z. B.:

PI-Regler: Der P-Anteil reagiert mit einer sofortigen Reaktion. Der I-Anteil regelt die Abweichung aus.

Ein D-Anteil könnte bei einer Druckregelstrecke zu Schwingungen führen.

*Hauptregler -> PI-Regler  
-> bei hoher geforderter Regelgenauigkeit  
PID-Regler*

*Nebenregler -> P-Regler für Schnellhaft*

# Aufgabe 10

## Chemische Produktion

### Aufgabe 10

**Mögliche Punktzahl: 8**

Zwei Ihrer Mitarbeiter geraten in Meinungsverschiedenheiten, als es darum geht, eine Kreiselpumpe anzufahren. Auch sind bei anderen Tätigkeiten Spannungen zwischen den beiden zu bemerken. Auf Ansprache beteuern beide, dass alles in Ordnung sei.

**Beschreiben Sie Ihre Vorgehensweise zur Lösung der Spannungen zwischen den Mitarbeitern.**

# Aufgabe 10

## Chemische Produktion

### Aufgabe 10

**Mögliche Punktzahl: 8**

Zwei Ihrer Mitarbeiter geraten in Meinungsverschiedenheiten, als es darum geht, eine Kreiselpumpe anzufahren. Auch sind bei anderen Tätigkeiten Spannungen zwischen den beiden zu bemerken. Auf Ansprache beteuern beide, dass alles in Ordnung sei.

**Beschreiben Sie Ihre Vorgehensweise zur Lösung der Spannungen zwischen den Mitarbeitern.**

### Lösungshinweise Aufgabe 10

[VO: § 5 Absatz 7]

**Mögliche Punktzahl: 8**

Erwartet wird eine Beschreibung, die z. B. folgende Punkte enthält:

- konkrete Situationen mit Datum und Uhrzeit dokumentieren und sammeln
- zeitnahe Einzelgespräche mit den Anlagenfahrern führen und die eigenen Beobachtungen in der jeweiligen Situation schildern, um die Ursachen für den Konflikt herauszufinden
- je nach gemachter Aussage ein Gespräch mit beiden Anlagenfahrern führen
- Lösungen mit beiden Anlagenfahrern entwickeln
- Lösungsmöglichkeiten hinsichtlich der Umsetzbarkeit bewerten
- Entscheidung und Festlegung, welche Maßnahme durchgeführt werden soll
- Maßnahme umsetzen und beobachten, ob Maßnahme Erfolg gebracht hat
- bei Misserfolg andere Lösungsmöglichkeiten umsetzen
- Anlagenfahrer über mögliche Konsequenzen informieren, wenn Lösungsalternativen nicht zum gewünschten Ziel führen, Hinweis auf den Betriebsfrieden geben
- Letzte Konsequenz ist die Umsetzung der Anlagenfahrer.

# Aufgabe 11

## Chemische Produktion

### Aufgabe 11

**Mögliche Punktzahl: 12**

Bei Arbeiten an dem Filter FL 200 wurden wiederholt Verstöße gegen die Arbeitssicherheit festgestellt. In der Vergangenheit gab es bei der Reinigung des Filters zum Teil schwere Unfälle. Sie nehmen dies zum Anlass, das Thema bei der nächsten Arbeitssicherheitsunterweisung zu behandeln.

**Bereiten Sie eine Checkliste vor, die inhaltlich das Planen, die Organisation, die Durchführung der Unterweisung und die Dokumentation enthält.**

# Aufgabe 11

## Chemische Produktion

### Aufgabe 11

**Mögliche Punktzahl: 12**

Bei Arbeiten an dem Filter FL 200 wurden wiederholt Verstöße gegen die Arbeitssicherheit festgestellt. In der Vergangenheit gab es bei der Reinigung des Filters zum Teil schwere Unfälle. Sie nehmen dies zum Anlass, das Thema bei der nächsten Arbeitssicherheitsunterweisung zu behandeln.

**Bereiten Sie eine Checkliste vor, die inhaltlich das Planen, die Organisation, die Durchführung der Unterweisung und die Dokumentation enthält.**

### Lösungshinweise Aufgabe 11

[VO: § 5 Absatz 7]

**Mögliche Punktzahl: 12**

- Planung:
  - Termin, Zeitpunkt und Dauer festlegen
  - Teilnehmerkreis festlegen (Schicht, neue Mitarbeiter usw.)
  - Unterweisungsorte festlegen (Filter vor Ort, Besprechungsraum usw.)
  - Methoden festlegen (Vortrag, Gruppenarbeit, Vier-Stufen-Methode)
  - Einsatz von Anschauungsmaterialien planen (Folien, Videos, Betriebsanweisungen, § 14 GefStoffV, PSA)
  - Vorgesetzten informieren
- Organisation:
  - Mitteilung an die Teilnehmer
  - Räume bestellen, buchen
  - Medien bereitstellen, buchen
  - Teilnehmerliste erstellen
  - Protokoll vorbereiten
  - Thema ausarbeiten, persönliche Vorbereitung
  - Unterlagen, Bilder/Videos zusammenstellen
  - Folien/Anschauungsmaterial/Modelle zusammenstellen bzw. besorgen
  - PSA bereitlegen
  - Nachschulungstermine

# Aufgabe 11

## Chemische Produktion

### Aufgabe 11

#### Mögliche Punktzahl: 12

Bei Arbeiten an dem Filter FL 200 wurden wiederholt Verstöße gegen die Arbeitssicherheit festgestellt. In der Vergangenheit gab es bei der Reinigung des Filters zum Teil schwere Unfälle. Sie nehmen dies zum Anlass, das Thema bei der nächsten Arbeitssicherheitsunterweisung zu behandeln.

**Bereiten Sie eine Checkliste vor, die inhaltlich das Planen, die Organisation, die Durchführung der Unterweisung und die Dokumentation enthält.**

- Durchführung:
  - Begrüßung/Einführung
  - Thema der Unterweisung nennen/Grund der Unterweisung
  - Unfallmöglichkeiten bei der Reinigung des Filters besprechen
  - Maßnahmen ableiten (Abschaltung, Schlüsselschalter, Sonstiges)
  - Hinweise zu Gefahrstoffen
  - PSA (persönliche Schutzausrüstung) abhandeln
  - Wirksamkeit der Unterweisung prüfen, Fragen an die Teilnehmer stellen
  - Zielformulierung
  - Konsequenzen bei Nichtbeachtung der Maßnahmen aufzeigen
  - Protokoll erstellen
  - Teilnehmerliste ausfüllen lassen (Unterschriften der Teilnehmer)
- Dokumentation:
  - Datum und Zeitpunkt der Unterweisung
  - Thema der Unterweisung
  - Unterweisungsinhalte
  - Teilnehmer mit Unterschrift
  - Archivierung der Unterweisungsniederschrift (Protokoll)

# Aufgabe 12

## Chemische Produktion

### Aufgabe 12

**Mögliche Punktzahl: 9**

Der immer stärkere Kostendruck zwingt die Unternehmen, noch effektiver zu produzieren. Ihr Betriebsleiter beauftragt Sie mit der Einführung eines „Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses“.

Aus den eigenen Reihen sollen Mitarbeiter als Moderatoren für die KVP-Teams rekrutiert werden.

Dazu müssen diese Mitarbeiter auch mit den Methoden und Werkzeugen des Qualitätsmanagements vertraut gemacht werden.

**Beschreiben Sie Ihre Vorgehensweise, um diese Zielsetzungen zu erreichen.**

# Aufgabe 12

## Chemische Produktion

### Aufgabe 12

**Mögliche Punktzahl: 9**

Der immer stärkere Kostendruck zwingt die Unternehmen, noch effektiver zu produzieren. Ihr Betriebsleiter beauftragt Sie mit der Einführung eines „Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses“.

Aus den eigenen Reihen sollen Mitarbeiter als Moderatoren für die KVP-Teams rekrutiert werden.

Dazu müssen diese Mitarbeiter auch mit den Methoden und Werkzeugen des Qualitätsmanagements vertraut gemacht werden.

**Beschreiben Sie Ihre Vorgehensweise, um diese Zielsetzungen zu erreichen.**

### Lösungshinweise Aufgabe 12

[VO: § 5 Absatz 7]

**Mögliche Punktzahl: 9**

- Mitarbeiter über die geplante Einführung solcher KVP-Sitzungen informieren
- Inhalte der Vorbereitungen erläutern und Meinungen einholen
- geeignete Mitarbeiter (Freiwillige) auswählen und in einem anschließenden Gespräch die Zustimmung einholen
- Mit den Mitarbeitern gemeinsam den notwendigen Schulungsplan erstellen; Inhalte sind gängige Qualitäts-tools und Moderatorentaining.
- Mitarbeiter schulen bzw. schulen lassen, Lernerfolgskontrollen
- geschulte Mitarbeiter mit kleinen Präsentationsaufgaben sowie mit Unterweisungen anderer Mitarbeiter beauftragen, um Sicherheit im Tätigkeitsfeld zu bekommen
- Feedback einholen



TIW GmbH ©

# KLAUSUR F2024

Organisation, Führung und Kommunikation

# Anlage 1 zu allen Aufgaben

## Ausgangssituation zu allen Aufgaben

# Anlagen

Sie sind Betriebsmeister im Chlorierungsbetrieb und stellen Chlorbenzen (Chlorbenzol) her.

Zu Ihren Aufgaben gehören die Steuerung und Überwachung des Produktionsprozesses, das Qualitätsmanagement, die Überwachung der Arbeitssicherheit und der Kosten sowie die Personalführung und Personalentwicklung.

Zu Ihrer Betriebsmannschaft gehören ein Chemielaborant für die Rohstoff- und Qualitätskontrolle in Normal- schicht, vier Chemikanten, zwei Industriemechaniker für anfallende Umbauarbeiten sowie vier angelehrte Anlagenfahrer. Weiterhin haben Sie einen Auszubildenden zum Chemikanten im dritten Ausbildungsjahr, der nach seiner Prüfung bei Ihnen im Betrieb übernommen wird. Ihr Betrieb arbeitet vollkontinuierlich und ist nach der gültigen QM-Norm zertifiziert.

Das Verfahren zur Herstellung von Chlorbenzen wird katalytisch mittels Benzen (Benzol) und Chlor durchgeführt.

### Verfahrensbeschreibung (ohne Fließschema):

Das Benzen wird mittels Pumpe PL 100 zunächst über den Wärmetauscher WT 100 auf 40 bis 50 °C erwärmt und in dem beheizten Behälter BE 100 zwischengelagert. Von dort gelangt es mittels Pumpe PL 200 in den Doppelmantel-Reaktionsbehälter BR 200. Das vorgewärmte Benzen reagiert mit dem eingespeisten Chlorgas und dem auf Horden liegenden Katalysator Eisen(III-)Chlorid zu den Produkten Chlorwasserstoff, Monochlorbenzen und Dichlorbenzen. Die Reaktion ist exotherm und begünstigt die Bildung von Dichlorbenzenen. Deshalb wird die Temperatur des Reaktionsbehälters BR 200 über den Kühlwasserstrom geregelt. Darüber hinaus wird mit einem achtfachen Überschuss an Benzen gearbeitet.

Nach der Reaktion im BR 200 werden über den Abscheider SB 200 das überschüssige Benzen und die Reaktionsprodukte abgeschieden. Über den Ventilator PG 200 wird der Chlorwasserstoff zur Absorptionskolonne KO 100 gefördert und dort mit Wasser absorbiert.

Das abgeschiedene Benzen und die Chlorierungsprodukte werden im Wärmetauscher WT 200 vorgewärmt und mittig in die Kolonne KO 200 eingespeist, in der zunächst das nicht umgesetzte Benzen als Leichtsieder am Kopf der Kolonne den Prozess verlässt. Dies wird im Kopfkondensatsammler BE 200 aufgefangen und dient zum Teil als Rücklaufstrom in der Kolonne KO 200. Der andere Teil des Benzens wird über die Pumpe PL 210 zurück in den Behälter BE 100 gefördert.

Das Sumpfprodukt aus der Kolonne KO 200 wird über die Pumpe PL 300 zunächst im Wärmetauscher WT 300 aufgeheizt und dann mittig in die Kolonne KO 300 eingespeist. In der KO 300 werden die Schwertsieder (Dichlorbenzene) am Sumpf abgetrennt und in Tanks zur Weiterverwendung gelagert.

Am Kopf der Kolonne KO 300 wird das Hauptprodukt Chlorbenzen im Wärmetauscher WT 310 kondensiert und dient dann zum Teil als Kolonnenrücklauf. Der andere Teil wird in einem weiteren Wärmetauscher WT 320 abgekühlt und in Tanks gelagert.

**Hinweis: Verwenden Sie auch das Datenblatt in Anlage 2.**

## Anlage 2 zu alle Aufgaben

Stoffdaten und Einstufungen	Benzen (Benzol)	Chlorgas	Eisen(III-) Chlorid	Chlorwasserstoff	Chlorbenzen (Chlorbenzol)
Summenformel	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Cl <sub>2</sub>	FeCl <sub>3</sub>	HCl	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl
molare Masse g/mol	78,11	70,96	162,2	36,46	112,56
Aggregatzustand	flüssig	gasförmig	fest	gasförmig	flüssig
Siedepunkt in °C	80,1	-34,6		-85,05	132
Schmelzpunkt in °C	5,5	-101,5	306	-114,2	-45
Dichte kg/m <sup>3</sup>	878,9	3,215	2.890 (25 °C)	1,064	1.110
Wasserlöslichkeit 20 °C g/L	1,77	8,62	920	720	0,4
Arbeitsplatzgrenzwerte TRGS900 in mg/m <sup>3</sup>	0,66	0,5	3	3	23
Dampfdruck 20 °C in hPa	101	6.800	1	42.600	11,7
Zündtemperatur in °C	555				590
Verdampfungsenthalpie in kJ/kg	393	247,9		444	312,6
Flammpunkt in °C	-11				28
untere Explosionsgrenze (UEG) in Vol.-%	1,2				1,3
obere Explosionsgrenze (OEG) in Vol.-%	8,6				11

# Aufgabe 1

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 1

In Ihrem Betrieb wird Monochlorbenzen als erwünschtes Hauptprodukt hergestellt.

**a** Mögliche Punktzahl: 4

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Synthese von Monochlorbenzen in Halbstrukturformeln.

**b** Mögliche Punktzahl: 6

Als Nebenprodukte entstehen Dichlorbenzene. Von den Dichlorbenzenen existieren mehrere Isomere.

Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Nebenprodukte, die prozentual am häufigsten entstehen werden, in Halbstrukturformeln.

**c** Mögliche Punktzahl: 4

Erläutern Sie, aus welchem Grund die Synthese mit einem achtfachen Überschuss von Benzen gefahren wird.

# Aufgabe 1

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 1

In Ihrem Betrieb wird Monochlorbenzen als erwünschtes Hauptprodukt hergestellt.

**a** Mögliche Punktzahl: 4

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Synthese von Monochlorbenzen in Halbstrukturformeln.

**b** Mögliche Punktzahl: 6

Als Nebenprodukte entstehen Dichlorbenzene. Von den Dichlorbenzenen existieren mehrere Isomere.

Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Nebenprodukte, die prozentual am häufigsten entstehen werden, in Halbstrukturformeln.

**c** Mögliche Punktzahl: 4

Erläutern Sie, aus welchem Grund die Synthese mit einem achtfachen Überschuss von Benzen gefahren wird.

### Lösungshinweise Aufgabe 1

[VO: § 5 Absatz 6]

**a** Mögliche Punktzahl: 4



**b** Mögliche Punktzahl: 6



Hinweis an den Korrektor: Die Bezeichnung "Kat" wird nicht zwingend erwartet.

**c** Mögliche Punktzahl: 4

Grund, z. B.:

Je weniger Chlor bzw. je mehr Benzen man anteilig der Reaktion zuführt, umso mehr verschiebt sich die Reaktion in Richtung Monochlorbenzol. Bei einem Verhältnis Benzen : Cl<sub>2</sub> von 8 : 1 ist das gewährleistet.

# Aufgabe 2

Organisation, Führung und Kommunikation

## Aufgabe 2

**Mögliche Punktzahl: 10**

Das zur Reaktion benötigte Chlorgas wird verflüssigt mittels Bahnkesselwagen angeliefert. Der Kesselwagen ist mit 35 m<sup>3</sup> gefüllt.

**Berechnen Sie das Volumen an Chlorgas in m<sup>3</sup>, das bei einer Temperatur von 25 °C und der Entspannung des Bahnkesselwagens auf einen Restdruck von 1.016 hPa entnommen werden kann.**

$\rho(\text{verfl. Cl}_2) = 1.410 \text{ kg/m}^3$  bei 25 °C

$p(\text{end}) = 1.016 \text{ hPa}$

# Aufgabe 2

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 2

Mögliche Punktzahl: 10

Das zur Reaktion benötigte Chlorgas wird verflüssigt mittels Bahnkesselwagen angeliefert. Der Kesselwagen ist mit 35 m<sup>3</sup> gefüllt.

**Berechnen Sie das Volumen an Chlorgas in m<sup>3</sup>, das bei einer Temperatur von 25 °C und der Entspannung des Bahnkesselwagens auf einen Restdruck von 1.016 hPa entnommen werden kann.**

$\rho(\text{verfl. Cl}_2) = 1.410 \text{ kg/m}^3$  bei 25 °C

$p(\text{end}) = 1.016 \text{ hPa}$

### Lösungshinweise Aufgabe 2

[VO: § 5 Absatz 6]

Mögliche Punktzahl: 10

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 1.410 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 35 \text{ m}^3 = 49.350 \text{ kg}$$

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow V = \frac{\frac{m}{M} \cdot R \cdot T}{V_{\text{ges}}} \rightarrow$$

$$V_{\text{entn}} = \frac{\frac{49.350 \text{ kg} \cdot \text{kmol}}{70,96 \text{ kg}} \cdot 0,08314 \text{ bar} \cdot \text{m}^3 \cdot 298,15 \text{ K}}{\text{kmol} \cdot \text{K} \cdot 1,016 \text{ bar}} = 16.967,8 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{entn}} = 16.967,8 \text{ m}^3 - 35 \text{ m}^3 = 16.932,8 \text{ m}^3$$

Es können 16.932,8 m<sup>3</sup> entnommen werden.

# Aufgabe 3

Organisation, Führung und Kommunikation

## Aufgabe 3

**Mögliche Punktzahl: 10**

Sie haben einen Auszubildenden zum Chemikanten im dritten Ausbildungsjahr. Sie sind mit ihm die einzelnen Anlagenbereiche durchgegangen und haben diese erläutert.

Im Anlagenteil Absorption von Chlorwasserstoff möchte er von Ihnen wissen, was der Unterschied zwischen einer physikalischen und einer chemischen Absorption ist.

**Erläutern Sie Ihrem Auszubildenden unter Zuhilfenahme von Reaktionsgleichungen den Unterschied am Beispiel Chlorwasserstoff.**

# Aufgabe 3

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 3

**Mögliche Punktzahl: 10**

Sie haben einen Auszubildenden zum Chemikanten im dritten Ausbildungsjahr. Sie sind mit ihm die einzelnen Anlagenbereiche durchgegangen und haben diese erläutert.

Im Anlagenteil Absorption von Chlorwasserstoff möchte er von Ihnen wissen, was der Unterschied zwischen einer physikalischen und einer chemischen Absorption ist.

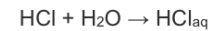
**Erläutern Sie Ihrem Auszubildenden unter Zuhilfenahme von Reaktionsgleichungen den Unterschied am Beispiel Chlorwasserstoff.**

### Lösungshinweise Aufgabe 3

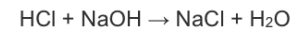
[VO: § 5 Absatz 6]

**Mögliche Punktzahl: 10**

Bei der physikalischen Absorption wird das Gas in einem Absorptionsmittel, in dieser Anlage Wasser, gelöst. Durch Erwärmen oder Absenkung des Drucks lässt sich das absorbierte Gas wieder desorbieren.



Bei der chemischen Absorption reagiert das zu absorbierende Gas mit einem entsprechenden Absorptionsmittel zu einer Verbindung. Hier lässt sich das Gas nicht durch Erwärmen desorbieren.



# Aufgabe 4

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 4

#### Mögliche Punktzahl: 10

Bei der Herstellung des Chlorbenzens ist eine Abweichung aufgetreten. Die analytische Untersuchung des Reaktionsprodukts des Reaktionsbehälters BR 200 zeigt einen deutlichen Anstieg des Nebenprodukts Dichlorbenzen. In einer Besprechungsrunde mit Ihren Mitarbeitern wollen Sie über ein Ishikawa-Diagramm mögliche Fehlerursachen ermitteln, um entsprechende Korrektur- und Vorbeugemaßnahmen zur Vermeidung einleiten zu können.

**Führen Sie in einem Fischgrätendiagramm fünf Ursachen auf, die die Qualität beeinflussen, und zu jeder Ursache ein Beispiel für einen möglichen Fehler, der zur Erhöhung des Nebenprodukts führen könnte.**

# Aufgabe 4

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 4

Mögliche Punktzahl: 10

Bei der Herstellung des Chlorbenzens ist eine Abweichung aufgetreten. Die analytische Untersuchung des Reaktionsprodukts des Reaktionsbehälters BR 200 zeigt einen deutlichen Anstieg des Nebenprodukts Dichlorbenzen. In einer Besprechungsrunde mit Ihren Mitarbeitern wollen Sie über ein Ishikawa-Diagramm mögliche Fehlerursachen ermitteln, um entsprechende Korrektur- und Vorbeugemaßnahmen zur Vermeidung einleiten zu können.

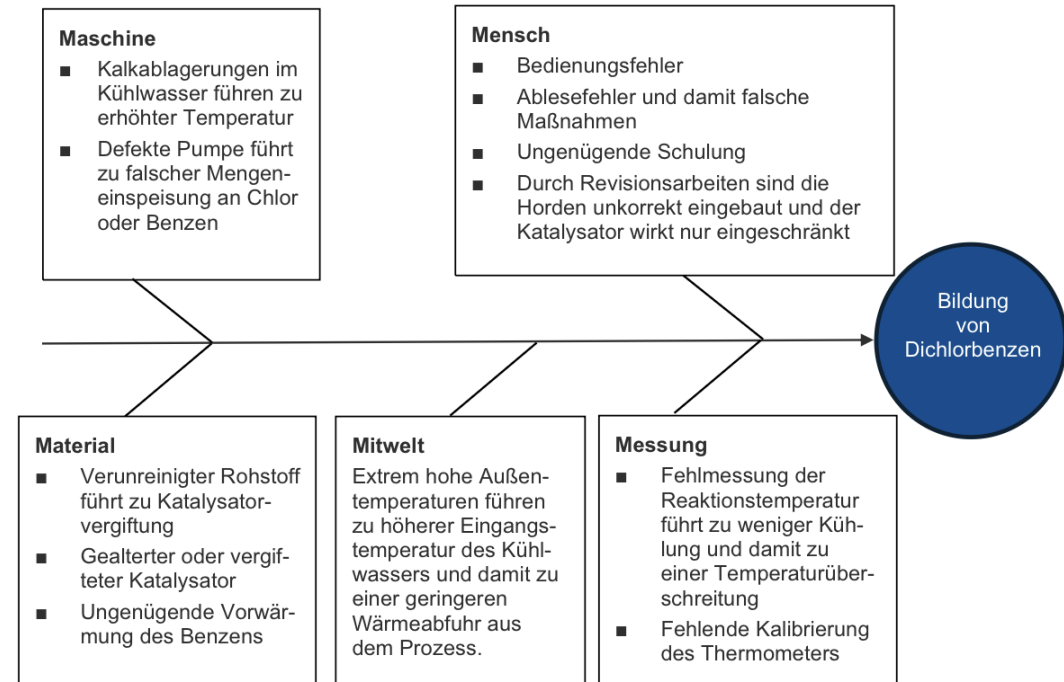
Führen Sie in einem Fischgrätendiagramm fünf Ursachen auf, die die Qualität beeinflussen, und zu jeder Ursache ein Beispiel für einen möglichen Fehler, der zur Erhöhung des Nebenprodukts führen könnte.

### Lösungshinweise Aufgabe 4

[VO: § 5 Absatz 7 Nr. 4]

Mögliche Punktzahl: 10

Z. B.:



# Aufgabe 5

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 5

Ihr Unternehmen produziert das verkaufsfähige Produkt Chlorbenzen für verschiedene weiterverarbeitende Branchen. Produziert wird auf einer eigenen Fertigungsanlage mit einer Produktionskapazität von 25.000 kg pro Monat bei Vollausslastung. Die Controllingabteilung hat aufgrund von Kostenanalysen festgestellt, dass die Kosten 70 € pro kg bei einem Beschäftigungsgrad von 100 % betragen. Bei einem Beschäftigungsgrad von 75 % steigen die Kosten auf 90 € pro kg.

**a** Mögliche Punktzahl: 5

Ermitteln Sie die monatlichen Fixkosten.

**b** Mögliche Punktzahl: 2

Berechnen Sie den Break-even-Umsatz bei einem Verkaufserlös von 110 € pro kg.

**c** Mögliche Punktzahl: 3

Bestimmen Sie die Absatzmenge, die erforderlich ist, wenn die Geschäftsführung eine Umsatzrendite von 15 % fordert.

# Aufgabe 5

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 5

Ihr Unternehmen produziert das verkaufsfähige Produkt Chlorbenzen für verschiedene weiterverarbeitende Branchen. Produziert wird auf einer eigenen Fertigungsanlage mit einer Produktionskapazität von 25.000 kg pro Monat bei Vollaustlastung. Die Controllingabteilung hat aufgrund von Kostenanalysen festgestellt, dass die Kosten 70 € pro kg bei einem Beschäftigungsgrad von 100 % betragen. Bei einem Beschäftigungsgrad von 75 % steigen die Kosten auf 90 € pro kg.

**a** Mögliche Punktzahl: 5

Ermitteln Sie die monatlichen Fixkosten.

**b** Mögliche Punktzahl: 2

Berechnen Sie den Break-even-Umsatz bei einem Verkaufserlös von 110 € pro kg.

**c** Mögliche Punktzahl: 3

Bestimmen Sie die Absatzmenge, die erforderlich ist, wenn die Geschäftsführung eine Umsatzrendite von 15 % fordert.

### Lösungshinweise Aufgabe 5

[VO: § 5 Absatz 7 Nr. 2]

**a** Mögliche Punktzahl: 5

$$x_1 = 25.000 \text{ kg} \rightarrow k_1 = 70,00 \text{ €} \rightarrow K_1 = 1.750.000 \text{ €}$$

$$x_2 = 18.750 \text{ kg} \rightarrow k_2 = 90,00 \text{ €} \rightarrow K_2 = 1.687.500 \text{ €}$$

$$k_v = \text{Delta Kosten/Delta kg} = 62.500 \text{ €} \div 6.250 \text{ kg} = 10 \text{ €/kg}$$

$$K_f = K - k_v \cdot x = 1.750.000 \text{ €} - 10 \text{ €/kg} \cdot 25.000 \text{ kg} = 1.500.000 \text{ €}$$

**b** Mögliche Punktzahl: 2

$$x^* = K_f / db = 1.500.000 \text{ €} \div (110 \text{ €/kg} - 10 \text{ €/kg}) = 15.000 \text{ kg}$$

$$U^* = p \cdot x^* = 110 \text{ €/kg} \cdot 15.000 \text{ kg} = 1.650.000 \text{ €}$$

**c** Mögliche Punktzahl: 3

Umsatzerlöse – Selbstkosten = Gewinn;  $110 \text{ €/kg} - 93,50 \text{ €} = 16,50 \text{ €/kg}$ ;

dies entspricht einer Umsatzrendite von 15 %.

$$k = K_f / x + k_v$$

$$93,50 \text{ €/kg} = 1.500.000 \text{ €} \div x \text{ kg} + 10 \text{ €/kg}$$

$$83,50 \text{ €/kg} = 1.500.000 \text{ €} \div x \text{ kg}$$

$$83,50 \text{ €/kg} \cdot x = 1.500.000 \text{ €}$$

$$x = 17.964,07 \text{ kg}$$

# Aufgabe 6

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 6

In Ihrem Produktionsbereich sind etliche Apparate und Rohrleitungen mit dem Edukt Benzen beaufschlagt. Dieser Stoff kann Krebs erzeugen und genetische Defekte verursachen.

#### **a** Mögliche Punktzahl: 5

Ein neuer Mitarbeiter soll die Tätigkeit in der betreffenden Anlage aufnehmen.

**Geben Sie fünf präventive, organisatorische Maßnahmen hinsichtlich des Gesundheits- und Arbeitsschutzes an, die Sie veranlassen bzw. überprüfen müssen.**

#### **b** Mögliche Punktzahl: 5

Sie sind für die sichere Außerbetriebnahme der Apparate und Anlagenteile verantwortlich, um notwendige Instandhaltungsmaßnahmen durchzuführen.

Sie wollen den Benzenbehälter BE 100 von Fremdpersonal sicher befahren (begehen) lassen.

**Nennen Sie fünf Sicherheitskriterien, die auf dem von Ihnen ausgestellten Erlaubnisschein/der Arbeitsfreigabe zu dokumentieren sind.**

# Aufgabe 6

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 6

In Ihrem Produktionsbereich sind etliche Apparate und Rohrleitungen mit dem Edukt Benzen beaufschlagt. Dieser Stoff kann Krebs erzeugen und genetische Defekte verursachen.

#### a Mögliche Punktzahl: 5

Ein neuer Mitarbeiter soll die Tätigkeit in der betreffenden Anlage aufnehmen.

**Geben Sie fünf präventive, organisatorische Maßnahmen hinsichtlich des Gesundheits- und Arbeitsschutzes an, die Sie veranlassen bzw. überprüfen müssen.**

#### b Mögliche Punktzahl: 5

Sie sind für die sichere Außerbetriebnahme der Apparate und Anlagenteile verantwortlich, um notwendige Instandhaltungsmaßnahmen durchzuführen.

Sie wollen den Benzenbehälter BE 100 von Fremdpersonal sicher befahren (begehen) lassen.

**Nennen Sie fünf Sicherheitskriterien, die auf dem von Ihnen ausgestellten Erlaubnisschein/der Arbeitsfreigabe zu dokumentieren sind.**

### Lösungshinweise Aufgabe 6

[VO: § 5 Absatz 7 Nr. 3]

#### a Mögliche Punktzahl: 5

Präventive Maßnahmen, z. B.:

- Feststellung der gesundheitlichen Eignung durch einen Arbeitsmediziner (Werksarzt/Betriebsarzt)
- Atemschutztauglichkeit überprüfen
- Vorsorgeuntersuchung für Benzen
- Bereitstellung von entsprechender persönlicher Schutzausrüstung
- Sicherheitsunterweisung Benzen
- Betriebsanweisung erläutern und dem Mitarbeiter aushändigen
- konkrete Erläuterung der bevorstehenden Tätigkeiten
- Verhalten erläutern bei Kontamination mit Benzen

#### b Mögliche Punktzahl: 5

Sicherheitskriterien, z. B.:

- Der Behälter ist vollständig entleert, gereinigt und gespült.
- Der Behälter ist vollständig und sicher von Stoffrohrleitungen und Energiezuführungen abgetrennt.
- Der Behälter ist vor Beginn der Arbeit freigemessen und die Behälterluft wird kontinuierlich überwacht.
- Sicherung von eventuellen mechanischen Einbauten
- notwendige PSA benennen, wie Atemschutz, Vollschutzanzug, Schutzbrille usw.
- Sicherungsposten als Wache am Einstieg des Behälters vorsehen
- Informationen bei notwendigen Rettungsmaßnahmen

# Aufgabe 7

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 7

Nach der Inbetriebnahme der Anlage ergaben sich Qualitätsprobleme, die von einem internen Kunden beanstandet wurden. Dieser hat eine Reklamation (Complaint) eröffnet. Sie erhalten die Aufgabe, diese abzuarbeiten.

Als zuständiger Verantwortlicher berufen Sie eine Teamsitzung ein, in der die Kundenbeanstandung bzw. die Qualitätsprobleme analysiert und gelöst werden sollen.

#### **a** Mögliche Punktzahl: 4

Geben Sie vier Nachteile für Ihre Abteilung an, sollten die vom Kunden beanstandeten Qualitätsmängel nicht zeitnah beseitigt werden.

#### **b** Mögliche Punktzahl: 6

Beschreiben Sie drei organisatorische Maßnahmen, um zukünftig Qualitätsmängel zu reduzieren bzw. zu vermeiden.

# Aufgabe 7

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 7

Nach der Inbetriebnahme der Anlage ergaben sich Qualitätsprobleme, die von einem internen Kunden beanstandet wurden. Dieser hat eine Reklamation (Complaint) eröffnet. Sie erhalten die Aufgabe, diese abzuarbeiten.

Als zuständiger Verantwortlicher berufen Sie eine Teamsitzung ein, in der die Kundenbeanstandung bzw. die Qualitätsprobleme analysiert und gelöst werden sollen.

#### **a** Mögliche Punktzahl: 4

Geben Sie vier Nachteile für Ihre Abteilung an, sollten die vom Kunden beanstandeten Qualitätsmängel nicht zeitnah beseitigt werden.

#### **b** Mögliche Punktzahl: 6

Beschreiben Sie drei organisatorische Maßnahmen, um zukünftig Qualitätsmängel zu reduzieren bzw. zu vermeiden.

### Lösungshinweise Aufgabe 7

[VO: § 5 Absatz 7 Nr. 5]

#### **a** Mögliche Punktzahl: 4

Nachteile, z. B.:

- Imageverlust der Abteilung
- Kundenunzufriedenheit
- erhöhte Kosten durch Nacharbeit
- verringerte Mitarbeitermotivation
- erhöhte Kosten für Analyse und Ausfallzeiten

#### **b** Mögliche Punktzahl: 6

Beschreibung von z. B. folgenden Maßnahmen:

- Weiterbildung zu QM
- Erstellung von neuen
  - Prüfplänen
  - Arbeitsanweisungen
  - Verfahrensanweisungen
- QM-Zirkel
- KVP-Programme
- interne Audits durchführen

# Aufgabe 8

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 8

Demnächst steht ein Beurteilungsgespräch für Ihre Mitarbeiter an.

**a** Mögliche Punktzahl: 4

Nennen Sie vier Punkte, die Sie bei der Organisation des Beurteilungsgesprächs im Voraus beachten müssen.

**b** Mögliche Punktzahl: 12

Beschreiben Sie in sechs chronologisch geordneten Schritten, wie Sie das Beurteilungsgespräch führen werden.

# Aufgabe 8

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 8

Demnächst steht ein Beurteilungsgespräch für Ihre Mitarbeiter an.

#### **a** Mögliche Punktzahl: 4

**Nennen Sie vier Punkte, die Sie bei der Organisation des Beurteilungsgesprächs im Voraus beachten müssen.**

#### **b** Mögliche Punktzahl: 12

**Beschreiben Sie in sechs chronologisch geordneten Schritten, wie Sie das Beurteilungsgespräch führen werden.**

### Lösungshinweise Aufgabe 8

[VO: § 5 Absatz 7 Nr. 1]

#### **a** Mögliche Punktzahl: 4

Bei der Organisation zu beachten, z. B.:

- Zeitpunkt festlegen
- Zeitfenster freihalten
- ungestörten Ort festlegen
- Mitarbeiter informieren über Ort, Zeit und Grund des Gesprächs
- Informationsmaterial über den Mitarbeiter sammeln
- Beurteilungsmatrix erstellen

#### **b** Mögliche Punktzahl: 12

Schritte bei der Durchführung des Beurteilungsgesprächs, z. B.:

- um eine freundliche Atmosphäre zu schaffen, den Mitarbeiter nett begrüßen
- dem Mitarbeiter das Beurteilungssystem erklären
- um die Gesprächsbereitschaft des Mitarbeiters zu fördern, mit Positivem beginnen
- dem Mitarbeiter die Beurteilung darlegen, fachlich bleiben
- den Mitarbeiter nach seiner eigenen Einschätzung fragen und aufmerksam zuhören
- Ziele für den Mitarbeiter für die Zukunft ausloten, Möglichkeiten der Verbesserung aufzeigen
- Protokoll führen mit Vereinbarungen und Ergebnissen des Gesprächs
- die Kenntnisnahme der Beurteilung vom Mitarbeiter unterschreiben lassen
- Mitarbeiter positiv und motivierend verabschieden

# Aufgabe 9

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 9

Wegen einer geplanten Operation fallen Sie als zuständiger Betriebsmeister sechs Wochen aus. Sie wollen während Ihrer Abwesenheit Ihren Stellvertreter mit der Wahrnehmung Ihrer Aufgaben beauftragen. Doch leider ist der Stellvertreter selbst auch erkrankt.

Sie entscheiden sich nach Absprache mit dem Betriebsleiter, Ihre Aufgaben für den gesamten Zeitraum auf einen Ihrer Mitarbeiter zu übertragen.

#### **a** Mögliche Punktzahl: 8

Geben Sie vier Kompetenzen an, die dieser Mitarbeiter mitbringen sollte, um die Aufgaben während Ihrer Abwesenheit erledigen zu können. Begründen Sie Ihre Auswahl.

#### **b** Mögliche Punktzahl: 2

Nennen Sie zwei Befugnisse, die dem Mitarbeiter zusätzlich übertragen werden müssen, damit er eigenverantwortlich handeln kann.

# Aufgabe 9

## Organisation, Führung und Kommunikation

### Aufgabe 9

Wegen einer geplanten Operation fallen Sie als zuständiger Betriebsmeister sechs Wochen aus. Sie wollen während Ihrer Abwesenheit Ihren Stellvertreter mit der Wahrnehmung Ihrer Aufgaben beauftragen. Doch leider ist der Stellvertreter selbst auch erkrankt.

Sie entscheiden sich nach Absprache mit dem Betriebsleiter, Ihre Aufgaben für den gesamten Zeitraum auf einen Ihrer Mitarbeiter zu übertragen.

#### **a** Mögliche Punktzahl: 8

**Geben Sie vier Kompetenzen an, die dieser Mitarbeiter mitbringen sollte, um die Aufgaben während Ihrer Abwesenheit erledigen zu können. Begründen Sie Ihre Auswahl.**

#### **b** Mögliche Punktzahl: 2

**Nennen Sie zwei Befugnisse, die dem Mitarbeiter zusätzlich übertragen werden müssen, damit er eigenverantwortlich handeln kann.**

### Lösungshinweise Aufgabe 9

[VO: § 5 Absatz 7 Nr. 1]

#### **a** Mögliche Punktzahl: 8

Z. B.:

- Fachkompetenz, z. B. durch mehrjährige Berufserfahrung, um bei fachlichen Problemen den Mitarbeitern helfen zu können
- Sozialkompetenz zum Führen von Mitarbeitern, damit die Motivation der Mitarbeiter erhalten bleibt
- Methodenkompetenz zur strukturierten Erledigung der operativen Aufgaben
- Persönlichkeitskompetenz zur Ausstrahlung von Autorität, um Akzeptanz durch die Mitarbeiter zu erhalten
- Delegationsfähigkeit zur Aufgabenübertragung und zum gezielten Einsatz der Mitarbeiter
- Führungskompetenz, z. B. Motivation oder Moderation (neue Gruppenbildung)

#### **b** Mögliche Punktzahl: 2

Z. B.:

- Weisungsbefugnis
- Unterschriftsberechtigung
- Zugangsberechtigungen
- Teilnahme (Einladung) an Sitzungen der Führungsebene



TIW GmbH ©

# KLAUSUR F2024

Wahlqualifikation  
Syntheseplanung

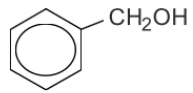
Schwerpunkt  
Chemische Prozesse  
→ Reaktionsgleichungen

# Aufgabe 1

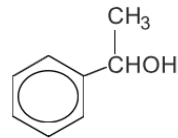
## Syntheseplanung

### Aufgabe 1

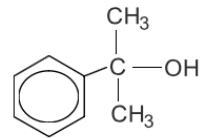
Die nachfolgend dargestellten Alkohole 1) – 3) sollen aus einfachen Vorstufen hergestellt werden.



1)



2)



3)

**a** Mögliche Punktzahl: 6

Benennen Sie die dargestellten Verbindungen nach IUPAC-Regeln.

**b** Mögliche Punktzahl: 12

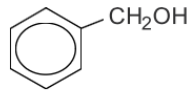
Zeigen Sie in Halbstrukturformeln die Synthese der Alkohole auf.

# Aufgabe 1

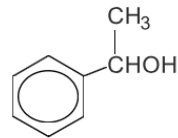
## Syntheseplanung

### Aufgabe 1

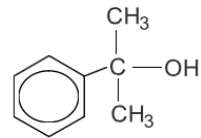
Die nachfolgend dargestellten Alkohole 1) – 3) sollen aus einfachen Vorstufen hergestellt werden.



1)



2)



3)

**a** Mögliche Punktzahl: 6

Benennen Sie die dargestellten Verbindungen nach IUPAC-Regeln.

**b** Mögliche Punktzahl: 12

Zeigen Sie in Halbstrukturformeln die Synthese der Alkohole auf.

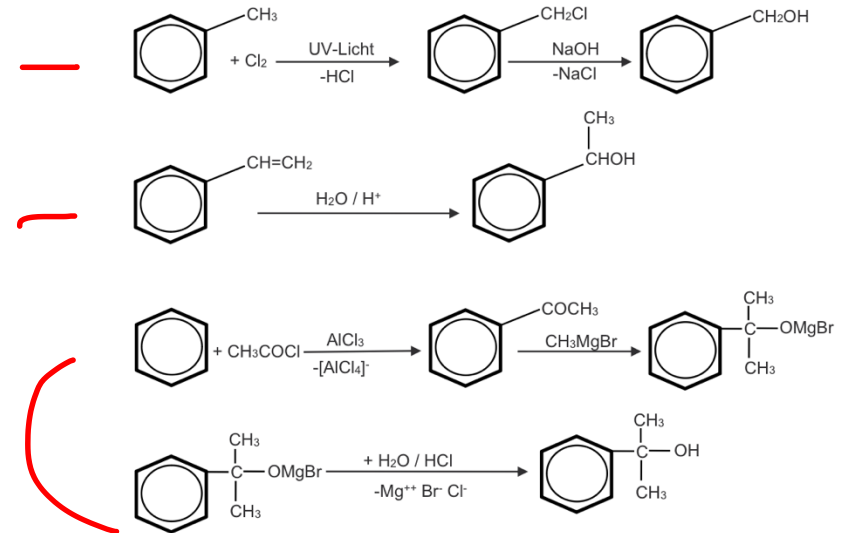
### Lösungshinweise Aufgabe 1

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 1 a)]

**a** Mögliche Punktzahl: 6

Phenylmethanol (Benzylalkohol)    1-Phenylethanol    2-Phenylpropan-2-ol

**b** Mögliche Punktzahl: 12

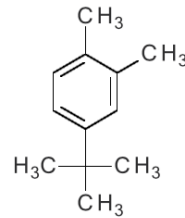


# Aufgabe 2

## Syntheseplanung

### Aufgabe 2

Die folgende Verbindung kann durch eine sogenannte Friedel-Crafts-Alkylierung aus 1,2-Dimethylbenzen (o-Xylol) und einem Reaktionspartner synthetisiert werden:



**a** Mögliche Punktzahl: 2

Benennen Sie die Verbindung.

**b** Mögliche Punktzahl: 4

Geben Sie an, welche weitere Komponente außer dem Reaktionspartner der Reaktion für die erfolgreiche Synthese zugeführt werden muss, und begründen Sie Ihre Entscheidung.

**c** Mögliche Punktzahl: 6

Formulieren Sie die vollständige Reaktionsgleichung in Strukturformeln.

**d** Mögliche Punktzahl: 1

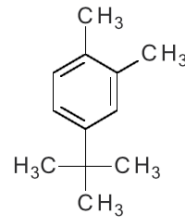
Benennen Sie den Reaktionstyp, nach dem diese Synthese verläuft.

# Aufgabe 2

## Syntheseplanung

### Aufgabe 2

Die folgende Verbindung kann durch eine sogenannte Friedel-Crafts-Alkylierung aus 1,2-Dimethylbenzen (o-Xylol) und einem Reaktionspartner synthetisiert werden:



**a** Mögliche Punktzahl: 2

Benennen Sie die Verbindung.

**b** Mögliche Punktzahl: 4

Geben Sie an, welche weitere Komponente außer dem Reaktionspartner der Reaktion für die erfolgreiche Synthese zugeführt werden muss, und begründen Sie Ihre Entscheidung.

**c** Mögliche Punktzahl: 6

Formulieren Sie die vollständige Reaktionsgleichung in Strukturformeln.

**d** Mögliche Punktzahl: 1

Benennen Sie den Reaktionstyp, nach dem diese Synthese verläuft.

### Lösungshinweise Aufgabe 2

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 1 a)]

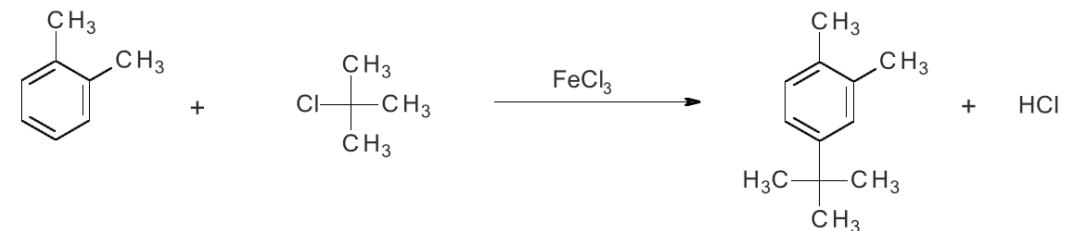
**a** Mögliche Punktzahl: 2

4-(1,1-Dimethylethyl)-1,2-dimethylbenzen (oder: 4-tert.-Butyl-1,2-dimethylbenzen)

**b** Mögliche Punktzahl: 4

Einen Katalysator, z. B. Eisen(III)-Chlorid oder Aluminiumchlorid: Durch den Einsatz des Katalysators erhält man zusammen mit dem Reaktionspartner ein elektrophiles Teilchen, das den Benzen-Ring erheblich besser angreifen kann als der Reaktionspartner allein.

**c** Mögliche Punktzahl: 6



**d** Mögliche Punktzahl: 1

Substitution am Aromaten

# Aufgabe 3

## Syntheseplanung

### Aufgabe 3

**a** Mögliche Punktzahl: 3

Nennen Sie einen primären, einen sekundären und einen tertiären Alkohol (IUPAC-Namen).

**b** Mögliche Punktzahl: 4

Stellen Sie für einen der in a) genannten Alkohole die Reaktionsgleichung zur Bildung eines Ketons auf (Halbstrukturformeln verwenden).

**c** Mögliche Punktzahl: 4

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung, mit der ein in a) genannter Alkohol, ausgehend von einer Carbonsäure, gebildet wird.

**d** Mögliche Punktzahl: 4

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die vollständige Oxidation von 2-Methylbutan-2-ol.

# Aufgabe 3

## Syntheseplanung

### Aufgabe 3

**a** Mögliche Punktzahl: 3

Nennen Sie einen primären, einen sekundären und einen tertiären Alkohol (IUPAC-Namen).

**b** Mögliche Punktzahl: 4

Stellen Sie für einen der in a) genannten Alkohole die Reaktionsgleichung zur Bildung eines Ketons auf (Halbstrukturformeln verwenden).

**c** Mögliche Punktzahl: 4

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung, mit der ein in a) genannter Alkohol, ausgehend von einer Carbonsäure, gebildet wird.

**d** Mögliche Punktzahl: 4

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die vollständige Oxidation von 2-Methylbutan-2-ol.

### Lösungshinweise Aufgabe 3

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 1 b)]

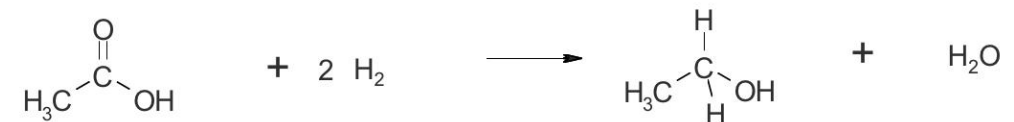
**a** Mögliche Punktzahl: 3

primärer Alkohol: Ethanol, sekundärer Alkohol: Propan-2-ol, tertiärer Alkohol: 2-Methylpropan-2-ol

**b** Mögliche Punktzahl: 4

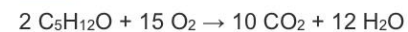


**c** Mögliche Punktzahl: 4



(oder in zwei Schritten mit der Aldehydzwischenstufe)

**d** Mögliche Punktzahl: 4



# Aufgabe 4

## Syntheseplanung

### Aufgabe 4

Chlor wird für zahlreiche großtechnische Synthesen eingesetzt und mithilfe der Chloralkali-Elektrolyse nach dem Membranverfahren gewonnen.

**a** Mögliche Punktzahl: 5

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung.

**b** Mögliche Punktzahl: 5

Welche Masse an Chlor (in Tonnen) wird bei einer mittleren Stromstärke von 115 kA pro Tag gewonnen, wenn 175 Elektrolysezellen hintereinander geschaltet sind und sich ein Wirkungsgrad von 95,4 % ergibt?

$M(\text{Cl}) = 35,453 \text{ g/mol}$

$F = 96.485 \text{ A}\cdot\text{s/mol}$

# Aufgabe 4

## Syntheseplanung

### Aufgabe 4

Chlor wird für zahlreiche großtechnische Synthesen eingesetzt und mithilfe der Chloralkali-Elektrolyse nach dem Membranverfahren gewonnen.

**a** Mögliche Punktzahl: 5

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung.

**b** Mögliche Punktzahl: 5

Welche Masse an Chlor (in Tonnen) wird bei einer mittleren Stromstärke von 115 kA pro Tag gewonnen, wenn 175 Elektrolysezellen hintereinander geschaltet sind und sich ein Wirkungsgrad von 95,4 % ergibt?

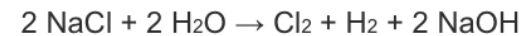
$$M(\text{Cl}) = 35,453 \text{ g/mol}$$

$$F = 96.485 \text{ A}\cdot\text{s/mol}$$

### Lösungshinweise Aufgabe 4

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 1 b)]

**a** Mögliche Punktzahl: 5



**b** Mögliche Punktzahl: 5

$$\ddot{A}_e(\text{Cl}_2) = \frac{M(\text{Cl}_2)}{Z \cdot F} = \frac{35,453 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 2}{2 \cdot 96.485 \frac{\text{A}\cdot\text{s}}{\text{mol}}} = 3,67 \cdot 10^{-4} \frac{\text{g}}{\text{A}\cdot\text{s}}$$

$$m(\text{Cl}_2) = \ddot{A}_e(\text{Cl}_2) \cdot I \cdot t \cdot \eta = 3,67 \cdot 10^{-4} \frac{\text{g}}{\text{A}\cdot\text{s}} \cdot 115.000 \text{ A} \cdot 24 \text{ h} \cdot 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \cdot 0,954$$

$$m(\text{Cl}_2) = 3.478.772 \text{ g für eine Elektrolysezelle}$$

$$\underline{\underline{m(\text{Cl}_2) = 608.785 \text{ kg} \hat{=} 608,785 \text{ t für 175 Elektrolysezellen}}$$

# Aufgabe 5

## Syntheseplanung

### Aufgabe 5

Cyclohexanol wird katalytisch mit Schwefelsäure umgesetzt. Je nach Temperatur sind zwei unterschiedliche Reaktionswege möglich.

Formulieren Sie die jeweilige Reaktionsgleichung in Halbstrukturformeln für die

**a** Mögliche Punktzahl: 4

intramolekulare Wasserabspaltung,

**b** Mögliche Punktzahl: 4

intermolekulare Wasserabspaltung.

**c** Mögliche Punktzahl: 2

Benennen Sie jeweils die Hauptprodukte aus a) und b).

# Aufgabe 5

## Syntheseplanung

### Aufgabe 5

Cyclohexanol wird katalytisch mit Schwefelsäure umgesetzt. Je nach Temperatur sind zwei unterschiedliche Reaktionswege möglich.

Formulieren Sie die jeweilige Reaktionsgleichung in Halbstrukturformeln für die

**a** Mögliche Punktzahl: 4

intramolekulare Wasserabspaltung,

**b** Mögliche Punktzahl: 4

intermolekulare Wasserabspaltung.

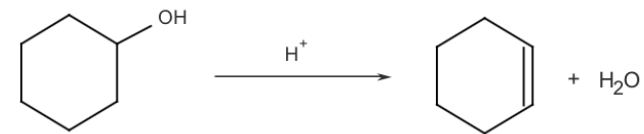
**c** Mögliche Punktzahl: 2

Benennen Sie jeweils die Hauptprodukte aus a) und b).

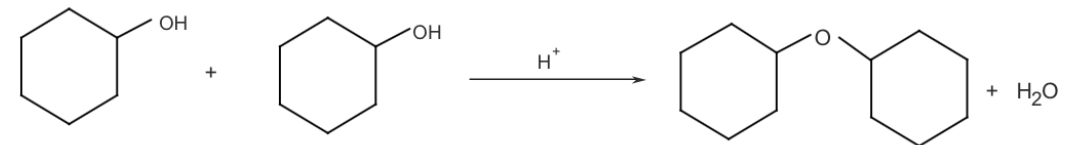
### Lösungshinweise Aufgabe 5

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 1 b)]

**a** Mögliche Punktzahl: 4



**b** Mögliche Punktzahl: 4



**c** Mögliche Punktzahl: 2

Cyclohexen und Dicyclohexylether

# Aufgabe 6

## Syntheseplanung

### Aufgabe 6

Viele organische Reaktionen sind Gleichgewichtsreaktionen.

**a** Mögliche Punktzahl: 4

Nennen Sie vier prinzipiell unterschiedliche Möglichkeiten, um eine Gleichgewichtsreaktion zu der Produktseite zu verschieben.

**b** Mögliche Punktzahl: 4

Nennen Sie vier Möglichkeiten, um während der Reaktion im Behälter die Konzentration des Produkts niedrig zu halten und damit dem Gleichgewicht zu entziehen.

# Aufgabe 6

## Syntheseplanung

### Aufgabe 6

Viele organische Reaktionen sind Gleichgewichtsreaktionen.

#### **a** Mögliche Punktzahl: 4

Nennen Sie vier prinzipiell unterschiedliche Möglichkeiten, um eine Gleichgewichtsreaktion zu der Produktseite zu verschieben.

#### **b** Mögliche Punktzahl: 4

Nennen Sie vier Möglichkeiten, um während der Reaktion im Behälter die Konzentration des Produkts niedrig zu halten und damit dem Gleichgewicht zu entziehen.

### Lösungshinweise Aufgabe 6

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 1 c)]

#### **a** Mögliche Punktzahl: 4

- Erhöhung der Konzentration eines Edukts
- Erniedrigung der Konzentration eines Produkts
- bei exothermen Reaktionen: Wärmeabfuhr
- bei Gasreaktionen mit Volumenzunahme: Verringerung des Drucks

#### **b** Mögliche Punktzahl: 4

Z. B.:

- Ausfällen des Produkts mit Fällungsmittel
- Verdrängung des Produkts durch Zugabe eines Salzes
- geringe Löslichkeit des Produkts im Lösungsmittel
- Abdestillieren eines der Produkte
- Wegnahme des Produkts durch ein Extraktionsmittel, in dem die Gleichgewichtsreaktion selbst nicht abläuft
- Weiterreaktion des Produkts zu einer Folgestufe

# Aufgabe 7

## Syntheseplanung

### Aufgabe 7

Das notwendige Schwefeldioxid zur Herstellung von Schwefelsäure nach dem Doppelkontaktverfahren kann entweder durch die Verbrennung von elementarem Schwefel oder durch Oxidation von Schwefelwasserstoff hergestellt werden.

**a** Mögliche Punktzahl: 7

Formulieren Sie beide Reaktionsgleichungen.

**b** Mögliche Punktzahl: 10

Berechnen Sie, bei welcher Reaktion mehr Energie freigesetzt wird. Verwenden Sie dafür die Anlage 1.

### Anlage 1 zu Aufgabe 7

Thermodynamische Größen von Verbindungen:

Verbindung	$\Delta H_f^\circ$ in $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
$\text{CH}_4(\text{g})$	-74,8
$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$	226,7
$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	52,3
$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	-84,7
$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	-103,9
$\text{C}_7\text{H}_{16}(\text{g})$	-187,8
$\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$	-201,2
$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$	-238,6
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$	-277,7
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{g})$	-235
$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3(\text{g})$	-272,3
$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$	-487
$\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$	49,0
$\text{C}_6\text{H}_6(\text{g})$	82,9
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6(\text{g})$	-153,75
$\text{HCHO}(\text{g})$	-116
$\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g})$	-166
$\text{CH}_3\text{COCH}_3(\text{g})$	-218
$\text{CO}(\text{g})$	-110,5
$\text{CO}_2(\text{g})$	-394
$\text{H}^+(\text{aq})$	0,0
$\text{HBr}(\text{g})$	-36,2
$\text{HCl}(\text{g})$	-92,3
$\text{HF}(\text{g})$	-268,6
$\text{HI}(\text{g})$	25,9
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-241,8
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-285,9
$\text{H}_2\text{O}(\text{s})$	-292
$\text{H}_2\text{O}_2(\text{l})$	-188,1
$\text{H}_2\text{S}(\text{g})$	-21
$\text{NH}_3(\text{g})$	-46,2
$\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$	95,4
$\text{NO}(\text{g})$	90,4
$\text{NO}_2(\text{g})$	33,8
$\text{N}_2\text{O}(\text{g})$	81,6
$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	9,7
$\text{OH}^-(\text{aq})$	-230
$\text{SO}_2(\text{g})$	-296,9
$\text{SO}_3(\text{g})$	-395,2
$\text{SOCl}_2(\text{l})$	-245,6
$\text{CaCO}_3(\text{s})$	-1206
$\text{CaO}(\text{s})$	-635
Elemente	0

# Aufgabe 7

## Syntheseplanung

### Aufgabe 7

Das notwendige Schwefeldioxid zur Herstellung von Schwefelsäure nach dem Doppelkontaktverfahren kann entweder durch die Verbrennung von elementarem Schwefel oder durch Oxidation von Schwefelwasserstoff hergestellt werden.

#### a Mögliche Punktzahl: 7

Formulieren Sie beide Reaktionsgleichungen.

#### b Mögliche Punktzahl: 10

Berechnen Sie, bei welcher Reaktion mehr Energie freigesetzt wird. Verwenden Sie dafür die Anlage 1.

#### Anlage 1 zu Aufgabe 7

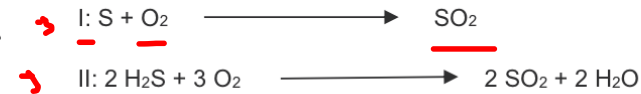
Thermodynamische Größen von Verbindungen:

Verbindung	$\Delta H_f^0$ in kJ · mol <sup>-1</sup>
CH <sub>4(g)</sub>	-74,8
C <sub>2</sub> H <sub>2(g)</sub>	226,7
C <sub>2</sub> H <sub>4(g)</sub>	52,3
C <sub>2</sub> H <sub>6(g)</sub>	-84,7
C <sub>3</sub> H <sub>8(g)</sub>	-103,9
C <sub>7</sub> H <sub>16(g)</sub>	-187,8
CH <sub>3</sub> OH <sub>(g)</sub>	-201,2
CH <sub>3</sub> OH <sub>(l)</sub>	-238,6
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH <sub>(l)</sub>	-277,7
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH <sub>(g)</sub>	-235
CH <sub>3</sub> CH(OH)CH <sub>3(g)</sub>	-272,3
CH <sub>3</sub> COOH <sub>(l)</sub>	-487
C <sub>6</sub> H <sub>6(l)</sub>	49,0
C <sub>6</sub> H <sub>6(g)</sub>	82,9
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>6(g)</sub>	-153,75
HCHO <sub>(g)</sub>	-116
CH <sub>3</sub> CHO <sub>(g)</sub>	-166
CH <sub>3</sub> COCH <sub>3(g)</sub>	-218
CO <sub>(g)</sub>	-110,5
CO <sub>2(g)</sub>	-394
H <sup>+(aq)</sup>	0,0
HBr <sub>(g)</sub>	-36,2
HCl <sub>(g)</sub>	-92,3
HF <sub>(g)</sub>	-268,6
HI <sub>(g)</sub>	25,9
H <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub>	-241,8
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	-285,9
H <sub>2</sub> O <sub>(s)</sub>	-292
H <sub>2</sub> O <sub>2(l)</sub>	-188,1
H <sub>2</sub> S <sub>(g)</sub>	-21
NH <sub>3(g)</sub>	-46,2
N <sub>2</sub> H <sub>4(g)</sub>	95,4
NO <sub>(g)</sub>	90,4
NO <sub>2(g)</sub>	33,8
N <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub>	81,6
N <sub>2</sub> O <sub>4(g)</sub>	9,7
OH <sup>-(aq)</sup>	-230
SO <sub>2(g)</sub>	-296,9
SO <sub>3(g)</sub>	-395,2
SOCl <sub>2(l)</sub>	-245,6
CaCO <sub>3(s)</sub>	-1206
CaO <sub>(s)</sub>	-635
Elemente	0

#### Lösungshinweise Aufgabe 7

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 1 c)]

#### a Mögliche Punktzahl: 7



#### b Mögliche Punktzahl: 10

Für Reaktion I:

$$\Delta H_R = \sum n \cdot \Delta_f H_{\text{Prod}}^0 - \sum n \cdot \Delta_f H_{\text{Edukte}}^0$$

$$\Delta H_R = n_{\text{SO}_2} \cdot \Delta_f H_{\text{SO}_2}^0 - (n_{\text{S}} \cdot \Delta_f H_{\text{S}}^0 + n_{\text{O}_2} \cdot \Delta_f H_{\text{O}_2}^0)$$

$$\Delta H_R = 1 \text{ mol} \cdot (-296,9 \text{ kJ/mol}) - (1 \text{ mol} \cdot (0 \text{ kJ/mol}) + 1 \text{ mol} \cdot (0 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta H_R = -296,9 \text{ kJ}$$

Für Reaktion II:

$$\Delta H_R = n_{\text{SO}_2} \cdot \Delta_f H_{\text{SO}_2}^0 + n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \Delta_f H_{\text{H}_2\text{O}}^0 - (n_{\text{H}_2\text{S}} \cdot \Delta_f H_{\text{H}_2\text{S}}^0 + n_{\text{O}_2} \cdot \Delta_f H_{\text{O}_2}^0)$$

$$\Delta H_R = 2 \text{ mol} \cdot (-296,9 \text{ kJ/mol}) + 2 \text{ mol} \cdot (-241,8 \text{ kJ/mol}) - (2 \text{ mol} \cdot (-21 \text{ kJ/mol}) + 3 \text{ mol} \cdot (0 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta H_R = -1.035,4 \text{ kJ}$$

Bei der Umsetzung von Schwefelwasserstoff wird mehr Energie freigesetzt als bei der Umsetzung von elementarem Schwefel.

# Aufgabe 8

## Syntheseplanung

### Aufgabe 8

Bei der homogenen Katalyse liegen die Reaktanden und der Katalysator in der gleichen Phase vor.

So katalysiert etwa eine wässrige Lösung von Iodid-Ionen den Zerfall von Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) in Wasser und Sauerstoff.

Dabei findet der Katalyseprozess in zwei Schritten statt. Im ersten Schritt bilden sich Hypiodit-Ionen ( $\text{IO}^-$ -Ionen), die im zweiten Schritt nochmals mit Wasserstoffperoxid reagieren.

**a** Mögliche Punktzahl: 3

Definieren Sie den Begriff „Katalysator“.

**b** Mögliche Punktzahl: 6

Formulieren Sie für die beiden Schritte jeweils die Reaktionsgleichung sowie die resultierende Summgleichung.

# Aufgabe 8

## Syntheseplanung

### Aufgabe 8

Bei der homogenen Katalyse liegen die Reaktanden und der Katalysator in der gleichen Phase vor.

So katalysiert etwa eine wässrige Lösung von Iodid-Ionen den Zerfall von Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) in Wasser und Sauerstoff.

Dabei findet der Katalyseprozess in zwei Schritten statt. Im ersten Schritt bilden sich Hypiodit-Ionen ( $\text{IO}^-$ ), die im zweiten Schritt nochmals mit Wasserstoffperoxid reagieren.

**a** Mögliche Punktzahl: 3

Definieren Sie den Begriff „Katalysator“.

**b** Mögliche Punktzahl: 6

Formulieren Sie für die beiden Schritte jeweils die Reaktionsgleichung sowie die resultierende Summengleichung.

### Lösungshinweise Aufgabe 8

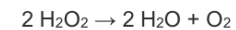
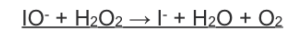
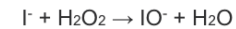
[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 1 d)]

**a** Mögliche Punktzahl: 3

Ein Katalysator ist ein Stoff, der die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion erhöht, indem er ihre Aktivierungsenergie senkt, ohne dabei selbst verbraucht zu werden.

(Die Lage des chemischen Gleichgewichts beeinflusst er nicht, weil er Hin- und Rückreaktion gleichermaßen beschleunigt.)

**b** Mögliche Punktzahl: 6





TIW GmbH ©

# KLAUSUR F2024

Wahlqualifikation  
Automatisierungs- und Prozessleittechnik

Schwerpunkt  
Steuerungs- und Regelungstechnik  
Prozessleittechnik

# Aufgabe 1

## Automatisierungs- und Prozessleittechnik

### Aufgabe 1

**Mögliche Punktzahl: 16**

Sie sind Projektleiter eines Teams, das ein neues Prozessleitsystem für Ihren Betrieb einführen soll.

Nachdem Sie mit Ihrem Team ein Lastenheft erstellt haben, sind nun einige Angebote von Anbietern in Form von Pflichtenheften bei Ihnen eingegangen.

Um eine Entscheidung zugunsten eines Anbieters treffen zu können, wollen Sie mit Ihrem Team eine Nutzwertanalyse durchführen.

Da einige Mitarbeiter Ihres Teams noch keine Projekterfahrung vorweisen können, möchten Sie im Vorfeld dem gesamten Projektteam den Prozess einer Nutzwertanalyse von der Findung der Entscheidungskriterien bis zur Auswahl des passenden Anbieters vorstellen.

**Erläutern Sie die einzelnen Schritte einer Nutzwertanalyse.**

# Aufgabe 1

## Automatisierungs- und Prozessleittechnik

### Aufgabe 1

#### Mögliche Punktzahl: 16

Sie sind Projektleiter eines Teams, das ein neues Prozessleitsystem für Ihren Betrieb einführen soll.

Nachdem Sie mit Ihrem Team ein Lastenheft erstellt haben, sind nun einige Angebote von Anbietern in Form von Pflichtenheften bei Ihnen eingegangen.

Um eine Entscheidung zugunsten eines Anbieters treffen zu können, wollen Sie mit Ihrem Team eine Nutzwertanalyse durchführen.

Da einige Mitarbeiter Ihres Teams noch keine Projekterfahrung vorweisen können, möchten Sie im Vorfeld dem gesamten Projektteam den Prozess einer Nutzwertanalyse von der Findung der Entscheidungskriterien bis zur Auswahl des passenden Anbieters vorstellen.

**Erläutern Sie die einzelnen Schritte einer Nutzwertanalyse.**

### Lösungshinweise Aufgabe 1

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 2 a)]

#### Mögliche Punktzahl: 16

Schritte einer Nutzwertanalyse, z. B.:

1. Festlegung der Entscheidungsalternativen:  
Die verschiedenen Alternativen werden gesammelt und festgehalten. Die Entscheidungsalternativen entsprechen den Pflichtenheften der verschiedenen Anbieter.
2. Definition von Bewertungskriterien:  
Es werden die Kriterien festgelegt, anhand derer eine Entscheidung getroffen werden soll. Diese Kriterien sind die Anforderungen an das Prozessleitsystem und können dem Lastenheft entnommen werden.
3. Gewichtung der Bewertungskriterien:  
Für jedes Kriterium wird ein Prozentsatz hinterlegt, der die Wichtigkeit des Kriteriums belegt. Die Summe der Einzelgewichtungen muss 100 % ergeben.
4. Festlegung des Bewertungsmaßstabs:  
Die einzelnen Kriterien werden mit Punkten bewertet. Um hier eine Eindeutigkeit sicherzustellen, muss der Bewertungsmaßstab genau definiert werden, z. B. 5 Punkte = sehr gut, 1 Punkt = mangelhaft.
5. Bewertung der Alternativen:  
Hier erfolgt die eigentliche Bewertung: Pro Kriterium und Alternative werden Punkte vergeben und die gewichteten Punkte berechnet.
6. Summierung und Auswahl:  
Durch Summierung der Einzelgewichtungen ergibt sich die gewichtete Punktzahl pro Alternative. Die Alternative mit der höchsten Punktzahl entspricht den definierten Kriterien am besten.

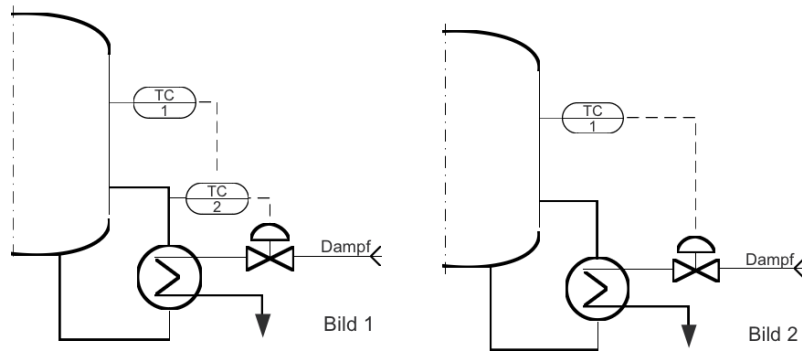
# Aufgabe 2

## Automatisierungs- und Prozessleittechnik

### Aufgabe 2

Bei einer Temperaturregelung von einem Behälter, in dem ein temperaturempfindliches Produkt verarbeitet wird, ist die Messstelle von TC2 defekt und soll erneuert werden (siehe Bild 1).

Da die Reparatur sehr aufwendig ist, wird vorgeschlagen, auf diese Messung zu verzichten und mit dem Regelkreis TC1 direkt das Stellventil anzusteuern (siehe Bild 2).



**a** Mögliche Punktzahl: 12

Nennen Sie jeweils zwei Vor- und Nachteile dieses Vorschlags.

**b** Mögliche Punktzahl: 4

Treffen Sie anhand der Vor- und Nachteile eine Entscheidung und begründen Sie diese.

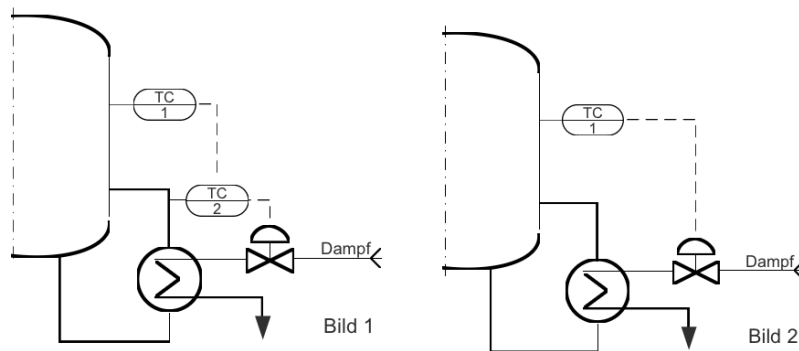
# Aufgabe 2

## Automatisierungs- und Prozessleittechnik

### Aufgabe 2

Bei einer Temperaturregelung von einem Behälter, in dem ein temperatempfindliches Produkt verarbeitet wird, ist die Messstelle von TC2 defekt und soll erneuert werden (siehe Bild 1).

Da die Reparatur sehr aufwendig ist, wird vorgeschlagen, auf diese Messung zu verzichten und mit dem Regelkreis TC1 direkt das Stellventil anzusteuern (siehe Bild 2).



#### a Mögliche Punktzahl: 12

Nennen Sie jeweils zwei Vor- und Nachteile dieses Vorschlags.

#### b Mögliche Punktzahl: 4

Treffen Sie anhand der Vor- und Nachteile eine Entscheidung und begründen Sie diese.

### Lösungshinweise Aufgabe 2

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 2 c)]

#### a Mögliche Punktzahl: 12

- Vorteile, z. B.:
  - Einsparung der Reparaturkosten
  - Das Regelkonzept wird vereinfacht, da man statt zwei Regelkreisen nur noch einen hat.
- Nachteile, z. B.:
  - Die Störungen (Schwankungen) im Dampfsystem (Druck, Temperatur) werden nicht mehr abgefangen, wodurch die Regelabweichungen der Temperaturregelung TC1 größer werden.
  - Durch die fehlende Temperaturmessung TC2 ist bei auftretenden Temperaturschwankungen (Störungen) die Ursachensuche nur eingeschränkt möglich.

#### b Mögliche Punktzahl: 4

Entscheidung, z. B.:

Die Messstelle wird repariert, da geringe Temperaturschwankungen zu Qualitätseinbußen führen.

# Aufgabe 3

## Automatisierungs- und Prozessleittechnik

### Aufgabe 3

Die im Fließschema in Anlage 1 dargestellte kontinuierlich betriebene Rektifikationskolonne KO 1 soll zukünftig über ein Prozessleitsystem geregelt und aus der Messwarte bedient werden.

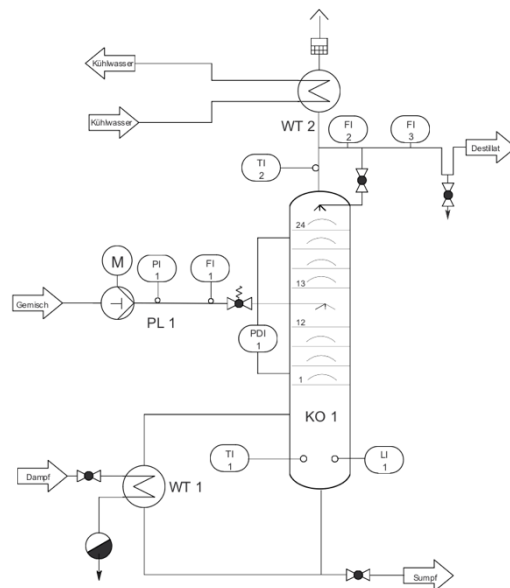
**a** Mögliche Punktzahl: 12

Zeichnen Sie die erforderlichen Regelungen für den Füllstand der Blase (Kolonnensumpf), den Stoffzulauf, die Destillatabnahme und die Dampfregelung ein.

**b** Mögliche Punktzahl: 6

Erklären Sie die Funktionsweise des von Ihnen gewählten Regelungskonzeptes für die Dampfempfeisung.

Anlage 1 zu Aufgabe 3



# Aufgabe 3

## Automatisierungs- und Prozessleittechnik

### Aufgabe 3

Die im Fließschema in Anlage 1 dargestellte kontinuierlich betriebene Rektifikationskolonne KO 1 soll zukünftig über ein Prozessleitsystem geregelt und aus der Messwarte bedient werden.

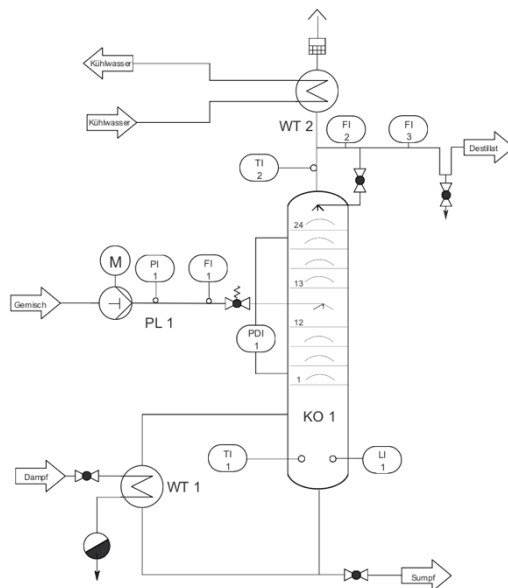
#### a Mögliche Punktzahl: 12

Zeichnen Sie die erforderlichen Regelungen für den Füllstand der Blase (Kolonnensumpf), den Stoffzulauf, die Destillatabnahme und die Dampfregelung ein.

#### b Mögliche Punktzahl: 6

Erklären Sie die Funktionsweise des von Ihnen gewählten Regelungskonzeptes für die Dampf einspeisung.

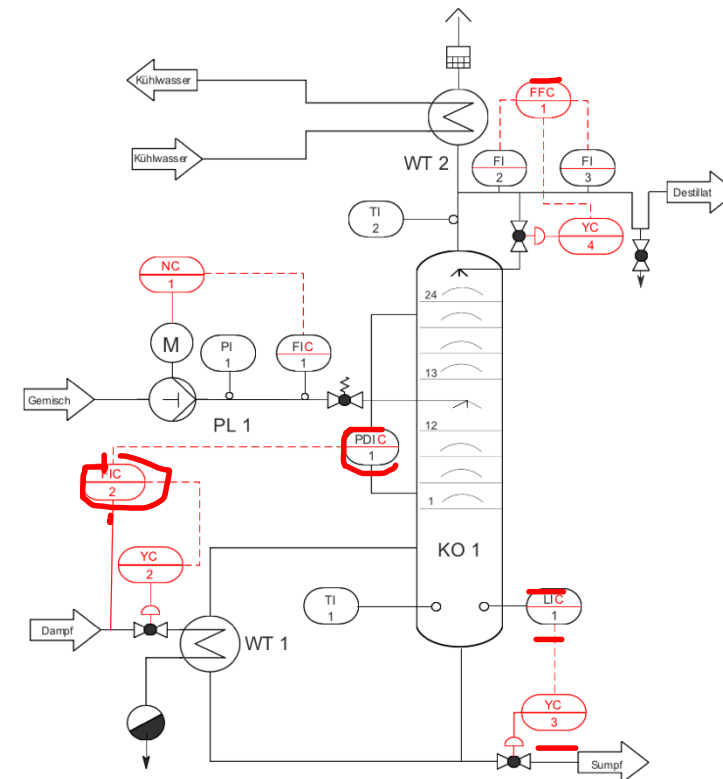
Anlage 1 zu Aufgabe 3



### Lösungshinweise Aufgabe 3

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 2 c)]

#### a Mögliche Punktzahl: 12



#### → b Mögliche Punktzahl: 6

Mithilfe der Druckdifferenz in der Kolonne wird die Auslastung/Belastung ermittelt.

Die Auslastung der Kolonne kann durch die Dampfeinspeisung unmittelbar beeinflusst werden.

Bei dem gewählten Regelungskonzept handelt es sich um eine Kaskadenregelung, wobei der Regler für die Druckdifferenz in der Kolonne als Hauptregler (Master) dem Folgeregler (Slave) den erforderlichen Dampfstrom als Führungsgröße vorgibt.

# Aufgabe 4

## Automatisierungs- und Prozessleittechnik

### Aufgabe 4

#### Mögliche Punktzahl: 20

Bei der Befüllung des BE 100 mit einer wässrigen Natriumchlorid-Lösung kam es in der Vergangenheit einmal zu einer Überfüllung des Behälters. Ursache war eine Verkrustung am Schwimmer des Schalters für den oberen Grenzwert (LSH2). Der Schwimmerschalter konnte somit nicht auslösen und den Befüllvorgang nicht wie in der Steuerung vorgesehen unterbrechen.

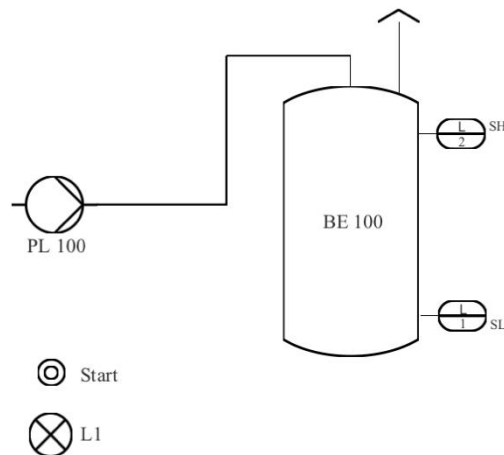
Ein Tausch des Sensors gegen ein Messverfahren, welches weniger stör anfällig ist, soll bei der nächsten Anlagerevision in sechs Monaten vorgenommen werden. Um in der Zwischenzeit ein erneutes Überfüllen zu verhindern, möchten Sie eine Steuerung implementieren, welche bei erneutem Verkrusten des Schwimmerschalters einen Alarm auslöst.

Sobald der untere Grenzwert (LSL1) ansteht, soll durch Betätigen des „Start“-Tasters die Pumpe PL 100 zum Befüllen des BE 100 aktiviert werden können.

Wenn der obere Grenzwert (LSH2) erreicht wird, soll die Pumpe abschalten.

Wenn 60 Sekunden nach dem Einschalten der Pumpe noch nicht der obere Grenzwert erreicht ist, soll die Pumpe abschalten und eine Alarmlampe (L1) leuchten.

Mit dem erneuten Betätigen des „Start“-Tasters wird die Lampe gelöscht.



Erstellen Sie den Funktionsplan der Verknüpfungssteuerung.

# Aufgabe 4

## Automatisierungs- und Prozessleittechnik

### Aufgabe 4

Mögliche Punktzahl: 20

Bei der Befüllung des BE 100 mit einer wässrigen Natriumchlorid-Lösung kam es in der Vergangenheit einmal zu einer Überfüllung des Behälters. Ursache war eine Verkrustung am Schwimmer des Schalters für den oberen Grenzwert (LSH2). Der Schwimmerschalter konnte somit nicht auslösen und den Befüllvorgang nicht wie in der Steuerung vorgesehen unterbrechen.

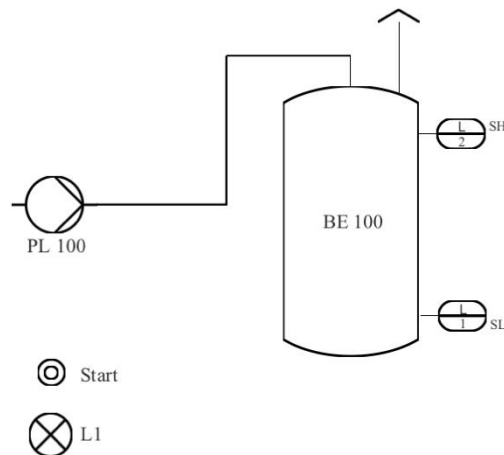
Ein Tausch des Sensors gegen ein Messverfahren, welches weniger stör anfällig ist, soll bei der nächsten Anlagenrevision in sechs Monaten vorgenommen werden. Um in der Zwischenzeit ein erneutes Überfüllen zu verhindern, möchten Sie eine Steuerung implementieren, welche bei erneutem Verkrusten des Schwimmerschalters einen Alarm auslöst.

Sobald der untere Grenzwert (LSL1) ansteht, soll durch Betätigen des „Start“-Tasters die Pumpe PL 100 zum Befüllen des BE 100 aktiviert werden können.

Wenn der obere Grenzwert (LSH2) erreicht wird, soll die Pumpe abschalten.

Wenn 60 Sekunden nach dem Einschalten der Pumpe noch nicht der obere Grenzwert erreicht ist, soll die Pumpe abschalten und eine Alarmlampe (L1) leuchten.

Mit dem erneuten Betätigen des „Start“-Tasters wird die Lampe gelöscht.

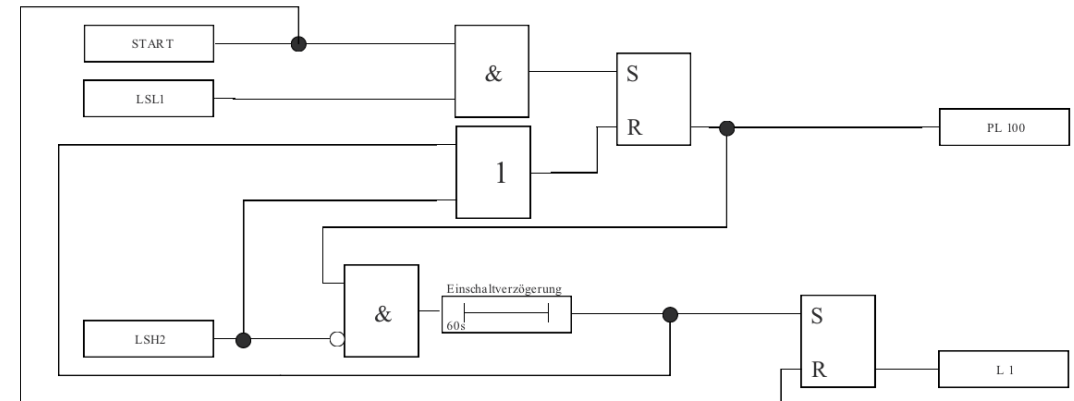


Erstellen Sie den Funktionsplan der Verknüpfungssteuerung.

### Lösungshinweise Aufgabe 4

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 2 c)]

Mögliche Punktzahl: 20



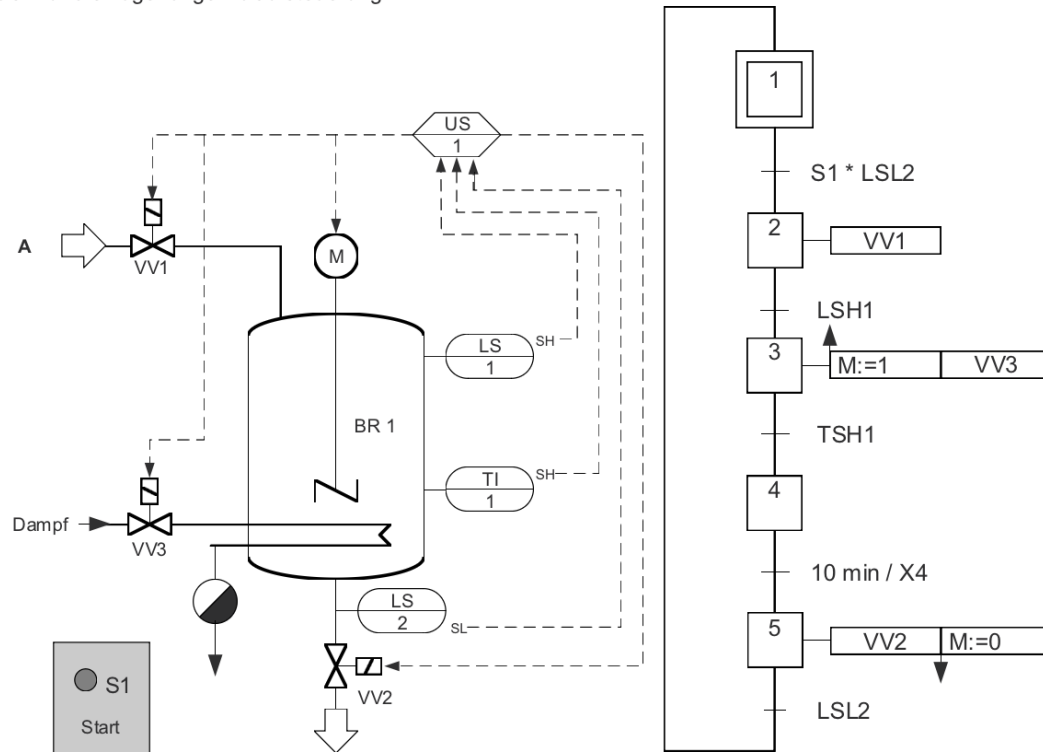
# Aufgabe 5

## Automatisierungs- und Prozessleittechnik

### Aufgabe 5

Mögliche Punktzahl: 18

Bei den Unterlagen des Reaktionsbehälters BR 1 befinden sich das folgende Fließschema und ein Funktionsplan für die zugehörige Ablaufsteuerung.



Erstellen Sie anhand des Fließschemas und des Funktionsplans eine Funktionsbeschreibung. Gehen Sie dabei insbesondere auf die Transitionen (Weiterschaltbedingungen) und Aktionen in den einzelnen Schritten ein.

# Aufgabe 5

## Automatisierungs- und Prozessleittechnik

### Aufgabe 5

Mögliche Punktzahl: 18

Bei den Unterlagen des Reaktionsbehälters BR 1 befinden sich das folgende Fließschema und ein Funktionsplan für die zugehörige Ablaufsteuerung.



Erstellen Sie anhand des Fließschemas und des Funktionsplans eine Funktionsbeschreibung. Gehen Sie dabei insbesondere auf die Transitionen (Weiterschaltbedingungen) und Aktionen in den einzelnen Schritten ein.

### Lösungshinweise Aufgabe 5

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 2 c)]

Mögliche Punktzahl: 18

Funktionsbeschreibung, z. B.:

- Wenn der Starttaster (S1) gedrückt wird und das Signal vom Niveauschalter LSL2 ansteht (Behälter leer), öffnet das Ventil VV1 (Behälter wird gefüllt).
- Sobald der Niveauschalter LSH1 Signal gibt (Behälter gefüllt), wird das Ventil VV1 geschlossen, das Dampfventil VV3 geöffnet und das Rührwerk M speichernd eingeschaltet.
- Nachdem die Temperatur TISH1 erreicht ist, wird das Dampfventil VV3 geschlossen.

Der Schritt 4 hat selbst keine Aktionen.

- Nach 10 Minuten ( $10 \text{ min}/X4$ ) öffnet das Ventil VV2 (Behälter wird entleert).
- Sobald der Niveauschalter LSL2 Signal gibt (Behälter leer), wird das Rührwerk speichernd abgeschaltet und zum Startschritt weiterschaltet.

# Aufgabe 6

## Automatisierungs- und Prozessleittechnik

### Aufgabe 6

**Mögliche Punktzahl: 12**

Da in Ihrem Betrieb zukünftig ein neues Produkt hergestellt werden soll, wurde ein vorhandener Reaktionsapparat umgebaut.

Wie in der Vergangenheit soll auch zukünftig der Zulaufstrom einer Reaktionskomponente über eine Standregelung im Prozessleitsystem geregelt werden.

Bei der Inbetriebnahme stellen Sie fest, dass die Regelung nicht zufriedenstellend arbeitet und es zu Schwankungen beim Stand kommt.

**Beschreiben Sie zwei mögliche Ursachen hierfür und geben Sie an, wie Sie überprüfen können, ob diese tatsächlich für die Abweichung verantwortlich sind.**

# Aufgabe 6

## Automatisierungs- und Prozessleittechnik

### Aufgabe 6

**Mögliche Punktzahl: 12**

Da in Ihrem Betrieb zukünftig ein neues Produkt hergestellt werden soll, wurde ein vorhandener Reaktionsapparat umgebaut.

Wie in der Vergangenheit soll auch zukünftig der Zulaufstrom einer Reaktionskomponente über eine Standregelung im Prozessleitsystem geregelt werden.

Bei der Inbetriebnahme stellen Sie fest, dass die Regelung nicht zufriedenstellend arbeitet und es zu Schwankungen beim Stand kommt.

**Beschreiben Sie zwei mögliche Ursachen hierfür und geben Sie an, wie Sie überprüfen können, ob diese tatsächlich für die Abweichung verantwortlich sind.**

### Lösungshinweise Aufgabe 6

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 2 c)]

**Mögliche Punktzahl: 12**

Ursachen, z. B.:

- Es wurden Stellventile ausgetauscht.  
Durch Überprüfung der  $K_V$ - bzw.  $K_{VS}$ -Werte kann ein Abgleich mit den alten Ventilen vorgenommen werden. Sollten die Ventile andere Werte haben, kann dies eine Ursache für das veränderte Regelverhalten sein.
- Die Parametrierung des Reglers wurde nicht an die neuen Gegebenheiten angepasst.  
Regelparameter ( $K_p$ ,  $T_i$  und  $T_d$ ) überprüfen, gegebenenfalls neu parametrieren/optimieren
- Veränderung der Regelstrecke:  
Überprüfung der Umbaumaßnahme: Durch zusätzliche Einbauten in der Zulaufleitung kann z. B. der Druckverlust und somit das Strömungsverhalten beeinflusst werden. Dadurch werden das Zeitverhalten der Regelstrecke verändert und die Ordnung der Regelstrecke beeinflusst.



TIW GmbH ©

# KLAUSUR F2024

Wahlqualifikation  
Technologie

Schwerpunkt

Prozesskomponenten

beschreiben  
+

berechnen

## Aufgabe 1

**Mögliche Punktzahl: 9**

In Ihrem Betrieb werden Azofarbstoffe hergestellt. Nach Beendigung der Kupplungsreaktion liegt der Farbstoff in wässriger Lösung vor.

**Beschreiben Sie drei Möglichkeiten, den Azofarbstoff aus der wässrigen Phase zu isolieren.**



## Aufgabe 1

**Mögliche Punktzahl: 9**

In Ihrem Betrieb werden Azofarbstoffe hergestellt. Nach Beendigung der Kupplungsreaktion liegt der Farbstoff in wässriger Lösung vor.

**Beschreiben Sie drei Möglichkeiten, den Azofarbstoff aus der wässrigen Phase zu isolieren.**

## Lösungshinweise Aufgabe 1

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 4 c)]

**Mögliche Punktzahl: 9**

Möglichkeiten, z. B.:

- Abkühlen, damit der Farbstoff auskristallisiert (Kühlungskristallisation)
- Sprühtrocknen, Farbstoff liegt dann schon pulverförmig vor.
- Aussalzen, z. B. mit Kochsalz, Farbstoff wird durch die bessere Löslichkeit des Kochsalzes in Wasser herausgedrängt.
- Organisches Lösemittel, welches mit Wasser mischbar ist, hinzufügen: Hier wird der Farbstoff ebenfalls durch das Lösemittel aus dem Wasser verdrängt.

## Aufgabe 2

**Mögliche Punktzahl: 10**

Sie sollen mithilfe eines Verdampfers eine Lösung aufkonzentrieren.

**Benennen Sie zwei verschiedene Apparate/Verdampfer, die für die Aufkonzentrierung der Lösung geeignet sind, und geben Sie jeweils einen Vor- und Nachteil an.**

## Aufgabe 2

**Mögliche Punktzahl: 10**

Sie sollen mithilfe eines Verdampfers eine Lösung aufkonzentrieren.

**Benennen Sie zwei verschiedene Apparate/Verdampfer, die für die Aufkonzentrierung der Lösung geeignet sind, und geben Sie jeweils einen Vor- und Nachteil an.**

## Lösungshinweise Aufgabe 2

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 4 c)]

**Mögliche Punktzahl: 10**

Z. B.:

- Rührwerksverdampfer/Kesselverdampfer
  - Vorteile, z. B.:
    - einfacher Aufbau und individuell einsetzbar
    - leicht korrosionsbeständig ausführbar
  - Nachteile, z. B.:
    - hohe Verweilzeiten im Apparat
    - geringe Wärmeübertragungsfläche (ungünstiges Verhältnis vom Inhalt zur Heizfläche)
    - dicke Flüssigkeitsschicht (Gefahr der Überhitzung)
- Dünnschichtverdampfer
  - Vorteile, z. B.:
    - geringere Verweilzeiten im Verdampfer (produktschonend)
    - gut für hochviskose Lösungen geeignet
    - gut für Vakuumverdampfung geeignet
  - Nachteile, z. B.:
    - aufwendige Bauart
    - Verschleiß der Wischblätter
    - Ablagerungen auf der Verdampferfläche möglich
- Röhrenverdampfer/Umlaufverdampfer
  - Vorteile, z. B.:
    - geringere Verweilzeit als im Rührwerksverdampfer
    - gut für kontinuierlichen Betrieb
    - einfacher Aufbau
  - Nachteile, z. B.:
    - höhere Verweilzeit als im Dünnschichtverdampfer
    - Ablagerungen auf der Verdampferfläche möglich

## Aufgabe 3

**Mögliche Punktzahl: 18**

Ein Rührreaktor, in dem chemische Reaktionen durchgeführt werden, soll zum Befahren vorbereitet werden (Einsteigen in den Behälter).

**Erläutern Sie sechs mögliche Gefährdungen, die Sie für eine Gefährdungsermittlung/ Gefährdungsbeurteilung für die Absicherung des Behälters beachten müssen.**

### Aufgabe 3

#### Mögliche Punktzahl: 18

Ein Rührreaktor, in dem chemische Reaktionen durchgeführt werden, soll zum Befahren vorbereitet werden (Einsteigen in den Behälter).

**Erläutern Sie sechs mögliche Gefährdungen, die Sie für eine Gefährdungsermittlung/ Gefährdungsbeurteilung für die Absicherung des Behälters beachten müssen.**

### Lösungshinweise Aufgabe 3

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 4 a)]

#### Mögliche Punktzahl: 18

Mögliche Gefährdungen, z. B.:

- Organisatorische Mängel:  
schlechte Planung, schlechte Arbeitsablauforganisation, mangelhafte Unterweisung, keinen Sicherheitsposten eingesetzt, keinen Erlaubnisschein ausgestellt, fehlende Kommunikation
- Umgang mit Gefahrstoffen:  
Der Behälter ist nicht vollständig geleert und gespült, die Zu- und Ablaufleitungen wurden nicht getrennt (Blindflanschen).
- Abwesenheit von Sauerstoff:  
Der Behälter wurde nicht ausreichend belüftet zum Atmen, es erfolgte keine Freimessung.
- Gefährdung durch Explosionen:  
Gefahr bei Anwesenheit von Sauerstoff bzw. einer explosionsfähigen Atmosphäre und einer Zündquelle, ungeerdete Apparate, heiße Oberflächen usw.
- Absturzgefahr:  
verunreinigte Leitern, Benutzung von Strickleitern, keine geeignete Absturzsicherung
- Mechanische Gefährdungen:  
Umgang mit drehenden Teilen, nicht gesicherte Rührer, herabstürzende Teile
- Elektrische Gefährdung:  
Berührungen mit der Behälterwandung, keine Schutzkleinspannung verwendet, keine Trenntrafos verwendet
- Heiße oder tiefkalte Oberflächen:  
nicht genügende Abkühlung des Behälters, nicht abgeschaltete Heiz- oder Kühlungseinrichtung
- Unzureichende Rettungsmaßnahmen:  
kein Bereithalten der PSA, nicht bestimmungsgemäßes Benutzen der PSA, Gefahr durch schwer erreichbare Zugänge, unzureichende Abtrennung

## Aufgabe 4

### Mögliche Punktzahl: 17

In einem Kondensator sollen stündlich 1.000 kg Ammoniak kondensiert werden. Die Austauschfläche des Kondensators beträgt  $18 \text{ m}^2$ . Wegen Undichtigkeiten infolge von Korrosionsschäden müssen fünf Rohre des Rohrbündels zugeschweißt werden. Ein Rohr hat einen Außendurchmesser von 22 mm, eine Wanddicke von 2,2 mm und eine Länge von 1,50 m.

#### Daten:

- Dampfeintrittstemperatur:  $35 \text{ }^\circ\text{C}$
- Kondensationstemperatur:  $35 \text{ }^\circ\text{C}$
- Kondensationswärme Ammoniak:  $1.123,44 \text{ kJ/kg}$
- Wärmedurchgangsbeiwert K:  $2.500 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- mittlere Temperaturdifferenz:  $\Delta\vartheta_m = 8 \text{ K}$

**Ermitteln Sie rechnerisch, ob die verkleinerte Fläche zur Kondensation des Ammoniaks noch ausreicht.**

## Aufgabe 4

### Mögliche Punktzahl: 17

In einem Kondensator sollen stündlich 1.000 kg Ammoniak kondensiert werden. Die Austauschfläche des Kondensators beträgt 18 m<sup>2</sup>. Wegen Undichtigkeiten infolge von Korrosionsschäden müssen fünf Rohre des Rohrbündels zugeschweißt werden. Ein Rohr hat einen Außendurchmesser von 22 mm, eine Wanddicke von 2,2 mm und eine Länge von 1,50 m.

#### Daten:

- Dampfeintrittstemperatur: 35 °C
- Kondensationstemperatur: 35 °C
- Kondensationswärme Ammoniak: 1.123,44 kJ/kg
- Wärmedurchgangsbeiwert K: 2.500 W/m<sup>2</sup> K
- mittlere Temperaturdifferenz:  $\Delta\vartheta_m = 8$  K

**Ermitteln Sie rechnerisch, ob die verkleinerte Fläche zur Kondensation des Ammoniaks noch ausreicht.**

## Lösungshinweise Aufgabe 4

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 4 a)]

### Mögliche Punktzahl: 17

- Berechnung der vorhandenen Fläche mit Ausnahme der fünf Rohre:

$$d_m = \frac{d_a - d_i}{\ln\left(\frac{d_a}{d_i}\right)} = \frac{22 \text{ mm} - 17,6 \text{ mm}}{\ln\left(\frac{22 \text{ mm}}{17,6 \text{ mm}}\right)} = 19,72 \text{ mm} = 0,01972 \text{ m}$$

$$A = d_m \cdot \pi \cdot L \cdot n = 0,01972 \text{ m} \cdot \pi \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 5 = 0,465 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{vorh.}} = 18 \text{ m}^2 - 0,465 \text{ m}^2 = 17,54 \text{ m}^2$$

- Berechnung der Kondensationswärme:

$$\Phi = q_m \cdot r = 1.000 \text{ kg/h} \cdot 1.123,44 \text{ kJ/kg} = 1.123.440 \text{ kJ/h}$$

$$\Phi = K \cdot A \cdot \Delta\vartheta_m$$

$$A = \frac{\Phi}{K \cdot \Delta\vartheta_m} = \frac{1.123.440 \text{ kJ}}{3.600 \text{ s} \cdot 2,5 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 8 \text{ K}} = 15,6 \text{ m}^2$$

Die vorhandene Fläche mit Ausnahme der fünf zugeschweißten Rohre reicht noch aus.

## Aufgabe 5

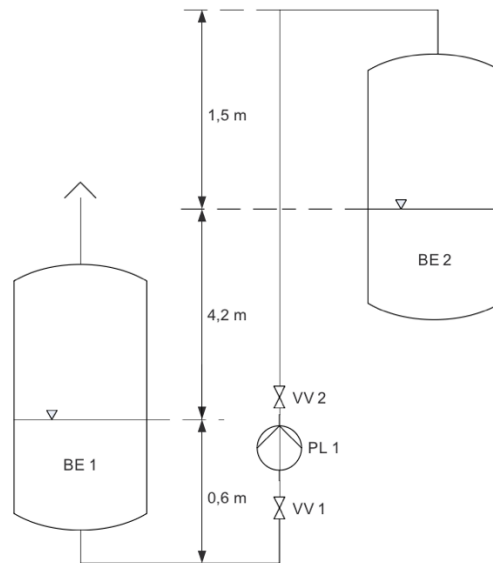
Mögliche Punktzahl: 18

Das im Vorlagebehälter BE 1 (siehe Fließschema) vorgelegte Ethanol soll mithilfe der Kreiselpumpe PL 1 in den Behälter BE 2 gepumpt werden.

Der Behälter BE 1 ist drucklos und der Behälter BE 2 hat einen Überdruck von 0,60 bar.

Die Gesamtverlusthöhe der Anlage beträgt 6,7 m.

Die Leistungsaufnahme/der Leistungsbedarf der Pumpe PL 1 beträgt 0,75 kW und der Pumpenwirkungsgrad wird mit 68 % angegeben.



Berechnen Sie den maximalen Volumenstrom in  $\text{m}^3/\text{h}$ , mit dem das Ethanol in den Behälter BE 2 gepumpt werden kann.

$\rho(\text{Ethanol}) = 789 \text{ kg/m}^3$

## Aufgabe 5

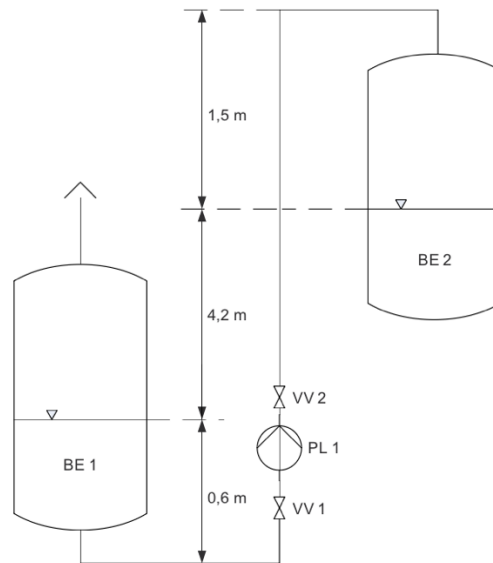
Mögliche Punktzahl: 18

Das im Vorlagebehälter BE 1 (siehe Fließschema) vorgelegte Ethanol soll mithilfe der Kreiselpumpe PL 1 in den Behälter BE 2 gepumpt werden.

Der Behälter BE 1 ist drucklos und der Behälter BE 2 hat einen Überdruck von 0,60 bar.

Die Gesamtverlusthöhe der Anlage beträgt 6,7 m.

Die Leistungsaufnahme/der Leistungsbedarf der Pumpe PL 1 beträgt 0,75 kW und der Pumpenwirkungsgrad wird mit 68 % angegeben.



Berechnen Sie den maximalen Volumenstrom in  $\text{m}^3/\text{h}$ , mit dem das Ethanol in den Behälter BE 2 gepumpt werden kann.

$\rho(\text{Ethanol}) = 789 \text{ kg/m}^3$

## Lösungshinweise Aufgabe 5

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 4 a)]

Mögliche Punktzahl: 18

$$H_A = z + \frac{p_{A_2} - p_{A_1}}{\rho \cdot g} + H_f$$

$$H_A = (4,2 \text{ m} + 1,5 \text{ m}) + \frac{(60.000 \text{ Pa} - 0 \text{ Pa}) \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^2}{789 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m}} + 6,7 \text{ m} = 20,15 \text{ m}$$

$$P = \frac{\dot{V} \cdot \rho \cdot H_A \cdot g}{\eta}$$

$$\dot{V} = \frac{P \cdot \eta}{\rho \cdot g \cdot H_A} = \frac{750 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot 0,68 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^2 \cdot 3.600 \text{ s}}{\text{s}^3 \cdot 789 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot 20,15 \text{ m} \cdot \text{h}} = 11,77 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

## Aufgabe 6

**Mögliche Punktzahl: 16**

Aufgrund einer Störung im Verfahrensablauf der biologischen Abwasserreinigungsanlage muss der ankommende Abwasser-Massenstrom  $\dot{m} = 250 \text{ kg/h}$  mit der Dichte  $\rho = 1.420 \text{ kg/m}^3$  in einem Sammelbehälter zwischengelagert werden.

Der Behälter BE 1 hat einen Außendurchmesser von  $D = 1,35 \text{ m}$  bei einer Wandstärke von  $2 \text{ mm}$ . Der Boden des Behälters ist als Normklöpperboden gestaltet.

**Berechnen Sie die Höhe des Füllstandes im zylindrischen Teil des Sammelbehälters, wenn das in 24 Stunden anfallende Volumen aufgenommen werden soll.**

## Aufgabe 6

Mögliche Punktzahl: 16

Aufgrund einer Störung im Verfahrensablauf der biologischen Abwasserreinigungsanlage muss der ankommende Abwasser-Massenstrom  $\dot{m} = 250 \text{ kg/h}$  mit der Dichte  $\rho = 1.420 \text{ kg/m}^3$  in einem Sammelbehälter zwischengelagert werden.

Der Behälter BE 1 hat einen Außendurchmesser von  $D = 1,35 \text{ m}$  bei einer Wandstärke von  $2 \text{ mm}$ . Der Boden des Behälters ist als Normklöpperboden gestaltet.

**Berechnen Sie die Höhe des Füllstandes im zylindrischen Teil des Sammelbehälters, wenn das in 24 Stunden anfallende Volumen aufgenommen werden soll.**

## Lösungshinweise Aufgabe 6

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 4 a)]

Mögliche Punktzahl: 16

- Tagesvolumen:

$$V_{ges} = \frac{t \cdot \dot{m}}{\rho} \rightarrow V_{ges} = \frac{24 \text{ h} \cdot 250 \text{ kg} \cdot \text{m}^3}{\text{h} \cdot 1.420 \text{ kg}} = 4,2254 \text{ m}^3$$

- Volumen Klöpperboden:

$$V = 0,1 \cdot (D - 2 \cdot s)^3 \rightarrow V = 0,1 \cdot (1,35 \text{ m} - 2 \cdot 0,002 \text{ m})^3 \rightarrow V = 0,244 \text{ m}^3$$

- Volumen Zylinder:

$$V = 4,2254 \text{ m}^3 - 0,244 \text{ m}^3 = 3,9814 \text{ m}^3$$

- Höhe Füllstand im Zylinder:

$$h = \frac{4 \cdot V}{d^2 \cdot \pi} \rightarrow h = \frac{4 \cdot 3,9814 \text{ m}^3}{(1,346 \text{ m})^2 \cdot \pi} = 2,798 \text{ m}$$

## Aufgabe 7

Mögliche Punktzahl: 12

Nennen Sie drei Größen, von denen die Leistungsaufnahme eines Rührantriebs abhängig ist.  
Beschreiben und begründen Sie, wie deren Veränderung die Leistungsaufnahme beeinflusst.

## Aufgabe 7

Mögliche Punktzahl: 12

**Nennen Sie drei Größen, von denen die Leistungsaufnahme eines Rührantriebs abhängig ist. Beschreiben und begründen Sie, wie deren Veränderung die Leistungsaufnahme beeinflusst.**

## Lösungshinweise Aufgabe 7

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 4 a)]

Mögliche Punktzahl: 12

- Rührerdrehzahl:  
Je höher die Drehzahl des Rührers, umso größer ist der Strömungswiderstand, d. h., die erforderliche Leistung nimmt zu.
- Durchmesser des Rührorgans:  
Bei einem größeren Durchmesser des Rührorgans nimmt durch die größere Hebelwirkung das erforderliche Drehmoment zu, wodurch eine höhere Leistungsaufnahme begründet wird.
- Dichte des Mediums:  
Bei Flüssigkeiten mit großer Dichte ist die Masse, die verschoben werden muss, größer. Dies hat zur Folge, dass der Kraftaufwand zunimmt, wodurch die erforderliche Leistung ebenfalls zunimmt.
- Viskosität des Mediums:  
Um Flüssigkeiten mit großer Viskosität zu bewegen, sind größere Kohäsionskräfte zu überwinden. Hierzu ist ein größerer Kraftaufwand erforderlich und somit eine höhere Leistungsaufnahme.  
Die Viskosität beeinflusst außerdem das Strömungsverhalten und somit die Reynoldszahl. Diese ist wiederum Grundlage für die Ermittlung der Leistungszahl (Ne).



TIW GmbH ©

Viel Erfolg  
bei den Prüfungen

*tim@tiw.de*