

# **Geprüfte Industriemeister Fachrichtung Chemie**

**ΠΣ**

# Timo Lackner vom TIW

Über uns



## Timo Lackner

Assistenz der Geschäftsführung  
B.Sc. Wilng

*„Am meisten experimentiere ich  
an der Universität mit Batterien  
rum und mache meinen Master.“*

timo@tiw.de



Fügt gerne unsere TIW-Whatsappnummer in eure  
Whatsappgruppe hinzu. Wir versuchen alle Fragen zu  
beantworten! Nummer: **+49 152 03328983**



Alle Fragen bzgl. Chemie per Mail an: **chemie@tiw.de**



Mehr Aufgaben & Tipps auf Instagram **@tiw.akademie**

# Struktur der 3 Prüfungen

# Strukturierung der Prüfung am 16.10.2024

Chemie | Situationsaufgabe 1 – Technik

## Chemische Produktion

Zeit: 240 Minuten ~ 12 Aufgaben

Handlungsbereich	Verordnung	Qualifikationsschwerpunkte	Punkte ca.
Orga	§ 5 Absatz 7	<b>Organisation, Führung und Kommunikation</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Personalführung und -entwicklung</li><li>• Betriebliches Kostenwesen</li><li>• Responsible Care im Betrieb</li><li>• Qualitätsmanagement</li><li>• Informations und Kommunikation</li></ul>	30
Technik	§ 5 Absatz 6 Nr. 1	Verfahrenstechnik und Anlagentechnik	35
Technik	§ 5 Absatz 6 Nr. 2	Chemische Prozesse und Verfahren	20
Technik	§ 5 Absatz 6 Nr. 3	Prozessleittechnik	15

100

\* Bei den Angaben in der Übersicht handelt es um Richtwerte, von denen in einzelnen Fällen in geringem Umfang abgewichen werden kann.  
Die Strukturierung gilt ab der Frühjahrsprüfung 2012.

Einmal die Theorie der Verordnung übersetzt: In der Regel kommen in der Klausur Chemische Produktion 3-4 Aufgaben zur Arbeitssicherheit, Mitarbeiterführung, Audits und Konfliktlösungen dran. Diese Punkte müsst ihr unbedingt holen - wichtig ist, dass ihr dort „IHK-Sätze“ ausformuliert. Zusätzlich kommen 2-3 Aufgaben aus der Steuerungs- und Regelungstechnik dran, hierbei geht es um Reglertheorie, Fließschemata und Ablaufpläne. Nutzt unbedingt euer Tabellenbuch zur Lösung der Aufgaben, dann sind die Punkte gut zu holen. Bei 2-3 Aufgaben müsst ihr Theorien zur Chemie drauf haben, Reaktionsgleichungen aufstellen und die Enthalpie berechnen können. Hier geht's wirklich um Chemie



# Strukturierung der Prüfung am 17.10.2024

Chemie | Situationsaufgabe 2 – Orga

## Organisation, Führung & Kommunikation

Zeit: 120 Minuten ~ 10 Aufgaben

Handlungsbereich	Verordnung	Qualifikationsschwerpunkte	Punkte ca.
<u>Technik</u>	§ 5 Absatz 6	<b>Chemie</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reaktionsgleichungen</li><li>• Prozesskomponenten</li><li>• Ventile und Pumpen</li></ul>	30
Orga	§ 5 Absatz 7 Nr. 1	Personalführung und -entwicklung	30
Orga	§ 5 Absatz 7 Nr. 2	Betriebliches Kostenwesen	10
Orga	§ 5 Absatz 7 Nr. 3	Verantwortliches Handeln im Betrieb	10
Orga	§ 5 Absatz 7 Nr. 4	Qualitätsmanagement	10
Orga	§ 5 Absatz 7 Nr. 5	Information und Kommunikation	10

100

\* Bei den Angaben in der Übersicht handelt es um Richtwerte, von denen in einzelnen Fällen in geringem Umfang abgewichen werden kann.  
Die Strukturierung gilt ab der Frühjahrsprüfung 2012.

Es kann nicht oft genug betont werden: In der Organisationsprüfung für Chemie müsst ihr euer chemisches Fachwissen mit theoretischen Grundlagen verknüpfen. Besonders wichtig dabei ist, dass ihr eure Antworten klar und vollständig formuliert sowie die Aufgabenstellungen genau lest und versteht. Dies mag manchmal einfach klingen, kann aber herausfordernder sein, als man denkt. Vergesst außerdem nicht: In der Organisationsprüfung werden auch oft rein technische Chemiefragen gestellt, die sehr spezifisch sein können.



# Strukturierung der Prüfung am 17.10.2024

Chemie | Wahlpflichtschwerpunkt

## Syntheseplanung *oder* Automatisierungs- und Regelungstechnik *oder* Technologie *oder* Betriebscontrolling

Zeit: 90 Minuten ~ 6–8 Aufgaben

### Syntheseplanung

Planen von Synthesen	35
Beurteilen der Abläufe von elektrochemischen Reaktionen und Mechanismen organischer Reaktionen	35
Beurteilen von Möglichkeiten zur Beeinflussung von chemischen Reaktionen	30
Beschreiben der Abläufe bei homogener und heterogener Katalyse	

### Automatisierung – und Prozessleittechnik

Mitwirken an der Auswahl von Steuerungs-, Regelungs- und Prozessleitsystemen	
Sicherstellen der Kommunikation an der Schnittstelle zwischen Verfahrenstechnik und Prozessleittechnik unter Beachtung der Hierarchieebenen des Systems	20
Optimieren von Steuerungs-, Regelungs- und Prozessleitsystemen	80

### Technologie

Umsetzen vom Labor- in den Produktionsmaßstab (Scale up) und Entwickeln von Lösungsvorschlägen bei Problemen	80
Bewerten der Substitution von Roh-, Hilfs-, Betriebs- und Werkstoffen	
Auswählen von geeigneten Verfahrensvorschlägen zum Führen von technologischen Prozessen	20

### Betriebscontrolling

Darstellen betriebswirtschaftlicher Abläufe anhand von Geschäftsprozessen und Wertschöpfungsketten	60
Nutzen betriebswirtschaftlicher Kennzahlen als Informations- und Steuerungsinstrument	30
Ergreifen von Maßnahmen zur Kosten- und Leistungsbeeinflussung	10

Hier geht es in die jeweilige Vertiefung. Je nach Schwerpunkt geht es um Syntheseplanung mit ganz vielen Reaktionsgleichungen, Technologie mit ganz viel Berechnungen zu Verfahren, der Automatisierung und Prozessleittechnik mit ganz viel Regelungstechnik und dem Betriebscontrolling mit viel BWL.



# Wie geht's die nächsten Wochen weiter?

Chemie | Themen

Wir haben noch mehr als einen Monat Zeit bis zu den Prüfungen zum **Industriemeister Chemie** – das kriegen wir auf jeden Fall hin! Um den Unterricht in den kommenden Wochen optimal auf euch abzustimmen und sicherzustellen, dass wir alle relevanten Themen abdecken und keine Überschneidungen haben, haben wir eine kleine **Umfrage** vorbereitet. Bitte nehmt euch die Zeit, um alles ehrlich und detailliert aufzuschreiben, damit wir wissen, wo ihr steht und worauf wir den Fokus legen sollen.

Euer Feedback ist wichtig, um den Unterricht gezielt zu gestalten und euch bestmöglich auf die bevorstehenden Prüfungen vorzubereiten.



Link

<https://www.tiw.de/umfrage-zum-chemiemeister/>

# PLAN FÜR DEN 05.09.2024

Ablauf

Mo-Do

8:30 - 10:00

15 min Pause

10:15 - 11:45

9.9 - 10.10.

3. Oktober Feiertag

# Klausurklassiker

„Sichere Punkte für die Klausur“

# Übersicht zugelassene Tabellenbücher

Chemische Tabellen und Rechentafeln Europa

Rechentafeln für die chemische Analytik De Gruyter

Tabellenbuch Chemie Europa

Tabellenbuch Chemietechnik Europa

# Klausurklassiker

Thema 1: Reaktionsgleichungen

Thema 2: Thermodynamik & Pumpen

Thema 3: Theoriebasics





TIW GmbH ©

# REAKTIONSGLEICHUNGEN



In der Klausur ~ 14 Minuten Zeit

Sachverhalt lesen & verstehen

# Säuren, Salze und molare Masse

Reaktionsgleichungen

Du bist im Synthesebetrieb der Organochemie AG tätig und steuerst die Herstellung von Azofarbstoffen. Zur Synthese von **Azorubin** wird die 1-Naphthol-4-sulfonsäure (Summenformel:  $C_{10}H_8O_4S$ ) benötigt, die durch die Umsetzung von Natronlauge in das entsprechende Natriumsalz überführt wird. Nutze die folgenden Informationen, um die Aufgaben zu bearbeiten.

Auch in der Klausur gegebene Informationen:

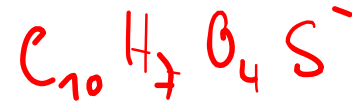
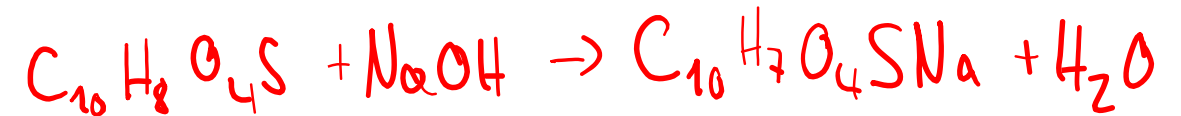
- Summenformel der 1-Naphthol-4-sulfonsäure:  $C_{10}H_7O_4S$
- Summenformel des entstehenden Natriumsalzes:  $C_{10}H_7O_4SNa$
- Molare Masse der 1-Naphthol-4-sulfonsäure: 224 g/mol
- Molare Masse des Natriumsalzes: 246 g/mol
- Dichte der Natronlauge ( $w = 0,5$ ): 1.525 kg/m<sup>3</sup>
- Dichte der Salzsäure ( $w = 0,37$ ): 1.185 kg/m<sup>3</sup>

**a. Schreibe die Reaktionsgleichung für die Herstellung von Natriumnaphthol-4-sulfonat (Natriumsalz der 1-Naphthol-4-sulfonsäure). (2 Punkte)**

**b. Berechne die benötigte Menge an Natronlauge in Litern ( $w = 0,5$ ), um 1.000 kg des Natriumsalzes herzustellen. (4 Punkte)**

a) Reaktionsgleichung

-> 2 Punkte -> keine Strukturformel





In der Klausur ~ 14 Minuten Zeit

Bei kleinen Molekülen ggf. Molmasse ermitteln

Na - 23g/mol

O - 16g/mol

H - 1g/mol

# Säuren, Salze und molare Masse

Reaktionsgleichungen

Du bist im Synthesebetrieb der Organochemie AG tätig und steuerst die Herstellung von Azofarbstoffen. Zur Synthese von **Azorubin** wird die 1-Naphthol-4-sulfonsäure (Summenformel:  $C_{10}H_8O_4$ ) benötigt, die durch die Umsetzung von Natronlauge in das entsprechende Natriumsalz überführt wird. Nutze die folgenden Informationen, um die Aufgaben zu bearbeiten.

Auch in der Klausur gegebene Informationen:

- Summenformel der 1-Naphthol-4-sulfonsäure:  $C_{10}H_7O_4S$
- Summenformel des entstehenden Natriumsalzes:  $C_{10}H_7O_4SNa$
- Molare Masse der 1-Naphthol-4-sulfonsäure: 224 g/mol
- Molare Masse des Natriumsalzes: 246 g/mol
- Dichte der Natronlauge ( $w = 0,5$ ): 1.525 kg/m<sup>3</sup>
- Dichte der Salzsäure ( $w = 0,37$ ): 1.185 kg/m<sup>3</sup>

**a. Schreibe die Reaktionsgleichung für die Herstellung von Natriumnaphthol-4-sulfonat (Natriumsalz der 1-Naphthol-4-sulfonsäure). (2 Punkte)**

**b. Berechne die benötigte Menge an Natronlauge in Litern ( $w = 0,5$ ), um 1.000 kg des Natriumsalzes herzustellen. (4 Punkte)**

b) Benötigte Menge Natronlauge

$$m_{NaOH} = \frac{M_{NaOH} \cdot m_{salz}}{M_{salz}}$$

$$m_{NaOH} = \frac{40 \frac{g}{mol} \cdot 1.000 kg}{246 \frac{g}{mol}}$$

$$m_{NaOH} = 162,6 kg$$



# Säuren, Salze und molare Masse

## Reaktionsgleichungen

Du bist im Synthesebetrieb der Organochemie AG tätig und steuerst die Herstellung von Azofarbstoffen. Zur Synthese von **Azorubin** wird die 1-Naphthol-4-sulfonsäure (Summenformel:  $C_{10}H_8O_4$ ) benötigt, die durch die Umsetzung von Natronlauge in das entsprechende Natriumsalz überführt wird. Nutze die folgenden Informationen, um die Aufgaben zu bearbeiten.

Auch in der Klausur gegebene Informationen:

- Summenformel der 1-Naphthol-4-sulfonsäure:  $C_{10}H_7O_4S$
- Summenformel des entstehenden Natriumsalzes:  $C_{10}H_7O_4SNa$
- Molare Masse der 1-Naphthol-4-sulfonsäure: 224 g/mol
- Molare Masse des Natriumsalzes: 246 g/mol
- Dichte der Natronlauge ( $w = 0,5$ ): 1.525 kg/m<sup>3</sup>
- Dichte der Salzsäure ( $w = 0,37$ ): 1.185 kg/m<sup>3</sup>

a. **Schreibe die Reaktionsgleichung für die Herstellung von Natriumnaphthol-4-sulfonat (Natriumsalz der 1-Naphthol-4-sulfonsäure).** (2 Punkte)

b. **Berechne die benötigte Menge an Natronlauge in Litern ( $w = 0,5$ ), um 1.000 kg des Natriumsalzes herzustellen.** (4 Punkte)

$$m_{NaOH} = 162,6 \text{ kg}$$

2. Schritt: Masse der Lösung ( $w = 0,5$ )

$$m_{\text{Lösung}} = \frac{m_{NaOH}}{w} = \frac{162,6 \text{ kg}}{0,5} = 325,2 \text{ kg}$$

3. Schritt: Volumen der Natronlauge

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{325,2 \text{ kg}}{1,525 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,213 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Lauge}} = 213 \text{ l}$$



In der Klausur ~ 14 Minuten Zeit

# Säuren, Salze und molare Masse

Reaktionsgleichungen

Du bist im Synthesebetrieb der Organochemie AG tätig und steuerst die Herstellung von Azofarbstoffen. Zur Synthese von **Azorubin** wird die 1-Naphthol-4-sulfonsäure (Summenformel:  $C_{10}H_8O_4$ ) benötigt, die durch die Umsetzung von Natronlauge in das entsprechende Natriumsalz überführt wird. Nutze die folgenden Informationen, um die Aufgaben zu bearbeiten.

Auch in der Klausur gegebene Informationen:

- Summenformel der 1-Naphthol-4-sulfonsäure:  $C_{10}H_7O_4S$
- Summenformel des entstehenden Natriumsalzes:  $C_{10}H_7O_4SNa$
- Molare Masse der 1-Naphthol-4-sulfonsäure: 224 g/mol
- Molare Masse des Natriumsalzes: 246 g/mol
- Dichte der Natronlauge ( $w = 0,5$ ): 1.525 kg/m<sup>3</sup>
- Dichte der Salzsäure ( $w = 0,37$ ): 1.185 kg/m<sup>3</sup>

**a. Schreibe die Reaktionsgleichung für die Herstellung von Natriumnaphthol-4-sulfonat (Natriumsalz der 1-Naphthol-4-sulfonsäure). (2 Punkte)**

**b. Berechne die benötigte Menge an Natronlauge in Litern ( $w = 0,5$ ), um 1.000 kg des Natriumsalzes herzustellen. (4 Punkte)**

Empty rounded rectangular box for writing the reaction equation and calculation.

# Säuren, Salze und molare Masse

## Reaktionsgleichungen

Du bist im Synthesebetrieb der Organochemie AG tätig und steuerst die Herstellung von Azofarbstoffen. Zur Synthese von **Azorubin** wird die 1-Naphthol-4-sulfonsäure (Summenformel:  $C_{10}H_8O_4$ ) benötigt, die durch die Umsetzung von Natronlauge in das entsprechende Natriumsalz überführt wird. Nutze die folgenden Informationen, um die Aufgaben zu bearbeiten.

Auch in der Klausur gegebene Informationen:

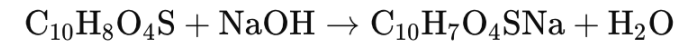
- Summenformel der 1-Naphthol-4-sulfonsäure:  $C_{10}H_7O_4S$
- Summenformel des entstehenden Natriumsalzes:  $C_{10}H_7O_4SNa$
- Molare Masse der 1-Naphthol-4-sulfonsäure: 224 g/mol
- Molare Masse des Natriumsalzes: 246 g/mol
- Dichte der Natronlauge ( $w = 0,5$ ): 1.525 kg/m<sup>3</sup>
- Dichte der Salzsäure ( $w = 0,37$ ): 1.185 kg/m<sup>3</sup>

**a. Schreibe die Reaktionsgleichung für die Herstellung von Natriumnaphthol-4-sulfonat (Natriumsalz der 1-Naphthol-4-sulfonsäure).**

**b. Berechne die benötigte Menge an Natronlauge in Litern ( $w = 0,5$ ), um 1.000 kg des Natriumsalzes herzustellen.**

### a) Reaktionsgleichung:

Die 1-Naphthol-4-sulfonsäure wird durch Zugabe von Natronlauge (NaOH) in das entsprechende Natriumsalz überführt.



### Erläuterung:

Die Reaktion verläuft als **Neutralisation**, bei der die **Sulfonsäuregruppe (-SO<sub>3</sub>H)** der 1-Naphthol-4-sulfonsäure durch NaOH neutralisiert wird. Das entstehende Natriumsalz hat die Summenformel **C<sub>10</sub>H<sub>7</sub>O<sub>4</sub>SNa**. Hier ist es entscheidend, die Strukturformeln zu verstehen, da die Sulfonsäuregruppe durch die Zugabe von Natrium-Ionen (Na<sup>+</sup>) ersetzt wird, was zur Bildung von Wasser (H<sub>2</sub>O) führt. Diese chemische Reaktion ist ein wichtiger Schritt bei der Herstellung von Farbstoffen wie Azorubin.

# Säuren, Salze und molare Masse

## Reaktionsgleichungen

Du bist im Synthesebetrieb der Organochemie AG tätig und steuerst die Herstellung von Azofarbstoffen. Zur Synthese von **Azorubin** wird die 1-Naphthol-4-sulfonsäure (Summenformel:  $C_{10}H_8O_4$ ) benötigt, die durch die Umsetzung von Natronlauge in das entsprechende Natriumsalz überführt wird. Nutze die folgenden Informationen, um die Aufgaben zu bearbeiten.

Auch in der Klausur gegebene Informationen:

- Summenformel der 1-Naphthol-4-sulfonsäure:  $C_{10}H_7O_4S$
- Summenformel des entstehenden Natriumsalzes:  $C_{10}H_7O_4SNa$
- Molare Masse der 1-Naphthol-4-sulfonsäure: 224 g/mol
- Molare Masse des Natriumsalzes: 246 g/mol
- Dichte der Natronlauge ( $w = 0,5$ ): 1.525 kg/m<sup>3</sup>
- Dichte der Salzsäure ( $w = 0,37$ ): 1.185 kg/m<sup>3</sup>

**a. Schreibe die Reaktionsgleichung für die Herstellung von Natriumnaphthol-4-sulfonat (Natriumsalz der 1-Naphthol-4-sulfonsäure).**

**b. Berechne die benötigte Menge an Natronlauge in Litern ( $w = 0,5$ ), um 1.000 kg des Natriumsalzes herzustellen.**

**b) Berechnung der benötigten Menge Natronlauge in Litern:**

1. Berechnung der Masse von NaOH:

$$m_{\text{NaOH}} = \frac{M_{\text{NaOH}} \cdot m_{\text{Salz}}}{M_{\text{Salz}}}$$

$$m_{\text{NaOH}} = \frac{40 \text{ g/mol} \cdot 1.000 \text{ kg}}{246 \text{ g/mol}} = 162,6 \text{ kg}$$

2. Berechnung der Lösungsmittelmasse (bei  $w = 0,5$ ):

$$m_{\text{Lsg.}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{w}$$

$$m_{\text{Lsg.}} = \frac{162,6 \text{ kg}}{0,5} = 325,2 \text{ kg}$$

3. Berechnung des Volumens der Natronlauge:

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

$$V = \frac{325,2 \text{ kg}}{1.525 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,213 \text{ m}^3 = 213 \text{ L}$$

# Säuren, Salze und molare Masse

## Reaktionsgleichungen

Du bist im Synthesebetrieb der Organochemie AG tätig und steuerst die Herstellung von Azofarbstoffen. Zur Synthese von **Azorubin** wird die 1-Naphthol-4-sulfonsäure (Summenformel:  $C_{10}H_8O_4$ ) benötigt, die durch die Umsetzung von Natronlauge in das entsprechende Natriumsalz überführt wird. Nutze die folgenden Informationen, um die Aufgaben zu bearbeiten.

Auch in der Klausur gegebene Informationen:

- Summenformel der 1-Naphthol-4-sulfonsäure:  $C_{10}H_7O_4S$
- Summenformel des entstehenden Natriumsalzes:  $C_{10}H_7O_4SNa$
- Molare Masse der 1-Naphthol-4-sulfonsäure: 224 g/mol
- Molare Masse des Natriumsalzes: 246 g/mol
- Dichte der Natronlauge ( $w = 0,5$ ): 1.525 kg/m<sup>3</sup>
- Dichte der Salzsäure ( $w = 0,37$ ): 1.185 kg/m<sup>3</sup>

**a. Schreibe die Reaktionsgleichung für die Herstellung von Natriumnaphthol-4-sulfonat (Natriumsalz der 1-Naphthol-4-sulfonsäure).**

**b. Berechne die benötigte Menge an Natronlauge in Litern ( $w = 0,5$ ), um 1.000 kg des Natriumsalzes herzustellen.**

- **Schritt 1:** Die benötigte **Masse von NaOH** wird basierend auf den molaren Massen der Natronlauge (40 g/mol) und des Natriumsalzes (246 g/mol) berechnet. Dies ergibt die Menge an Natriumhydroxid, die erforderlich ist, um die Reaktion zu starten.
- **Schritt 2:** Da die Lösung nur 50 % NaOH enthält ( $w = 0,5$ ), wird die Masse der Lösung verdoppelt, um die erforderliche Menge an reinem NaOH zu erreichen. Dies ist wichtig, da die Lösung eine geringere Konzentration an NaOH hat und wir daher mehr Volumen benötigen, um dieselbe Reaktionsmenge zu erzielen.
- **Schritt 3:** Schließlich wird das **Volumen der Natronlauge-Lösung** berechnet, indem die Masse der Lösung durch ihre Dichte (1.525 kg/m<sup>3</sup>) geteilt wird. Dies führt zu einem Volumen von **213 Litern**, das für die Reaktion erforderlich ist.

Durch diese Berechnungsmethode wird Schritt für Schritt die benötigte Menge Natronlauge für die Herstellung des Natriumsalzes der 1-Naphthol-4-sulfonsäure ermittelt, um die weitere Synthese von **Azorubin** zu ermöglichen.

Die Strukturformeln sind besonders wichtig, um die molekularen Änderungen während der Reaktion nachvollziehen zu können.



# Neutralisation und Spüli

## Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb werden alle anfallenden schwefelsäurehaltigen Spüllösungen in einer zentralen Neutralisationsanlage gesammelt. Die Neutralisation erfolgt durch Zugabe von Calciumcarbonat, wobei Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Ein Auszubildender schlägt vor, anstelle von Calciumcarbonat verdünnte Natronlauge zu verwenden, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren und die entstandene Lösung im Nachbarbetrieb weiter zu verwenden.

**a. Stelle die Reaktionsgleichungen für die beiden Neutralisationsverfahren (mit Calciumcarbonat und Natronlauge) auf.**

(4 Punkte)

**b. Berechne die Masse und das Volumen an Kohlenstoffdioxid, die pro Ansatz eingespart werden, wenn Calciumcarbonat durch Natronlauge ersetzt wird.**

(10 Punkte)

### Weiterhin gegeben:

#### Molare Massen

- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: 98,08 g/mol
- CaCO<sub>3</sub>: 100,09 g/mol
- CO<sub>2</sub>: 44,01 g/mol

**Volumen der Spüllösung:** 50 m<sup>3</sup>

Masseanteil von H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in der Spüllösung

**w(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)** = 0,18

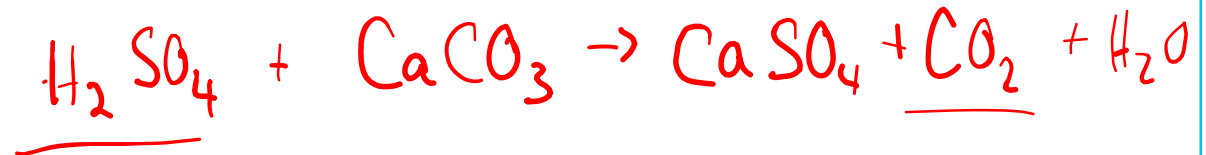
**Dichte der Spüllösung:** ρ(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; w = 0,18) = 1.215 kg/m<sup>3</sup>

Temperatur: 25 °C

Druck: 1.025 hPa

Gaskonstante: R = 8,314 Pa·m<sup>3</sup>/K·kmol

a) Neutralisationsreaktionen



Halbe n



# Neutralisation und Spüli

## Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb werden alle anfallenden schwefelsäurehaltigen Spüllösungen in einer zentralen Neutralisationsanlage gesammelt. Die Neutralisation erfolgt durch Zugabe von Calciumcarbonat, wobei Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Ein Auszubildender schlägt vor, anstelle von Calciumcarbonat verdünnte Natronlauge zu verwenden, um den  $\text{CO}_2$ -Ausstoß zu reduzieren und die entstandene Lösung im Nachbarbetrieb weiter zu verwenden.

- a. **Stelle die Reaktionsgleichungen für die beiden Neutralisationsverfahren (mit Calciumcarbonat und Natronlauge) auf.**  
(4 Punkte)
- b. **Berechne die Masse und das Volumen an Kohlenstoffdioxid, die pro Ansatz eingespart werden, wenn Calciumcarbonat durch Natronlauge ersetzt wird.**  
(10 Punkte)

### Weiterhin gegeben:

#### Molare Massen

- $\text{H}_2\text{SO}_4$ : 98,08 g/mol
- $\text{CaCO}_3$ : 100,09 g/mol
- $\text{CO}_2$ : 44,01 g/mol

**Volumen der Spüllösung:**  $50 \text{ m}^3$

Masseanteil von  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in der Spüllösung

$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,18$

**Dichte der Spüllösung:**  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4; w = 0,18) = 1.215 \text{ kg/m}^3$

Temperatur:  $25 \text{ }^\circ\text{C}$

Druck:  $1.025 \text{ hPa}$

Gaskonstante:  $R = 8,314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{K}\cdot\text{kmol}$

b) Berechnung  $\text{CO}_2$ -Menge

1. Masse Schwefelsäure in Lösung

$$m_{\text{Lösung}} = \rho \cdot V = 1.215 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 50 \text{ m}^3 = 60.750 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{H}_2\text{SO}_4} &= m_{\text{Lösung}} \cdot w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 60.750 \text{ kg} \cdot 0,18 \\ &= 10.935 \text{ kg} \end{aligned}$$



# Neutralisation und Spüli

## Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb werden alle anfallenden schwefelsäurehaltigen Spüllösungen in einer zentralen Neutralisationsanlage gesammelt. Die Neutralisation erfolgt durch Zugabe von Calciumcarbonat, wobei Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Ein Auszubildender schlägt vor, anstelle von Calciumcarbonat verdünnte Natronlauge zu verwenden, um den  $\text{CO}_2$ -Ausstoß zu reduzieren und die entstandene Lösung im Nachbarbetrieb weiter zu verwenden.

- Stelle die Reaktionsgleichungen für die beiden Neutralisationsverfahren (mit Calciumcarbonat und Natronlauge) auf.**  
(4 Punkte)
- Berechne die Masse und das Volumen an Kohlenstoffdioxid, die pro Ansatz eingespart werden, wenn Calciumcarbonat durch Natronlauge ersetzt wird.**  
(10 Punkte)

### Weiterhin gegeben:

#### Molare Massen

- $\text{H}_2\text{SO}_4$ : 98,08 g/mol
- $\text{CaCO}_3$ : 100,09 g/mol
- $\text{CO}_2$ : 44,01 g/mol

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 10.935 \text{ kg}$$

**Volumen der Spüllösung:** 50 m<sup>3</sup>

Masseanteil von  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in der Spüllösung

$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,18$

**Dichte der Spüllösung:**  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4; w = 0,18) = 1.215 \text{ kg/m}^3$

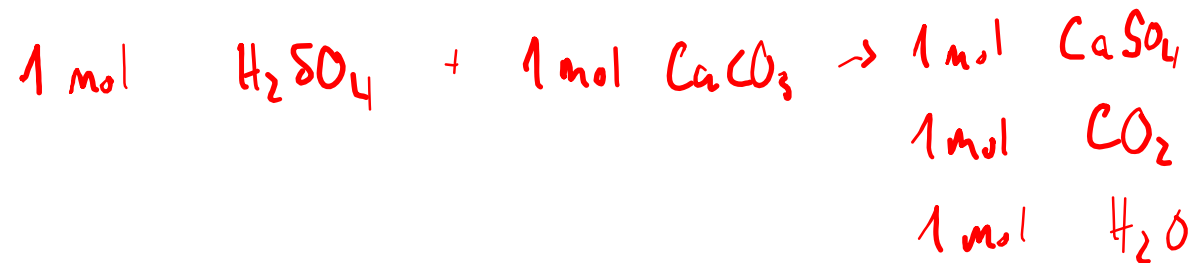
Temperatur: 25 °C

Druck: 1.025 hPa

Gaskonstante:  $R = 8,314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{K}\cdot\text{kmol}$

2. Berechnung der Stoffmenge  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10.935 \text{ kg}}{98,08 \text{ g/mol}} = \underline{\underline{111,49 \text{ kmol}}}$$



→ Stoffmenge  $\text{CO}_2 = 111,49 \text{ kmol}$



# Neutralisation und Spüli

## Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb werden alle anfallenden schwefelsäurehaltigen Spüllösungen in einer zentralen Neutralisationsanlage gesammelt. Die Neutralisation erfolgt durch Zugabe von Calciumcarbonat, wobei Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Ein Auszubildender schlägt vor, anstelle von Calciumcarbonat verdünnte Natronlauge zu verwenden, um den  $\text{CO}_2$ -Ausstoß zu reduzieren und die entstandene Lösung im Nachbarbetrieb weiter zu verwenden.

**a. Stelle die Reaktionsgleichungen für die beiden Neutralisationsverfahren (mit Calciumcarbonat und Natronlauge) auf.**

(4 Punkte)

**b. Berechne die Masse und das Volumen an Kohlenstoffdioxid, die pro Ansatz eingespart werden, wenn Calciumcarbonat durch Natronlauge ersetzt wird.**

(10 Punkte)

### Weiterhin gegeben:

#### Molare Massen

- $\text{H}_2\text{SO}_4$ : 98,08 g/mol
- $\text{CaCO}_3$ : 100,09 g/mol
- $\text{CO}_2$ : 44,01 g/mol

**Volumen der Spüllösung:** 50 m<sup>3</sup>

Masseanteil von  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in der Spüllösung

$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,18$

**Dichte der Spüllösung:**  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4; w = 0,18) = 1.215 \text{ kg/m}^3$

Temperatur: 25 °C

Druck: 1.025 hPa

Gaskonstante:  $R = 8,314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{K}\cdot\text{kmol}$

$$n_{\text{CO}_2} = 111,49 \text{ kmol}$$

3. Schritt Masse  $\text{CO}_2$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \cdot M = 111,49 \text{ kmol} \cdot 44,01 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

$$m_{\text{CO}_2} = \underline{\underline{4.906 \text{ kg}}}$$



# Neutralisation und Spüli

## Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb werden alle anfallenden schwefelsäurehaltigen Spüllösungen in einer zentralen Neutralisationsanlage gesammelt. Die Neutralisation erfolgt durch Zugabe von Calciumcarbonat, wobei Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Ein Auszubildender schlägt vor, anstelle von Calciumcarbonat verdünnte Natronlauge zu verwenden, um den  $\text{CO}_2$ -Ausstoß zu reduzieren und die entstandene Lösung im Nachbarbetrieb weiter zu verwenden.

- Stelle die Reaktionsgleichungen für die beiden Neutralisationsverfahren (mit Calciumcarbonat und Natronlauge) auf.**  
(4 Punkte)
- Berechne die Masse und das Volumen an Kohlenstoffdioxid, die pro Ansatz eingespart werden, wenn Calciumcarbonat durch Natronlauge ersetzt wird.**  
(10 Punkte)

### Weiterhin gegeben:

#### Molare Massen

- $\text{H}_2\text{SO}_4$ : 98,08 g/mol
- $\text{CaCO}_3$ : 100,09 g/mol
- $\text{CO}_2$ : 44,01 g/mol

**Volumen der Spüllösung:** 50 m<sup>3</sup>

Masseanteil von  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in der Spüllösung

$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,18$

**Dichte der Spüllösung:**  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4; w = 0,18) = 1.215 \text{ kg/m}^3$

Temperatur: 25 °C → 298,15 K

Druck: 1.025 hPa

Gaskonstante:  $R = 8,314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{K}\cdot\text{kmol}$

4. Schritt Volumen  $\text{CO}_2$

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

$$= \frac{111,49 \text{ kmol} \cdot 8,314 \frac{\text{Pa}\cdot\text{m}^3}{\text{K}\cdot\text{kmol}} \cdot 298,15 \text{ K}}{102.500 \text{ Pa}}$$

$$V = 2.694,87 \text{ m}^3$$



In der Klausur ~ 34 Minuten Zeit

# Neutralisation und Spüli

Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb werden alle anfallenden schwefelsäurehaltigen Spüllösungen in einer zentralen Neutralisationsanlage gesammelt. Die Neutralisation erfolgt durch Zugabe von Calciumcarbonat, wobei Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Ein Auszubildender schlägt vor, anstelle von Calciumcarbonat verdünnte Natronlauge zu verwenden, um den  $\text{CO}_2$ -Ausstoß zu reduzieren und die entstandene Lösung im Nachbarbetrieb weiter zu verwenden.

- a. **Stelle die Reaktionsgleichungen für die beiden Neutralisationsverfahren (mit Calciumcarbonat und Natronlauge) auf.**  
(4 Punkte)
- b. **Berechne die Masse und das Volumen an Kohlenstoffdioxid, die pro Ansatz eingespart werden, wenn Calciumcarbonat durch Natronlauge ersetzt wird.**  
(10 Punkte)

## Weiterhin gegeben:

### Molare Massen

- $\text{H}_2\text{SO}_4$ : 98,08 g/mol
- $\text{CaCO}_3$ : 100,09 g/mol
- $\text{CO}_2$ : 44,01 g/mol

**Volumen der Spüllösung:** 50 m<sup>3</sup>

Masseanteil von  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in der Spüllösung

$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,18$

**Dichte der Spüllösung:**  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4; w = 0,18) = 1.215 \text{ kg/m}^3$

Temperatur: 25 °C

Druck: 1.025 hPa

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

# Neutralisation und Spüli

## Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb werden alle anfallenden schwefelsäurehaltigen Spüllösungen in einer zentralen Neutralisationsanlage gesammelt. Die Neutralisation erfolgt durch Zugabe von Calciumcarbonat, wobei Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Ein Auszubildender schlägt vor, anstelle von Calciumcarbonat verdünnte Natronlauge zu verwenden, um den  $\text{CO}_2$ -Ausstoß zu reduzieren und die entstandene Lösung im Nachbarbetrieb weiter zu verwenden.

- Stelle die Reaktionsgleichungen für die beiden Neutralisationsverfahren (mit Calciumcarbonat und Natronlauge) auf.**  
(4 Punkte)
- Berechne die Masse und das Volumen an Kohlenstoffdioxid, die pro Ansatz eingespart werden, wenn Calciumcarbonat durch Natronlauge ersetzt wird.**  
(10 Punkte)

### Weiterhin gegeben:

#### Molare Massen

- $\text{H}_2\text{SO}_4$ : 98,08 g/mol
- $\text{CaCO}_3$ : 100,09 g/mol
- $\text{CO}_2$ : 44,01 g/mol

**Volumen der Spüllösung:** 50 m<sup>3</sup>

Masseanteil von  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in der Spüllösung

$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,18$

**Dichte der Spüllösung:**  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4; w = 0,18) = 1.215 \text{ kg/m}^3$

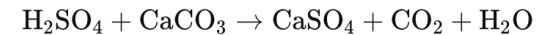
Temperatur: 25 °C

Druck: 1.025 hPa

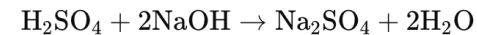
Gaskonstante:  $R = 8,314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{K}\cdot\text{kmol}$

#### a) Reaktionsgleichungen:

- Neutralisation von Schwefelsäure mit Calciumcarbonat:



- Neutralisation von Schwefelsäure mit Natronlauge:



#### Erläuterung der Lösung:

- Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) reagiert mit Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), wobei Calciumsulfat ( $\text{CaSO}_4$ ), Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) entstehen. Das  $\text{CO}_2$  wird dabei als Gas freigesetzt, was vermieden werden soll, wenn Natronlauge ( $\text{NaOH}$ ) verwendet wird.
- Die Reaktion mit Natronlauge ( $\text{NaOH}$ ) ergibt Natriumsulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Hierbei wird **kein**  $\text{CO}_2$  freigesetzt, was den Vorschlag des Auszubildenden unterstützt.

# Neutralisation und Spüli

## Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb werden alle anfallenden schwefelsäurehaltigen Spüllösungen in einer zentralen Neutralisationsanlage gesammelt. Die Neutralisation erfolgt durch Zugabe von Calciumcarbonat, wobei Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Ein Auszubildender schlägt vor, anstelle von Calciumcarbonat verdünnte Natronlauge zu verwenden, um den  $\text{CO}_2$ -Ausstoß zu reduzieren und die entstandene Lösung im Nachbarbetrieb weiter zu verwenden.

**a. Stelle die Reaktionsgleichungen für die beiden Neutralisationsverfahren (mit Calciumcarbonat und Natronlauge) auf.**

(4 Punkte)

**b. Berechne die Masse und das Volumen an Kohlenstoffdioxid, die pro Ansatz eingespart werden, wenn Calciumcarbonat durch Natronlauge ersetzt wird.**

(10 Punkte)

### Weiterhin gegeben:

#### Molare Massen

- $\text{H}_2\text{SO}_4$ : 98,08 g/mol
- $\text{CaCO}_3$ : 100,09 g/mol
- $\text{CO}_2$ : 44,01 g/mol

**Volumen der Spüllösung:** 50 m<sup>3</sup>

Masseanteil von  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in der Spüllösung

$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,18$

**Dichte der Spüllösung:**  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4; w = 0,18) = 1.215 \text{ kg/m}^3$

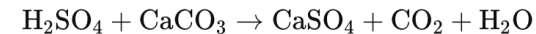
Temperatur: 25 °C

Druck: 1.025 hPa

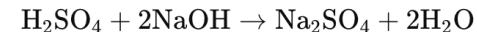
Gaskonstante:  $R = 8,314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{K}\cdot\text{kmol}$

a) Reaktionsgleichungen:

1. Neutralisation von Schwefelsäure mit Calciumcarbonat:



2. Neutralisation von Schwefelsäure mit Natronlauge:



Erläuterung der Lösung:

- Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) reagiert mit Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), wobei Calciumsulfat ( $\text{CaSO}_4$ ), Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) entstehen. Das  $\text{CO}_2$  wird dabei als Gas freigesetzt, was vermieden werden soll, wenn Natronlauge ( $\text{NaOH}$ ) verwendet wird.
- Die Reaktion mit Natronlauge ( $\text{NaOH}$ ) ergibt Natriumsulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Hierbei wird **kein**  $\text{CO}_2$  freigesetzt, was den Vorschlag des Auszubildenden unterstützt.

In deinem Betrieb werden alle anfallenden schwefelsäurehaltigen Spüllösungen in einer zentralen Neutralisationsanlage gesammelt. Die Neutralisation erfolgt durch Zugabe von Calciumcarbonat, wobei Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Ein Auszubildender schlägt vor, anstelle von Calciumcarbonat verdünnte Natronlauge zu verwenden, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren und die entstandene Lösung im Nachbarbetrieb weiter zu verwenden.

**a. Stelle die Reaktionsgleichungen für die beiden Neutralisationsverfahren (mit Calciumcarbonat und Natronlauge) auf.**

(4 Punkte)

**b. Berechne die Masse und das Volumen an Kohlenstoffdioxid, die pro Ansatz eingespart werden, wenn Calciumcarbonat durch Natronlauge ersetzt wird.**

(10 Punkte)

**b) Berechnung der eingesparten CO<sub>2</sub>-Menge:**

1. Masse der Schwefelsäure in der Spüllösung:

$$m_{\text{Spüllösung}} = \rho \cdot V = 1.215 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 50 \text{ m}^3 = 60.750 \text{ kg}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_{\text{Spüllösung}} \cdot w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 60.750 \text{ kg} \cdot 0,18 = 10.935 \text{ kg}$$

2. Berechnung der Stoffmenge an Schwefelsäure ( $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$ ):

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

**Erklärung:** Da die Masse in **kg** angegeben ist und die molare Masse in **g/mol**, ergibt die Division die Stoffmenge in **kmol** (Kilomol). 1 kmol = 1000 mol.

3. Berechnung der Stoffmenge an CO<sub>2</sub>:

Da 1 Mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mit 1 Mol CaCO<sub>3</sub> reagiert und dabei 1 Mol CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, gilt:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 111,49 \text{ kmol}$$

4. Berechnung der Masse an CO<sub>2</sub>:

$$m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = 111,49 \text{ kmol} \cdot 44,01 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} = 4.906 \text{ kg}$$

5. Berechnung des Volumens an CO<sub>2</sub> (ideales Gasgesetz):

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

$$V(\text{CO}_2) = \frac{111,49 \text{ kmol} \cdot 8,314 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K}}{102.500 \text{ Pa}} = 2.694,87 \text{ m}^3$$



In der Klausur ~ 10 Minuten Zeit

# Kleine Gleichungen

Reaktionsgleichungen

Formuliere die folgenden Reaktionsgleichungen:

**a) Hydrolyse des Titanoxidsulfats zum Titanoxidhydrat**

(2 Punkte)

**b) Glühen (Kalzinieren) des Titanoxidhydrats zum Titandioxid**

(2 Punkte)



Reaktionsgleichungen



Formuliere die folgenden Reaktionsgleichungen:

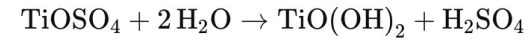
**a) Hydrolyse des Titanoxidsulfats zum Titanoxidhydrat**

(2 Punkte)

**b) Glühen (Kalzinieren) des Titanoxidhydrats zum Titandioxid**

(2 Punkte)

a) Hydrolyse des Titanoxidsulfats zum Titanoxidhydrat:



Erläuterung:

- **Titanoxidsulfat (TiOSO<sub>4</sub>)**: Hierbei handelt es sich um ein **Metallsalz**, das ein Titankation (Ti<sup>4+</sup>) mit einem Sulfation (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) kombiniert. Die Titan-Sauerstoff-Bindung im Sulfat wird bei der Hydrolyse aufgebrochen.
- **Hydrolyse**: Das bedeutet, dass das **TiOSO<sub>4</sub>** mit Wasser reagiert und dabei aufgespalten wird. Das Wasser (H<sub>2</sub>O) wird in die Reaktion eingebaut, was zur Bildung von **Titanoxidhydrat (TiO(OH)<sub>2</sub>)** und Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) führt.
- **Titanoxidhydrat (TiO(OH)<sub>2</sub>)**: Dies ist ein **Hydroxid** des Titans, das durch die Hydrolyse entsteht. Hier bindet das Titan zwei Hydroxidgruppen (OH<sup>-</sup>), die mit Sauerstoff verbunden sind.

Formuliere die folgenden Reaktionsgleichungen:

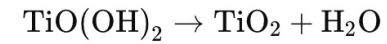
**a) Hydrolyse des Titanoxidsulfats zum Titanoxidhydrat**

(2 Punkte)

**b) Glühen (Kalzinieren) des Titanoxidhydrats zum Titandioxid**

(2 Punkte)

b) Glühen (Kalzinieren) des Titanoxidhydrats zum Titandioxid:



Erläuterung:

- **Titanoxidhydrat ( $\text{TiO}(\text{OH})_2$ ):** Beim Erhitzen (Kalzinieren) verliert das Hydrat seine **Wasseranteile** und bildet reines **Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ )**.
- **Kalzinieren:** Dies ist ein thermischer Prozess, bei dem **Hydroxidgruppen** in Wasser umgewandelt werden und das verbleibende Material in eine oxidische Form übergeht. Das Ergebnis ist **Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ )**, eine hochstabile Verbindung, die weit verbreitet als **Pigment** verwendet wird, zum Beispiel in der **Farbindustrie**.
- **Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ):** Dieses weiße Pulver hat wichtige industrielle Anwendungen, insbesondere als Farbpigment aufgrund seiner hohen Deckkraft und chemischen Stabilität.



TIW GmbH ©

# THERMODYNAMIK + PUMPEN



$Nm^3 \rightarrow$  Einheit bei Gasen

# Massestrom und Erwärmung

Thermodynamik & Pumpen

Ein Bandrockner wird als Konvektionstrockner ausgelegt. Um den Farbstoff zu trocknen, müssen  $3.000 Nm^3/h$  **Stickstoff** in einem Vorwärmer von  $20\text{ °C}$  auf  $140\text{ °C}$  erwärmt werden.

**Gegeben:**

- Wärmekapazität von Dampf bei  $2,5\text{ bar}$

$$c_{Dampf} = 2,1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

- Verdampfungsenthalpie von Dampf bei  $2,5\text{ bar}$ :

$$r_{Dampf} = 2.147 \frac{kJ}{kg}$$

- Wärmekapazität von Stickstoff

$$c_{Stickstoff} = 1,04 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

- Dichte von Stickstoff:

$$\rho = 1,022 \frac{kg}{Nm^3}$$

Berechne den notwendigen Massenstrom in  $kg/h$  an überhitztem Dampf von  $2,5\text{ bar}$  und einer Temperatur von  $200\text{ °C}$ , wenn das entstehende Kondensat mit einer Siedetemperatur von  $135\text{ °C}$  abgezogen wird. (12 Punkte)

Gesucht Massenstrom Dampf

1. Schritt: Massenstrom Stickstoff

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho = 3000 \frac{Nm^3}{h} \cdot 1,022 \frac{kg}{Nm^3}$$

$$\dot{m} = 3.066 \frac{kg}{h}$$

2. Schritt: Benötigte Wärmemenge Stickstoff

$$\dot{Q} = c \cdot \dot{m} \cdot \Delta T$$

$$= 1,04 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 3.066 \frac{kg}{h} \cdot 120 K$$

$$\dot{Q} = 382.636,8 \frac{kJ}{h}$$



# Massestrom und Erwärmung

Thermodynamik & Pumpen

Ein Bandrockner wird als Konvektionstrockner ausgelegt. Um den Farbstoff zu trocknen, müssen **3.000 Nm<sup>3</sup>/h Stickstoff** in einem Vorwärmer von **20 °C** auf **140 °C** erwärmt werden.

**Gegeben:**

- Wärmekapazität von Dampf bei 2,5 bar

$$c_{Dampf} = 2,1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

- Verdampfungsenthalpie von Dampf bei 2,5 bar:

$$r_{Dampf} = 2.147 \frac{kJ}{kg}$$

- Wärmekapazität von Stickstoff

$$c_{Stickstoff} = 1,04 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

- Dichte von Stickstoff:

$$\rho = 1,022 \frac{kg}{Nm^3}$$

Berechne den notwendigen Massenstrom in kg/h an überhitztem Dampf von 2,5 bar und einer Temperatur von 200 °C, wenn das entstehende Kondensat mit einer Siedetemperatur von 135 °C abgezogen wird. (12 Punkte)

3. Schritt Wärmemenge Dampf

$$\dot{Q} = c \cdot \dot{m} \cdot \Delta T + r \cdot \dot{m}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_D = \frac{\dot{Q}}{c_D \cdot \Delta T + r}$$

$$= \frac{382.636,8 \frac{kJ}{h}}{2,1 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 65K + 2.147 \frac{kJ}{kg}}$$

$$\dot{m}_D = 167,57 \frac{kg}{h}$$



# Massestrom und Erwärmung

Thermodynamik & Pumpen

Ein Bandrockner wird als Konvektionstrockner ausgelegt. Um den Farbstoff zu trocknen, müssen **3.000 Nm<sup>3</sup>/h Stickstoff** in einem Vorwärmer von **20 °C** auf **140 °C** erwärmt werden.

**Gegeben:**

- Wärmekapazität von Dampf bei 2,5 bar

$$c_{Dampf} = 2,1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

- Verdampfungsenthalpie von Dampf bei 2,5 bar:

$$r_{Dampf} = 2.147 \frac{kJ}{kg}$$

- Wärmekapazität von Stickstoff

$$c_{Stickstoff} = 1,04 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

- Dichte von Stickstoff:

$$\rho = 1,022 \frac{kg}{Nm^3}$$

**Berechne den notwendigen Massenstrom in kg/h an überhitztem Dampf von 2,5 bar und einer Temperatur von 200 °C, wenn das entstehende Kondensat mit einer Siedetemperatur von 135 °C abgezogen wird. (12 Punkte)**



# Massestrom und Erwärmung

Thermodynamik & Pumpen

Ein Bandrockner wird als Konvektionstrockner ausgelegt. Um den Farbstoff zu trocknen, müssen **3.000 Nm<sup>3</sup>/h Stickstoff** in einem Vorwärmer von **20 °C** auf **140 °C** erwärmt werden.

**Gegeben:**

- Wärmekapazität von Dampf bei 2,5 bar

$$c_{Dampf} = 2,1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

- Verdampfungsenthalpie von Dampf bei 2,5 bar:

$$r_{Dampf} = 2.147 \frac{kJ}{kg}$$

- Wärmekapazität von Stickstoff

$$c_{Stickstoff} = 1,04 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

- Dichte von Stickstoff:

$$\rho = 1,022 \frac{kg}{Nm^3}$$

**Berechne den notwendigen Massenstrom in kg/h an überhitztem Dampf von 2,5 bar und einer Temperatur von 200 °C, wenn das entstehende Kondensat mit einer Siedetemperatur von 135 °C abgezogen wird. (12 Punkte)**

Ein Bandrockner wird als Konvektionstrockner ausgelegt. Um den Farbstoff zu trocknen, müssen **3.000 Nm<sup>3</sup>/h Stickstoff** in einem Vorwärmer von **20 °C** auf **140 °C** erwärmt werden.

### Gegeben:

- Wärmekapazität von Dampf bei 2,5 bar

$$c_{Dampf} = 2,1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

- Verdampfungsenthalpie von Dampf bei 2,5 bar:

$$r_{Dampf} = 2.147 \frac{kJ}{kg}$$

- Wärmekapazität von Stickstoff

$$c_{Stickstoff} = 1,04 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

- Dichte von Stickstoff:

$$\rho = 1,022 \frac{kg}{Nm^3}$$

**Berechne den notwendigen Massenstrom in kg/h an überhitztem Dampf von 2,5 bar und einer Temperatur von 200 °C, wenn das entstehende Kondensat mit einer Siedetemperatur von 135 °C abgezogen wird. (12 Punkte)**

### Schritt 1: Berechnung des Massenstroms des Stickstoffs

Um den Massenstrom von Stickstoff zu berechnen, multiplizieren wir das Volumen des Stickstoffs (3.000 Nm<sup>3</sup>/h) mit der Dichte (1,022  $\frac{kg}{Nm^3}$ ):

$$\dot{m}(\text{Stickstoff}) = 1,022 \frac{kg}{Nm^3} \cdot 3.000 \frac{Nm^3}{h} = 3.066 \frac{kg}{h}$$

**Erklärung:** Die Dichte von Stickstoff wird mit dem Volumen multipliziert, um den Massenstrom des Stickstoffs zu berechnen. Ergebnis: **3.066 kg/h Stickstoff**.

### Schritt 2: Berechnung der zugeführten Wärmemenge für Stickstoff

Die Wärmemenge  $\dot{Q}$ , die benötigt wird, um den Stickstoff von 20 °C auf 140 °C zu erwärmen, wird mit der Wärmekapazität von Stickstoff und der Temperaturdifferenz berechnet:

$$\dot{Q} = c \cdot \dot{m} \cdot \Delta\vartheta$$

$$\dot{Q} = 1,04 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 3.066 \frac{kg}{h} \cdot (140 - 20) K$$

$$\dot{Q} = 1,04 \cdot 3.066 \cdot 120 = 382.636,8 \frac{kJ}{h}$$

**Erklärung:** Die benötigte Wärmemenge, um den Stickstoff von 20 °C auf 140 °C zu erwärmen, ergibt **382.636,8 kJ/h**.

Ein Bandrockner wird als Konvektionstrockner ausgelegt. Um den Farbstoff zu trocknen, müssen **3.000 Nm<sup>3</sup>/h Stickstoff** in einem Vorwärmer von **20 °C** auf **140 °C** erwärmt werden.

### Gegeben:

- Wärmekapazität von Dampf bei 2,5 bar

$$c_{\text{Dampf}} = 2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

- Verdampfungsenthalpie von Dampf bei 2,5 bar:

$$r_{\text{Dampf}} = 2.147 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

- Wärmekapazität von Stickstoff

$$c_{\text{Stickstoff}} = 1,04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

- Dichte von Stickstoff:

$$\rho = 1,022 \frac{\text{kg}}{\text{Nm}^3}$$

**Berechne den notwendigen Massenstrom in kg/h an überhitztem Dampf von 2,5 bar und einer Temperatur von 200 °C, wenn das entstehende Kondensat mit einer Siedetemperatur von 135 °C abgezogen wird. (12 Punkte)**

### Schritt 3: Berechnung des Massenstroms des überhitzten Dampfes

Um die benötigte Wärmemenge für den Dampf berechnen zu können, verwenden wir die Formel:

$$\dot{Q} = c \cdot \dot{m} \cdot \Delta\vartheta + r \cdot \dot{m}$$

Wir setzen die Werte für die Wärmekapazität, Verdampfungsenthalpie und Temperaturdifferenz des Dampfes ein und berechnen den Massenstrom  $\dot{m}$ :

$$\begin{aligned} \dot{m}(\text{Dampf}) &= \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta\vartheta + r} \\ \dot{m}(\text{Dampf}) &= \frac{382.636,8 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (200 - 135) \text{K} + 2.147 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \\ \dot{m}(\text{Dampf}) &= \frac{382.636,8}{2,1 \cdot 65 + 2.147} = \frac{382.636,8}{136,647} = 167,57 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \end{aligned}$$

**Erklärung:** Der Massenstrom des überhitzten Dampfes beträgt **167,57 kg/h**. Dies ist die Menge an Dampf, die benötigt wird, um den Stickstoff auf die geforderte Temperatur zu erwärmen und das Kondensat mit 135 °C abzuführen.

### Zusammenfassung:

- Massenstrom des Stickstoffs: 3.066 kg/h
- Benötigte Wärmemenge für Stickstoff: 382.636,8 kJ/h
- Massenstrom des überhitzten Dampfes: 167,57 kg/h

Durch diese Schritte hast du die Berechnung des Massenstroms an überhitztem Dampf nachvollziehbar und korrekt durchgeführt.

Ein Bandrockner wird als Konvektionstrockner ausgelegt. Um den Farbstoff zu trocknen, müssen **3.000 Nm<sup>3</sup>/h Stickstoff** in einem Vorwärmer von **20 °C** auf **140 °C** erwärmt werden.

### Gegeben:

- Wärmekapazität von Dampf bei 2,5 bar

$$c_{\text{Dampf}} = 2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

- Verdampfungsenthalpie von Dampf bei 2,5 bar:

$$r_{\text{Dampf}} = 2.147 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

- Wärmekapazität von Stickstoff

$$c_{\text{Stickstoff}} = 1,04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

- Dichte von Stickstoff:

$$\rho = 1,022 \frac{\text{kg}}{\text{Nm}^3}$$

**Berechne den notwendigen Massenstrom in kg/h an überhitztem Dampf von 2,5 bar und einer Temperatur von 200 °C, wenn das entstehende Kondensat mit einer Siedetemperatur von 135 °C abgezogen wird. (12 Punkte)**

### Schritt 3: Berechnung des Massenstroms des überhitzten Dampfes

Um die benötigte Wärmemenge für den Dampf berechnen zu können, verwenden wir die Formel:

$$\dot{Q} = c \cdot \dot{m} \cdot \Delta\vartheta + r \cdot \dot{m}$$

Wir setzen die Werte für die Wärmekapazität, Verdampfungsenthalpie und Temperaturdifferenz des Dampfes ein und berechnen den Massenstrom  $\dot{m}$ :

$$\begin{aligned} \dot{m}(\text{Dampf}) &= \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta\vartheta + r} \\ \dot{m}(\text{Dampf}) &= \frac{382.636,8 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (200 - 135) \text{K} + 2.147 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \\ \dot{m}(\text{Dampf}) &= \frac{382.636,8}{2,1 \cdot 65 + 2.147} = \frac{382.636,8}{136,647} = 167,57 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \end{aligned}$$

**Erklärung:** Der Massenstrom des überhitzten Dampfes beträgt **167,57 kg/h**. Dies ist die Menge an Dampf, die benötigt wird, um den Stickstoff auf die geforderte Temperatur zu erwärmen und das Kondensat mit 135 °C abzuführen.

### Zusammenfassung:

- Massenstrom des Stickstoffs: 3.066 kg/h
- Benötigte Wärmemenge für Stickstoff: 382.636,8 kJ/h
- Massenstrom des überhitzten Dampfes: 167,57 kg/h

Durch diese Schritte hast du die Berechnung des Massenstroms an überhitztem Dampf nachvollziehbar und korrekt durchgeführt.



# Wasserstrom mit Wärmeübertrager

Thermodynamik & Pumpen

In den Sommermonaten kommt es durch erhöhte Kühlwassereingangstemperaturen immer wieder zu Problemen am **Wärmeübertrager WT 330**. Der Wärmeübertrager kann dann nicht mehr die notwendige Wärmemenge abführen.

**Ermittle rechnerisch die maximal zulässige Kühlwassereingangstemperatur des WT 330. Du hast folgende Informationen:**

Gegebene Werte:

- Dichte des Kühlwassers  $\rho_{\text{Kühlwasser}} = 1,00 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$
- Volumenstrom des Kühlwassers  $q_v = 300 \frac{\text{L}}{\text{h}}$
- Spezifische Wärmekapazität des Kühlwassers  $c_{\text{Kühlwasser}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
- Wärmeübergangskoeffizienten:
  - $\alpha_1 = 1.200 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
  - $\alpha_2 = 1.400 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wärmeleitfähigkeit der Übertragungswand:  $\lambda_{\text{Wand}} = 49,5 \frac{\text{J}}{\text{m}\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$  }  $\alpha_3$
- Wanddicke der Wärmeübertragungswand:  $\delta_{\text{Wand}} = 2,00 \text{ mm}$
- Fläche des Wärmeüberträgers:  $A_{\text{WT}} = 1,00 \text{ m}^2$
- Erforderliche mittlere Temperaturdifferenz  $\Delta T_m = 5,55 \text{ K}$
- Maximale Austrittstemperatur des Kühlwassers  $\vartheta_{\text{Austritt}} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

Gesucht: maximal zulässige Kühlwassereingangstemperatur

Schritt 1: Bestimmung des Gesamt wärmeübertragungs Koeffizienten  $\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\alpha_3}}$$

$$\alpha_3 = \frac{\lambda}{\delta}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{1200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}\cdot\text{s}}} + \frac{1}{1400 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}\cdot\text{s}}} + \frac{0,002 \text{ m}}{49,5 \frac{\text{J}}{\text{m}\cdot\text{K}\cdot\text{s}}}}$$



# Wasserstrom mit Wärmeübertrager

Thermodynamik & Pumpen

In den Sommermonaten kommt es durch erhöhte Kühlwassereingangstemperaturen immer wieder zu Problemen am **Wärmeübertrager WT 330**. Der Wärmeübertrager kann dann nicht mehr die notwendige Wärmemenge abführen.

**Ermittle rechnerisch die maximal zulässige Kühlwassereingangstemperatur des WT 330. Du hast folgende Informationen:**

Gegebene Werte:

- Dichte des Kühlwassers  $\rho_{\text{Kühlwasser}} = 1,00 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$
- Volumenstrom des Kühlwassers  $q_v = 300 \frac{\text{L}}{\text{h}}$
- Spezifische Wärmekapazität des Kühlwassers  $c_{\text{Kühlwasser}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
- Wärmeübergangskoeffizienten:
  - $\alpha_1 = 1.200 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
  - $\alpha_2 = 1.400 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wärmeleitfähigkeit der Übertragungswand:  $\lambda_{\text{Wand}} = 49,5 \frac{\text{J}}{\text{m}\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wanddicke der Wärmeübertragungswand:  $\delta_{\text{Wand}} = 2,00 \text{ mm}$
- Fläche des Wärmeübertragers:  $A_{\text{WT}} = 1,00 \text{ m}^2$
- Erforderliche mittlere Temperaturdifferenz  $\Delta T_m = 5,55 \text{ K}$
- Maximale Austrittstemperatur des Kühlwassers  $\vartheta_{\text{Austritt}} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

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

$$K = 629,71 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}$$

Umrechnung in  $\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{h}}$

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



# Wasserstrom mit Wärmeübertrager

Thermodynamik & Pumpen

In den Sommermonaten kommt es durch erhöhte Kühlwassereingangstemperaturen immer wieder zu Problemen am **Wärmeübertrager WT 330**. Der Wärmeübertrager kann dann nicht mehr die notwendige Wärmemenge abführen.

**Ermittle rechnerisch die maximal zulässige Kühlwassereingangstemperatur des WT 330. Du hast folgende Informationen:**

**Gegebene Werte:**

- Dichte des Kühlwassers  $\rho_{\text{Kühlwasser}} = 1,00 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$
- Volumenstrom des Kühlwassers  $q_v = 300 \frac{\text{L}}{\text{h}}$
- Spezifische Wärmekapazität des Kühlwassers  $c_{\text{Kühlwasser}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
- Wärmeübergangskoeffizienten:
  - $\alpha_1 = 1.200 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
  - $\alpha_2 = 1.400 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wärmeleitfähigkeit der Übertragungswand:  $\lambda_{\text{Wand}} = 49,5 \frac{\text{J}}{\text{m}\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wanddicke der Wärmeübertragungswand:  $\delta_{\text{Wand}} = 2,00 \text{ mm}$
- Fläche des Wärmeübertragers:  $A_{\text{WT}} = 1,00 \text{ m}^2$
- Erforderliche mittlere Temperaturdifferenz  $\Delta T_m = 5,55 \text{ K}$
- Maximale Austrittstemperatur des Kühlwassers  $\vartheta_{\text{Austritt}} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

Schritt 2: Wärmemenge

$$\dot{Q}_{\text{WT330}} = A \cdot K \cdot \Delta T$$

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

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

Wärmemenge, die der Wärmeübertrager maximal übertragen kann



# Wasserstrom mit Wärmeübertrager

Thermodynamik & Pumpen

In den Sommermonaten kommt es durch erhöhte Kühlwassereingangstemperaturen immer wieder zu Problemen am **Wärmeübertrager WT 330**. Der Wärmeübertrager kann dann nicht mehr die notwendige Wärmemenge abführen.

**Ermittle rechnerisch die maximal zulässige Kühlwassereingangstemperatur des WT 330. Du hast folgende Informationen:**

Gegebene Werte:

- Dichte des Kühlwassers  $\rho_{\text{Kühlwasser}} = 1,00 \frac{\text{kg}}{\text{l}}$
- Volumenstrom des Kühlwassers  $q_v = 300 \frac{\text{l}}{\text{h}}$
- Spezifische Wärmekapazität des Kühlwassers  $c_{\text{Kühlwasser}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
- Wärmeübergangskoeffizienten:
  - $\alpha_1 = 1.200 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
  - $\alpha_2 = 1.400 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wärmeleitfähigkeit der Übertragungswand:  $\lambda_{\text{Wand}} = 49,5 \frac{\text{J}}{\text{m}\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wanddicke der Wärmeübertragungswand:  $\delta_{\text{Wand}} = 2,00 \text{ mm}$
- Fläche des Wärmeüberträgers:  $A_{\text{WT}} = 1,00 \text{ m}^2$
- Erforderliche mittlere Temperaturdifferenz  $\Delta T_m = 5,55 \text{ K}$
- Maximale Austrittstemperatur des Kühlwassers  $\vartheta_{\text{Austritt}} = 35^\circ\text{C}$

Schritt 3: Massenstrom Kühlwasser

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho = 300 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 1 \frac{\text{kg}}{\text{l}} = 300 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Schritt 4: zulässige Temperaturerhöhung des Kühlwassers

$$\dot{Q} = c \cdot \dot{m} \cdot \Delta T$$

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

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

$$T_{\text{max.}} = 25^\circ\text{C}$$

In den Sommermonaten kommt es durch erhöhte Kühlwassereingangstemperaturen immer wieder zu Problemen am **Wärmeübertrager WT 330**. Der Wärmeübertrager kann dann nicht mehr die notwendige Wärmemenge abführen.

**Ermittle rechnerisch die maximal zulässige Kühlwassereingangstemperatur des WT 330. Du hast folgende Informationen:**

**Gegebene Werte:**

- Dichte des Kühlwassers  $\rho_{\text{Kühlwasser}} = 1,00 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$
- Volumenstrom des Kühlwassers  $q_v = 300 \frac{\text{L}}{\text{h}}$
- Spezifische Wärmekapazität des Kühlwassers  $c_{\text{Kühlwasser}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
- Wärmeübergangskoeffizienten:
  - $\alpha_1 = 1.200 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}}$
  - $\alpha_2 = 1.400 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}}$
- Wärmeleitfähigkeit der Übertragungswand:  $\lambda_{\text{Wand}} = 49,5 \frac{\text{J}}{\text{m} \cdot \text{K} \cdot \text{s}}$
- Wanddicke der Wärmeübertragungswand:  $\delta_{\text{Wand}} = 2,00 \text{ mm}$
- Fläche des Wärmeübertragers:  $A_{\text{WT}} = 1,00 \text{ m}^2$
- Erforderliche mittlere Temperaturdifferenz  $\Delta T_m = 5,55 \text{ K}$
- Maximale Austrittstemperatur des Kühlwassers  $\vartheta_{\text{Austritt}} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

**Schritt 1: Berechnung des Gesamtwärmeübergangskoeffizienten  $K$**

Der Gesamtwärmeübergangskoeffizient  $K$  beschreibt den Wärmeaustausch zwischen den beiden Medien, die im WT 330 durch die Wand getrennt sind. Die Berechnung erfolgt über die Gleichung:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{Wand}}}{\lambda_{\text{Wand}}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Setzen wir die gegebenen Werte ein:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{1.200} + \frac{0,002}{49,5} + \frac{1}{1.400}}$$

Rechnung der einzelnen Brüche:

$$K = \frac{1}{0,000833 + 0,0000404 + 0,000714}$$

$$K = \frac{1}{0,001587} = 629,71 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}}$$

Das Ergebnis wird in kJ umgewandelt:

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

**Erklärung:** Der Gesamtwärmeübergangskoeffizient  $K$  gibt an, wie gut der Wärmeübergang zwischen dem Kühlwasser und der anderen Flüssigkeit durch die Übertragungswand erfolgt. Das Ergebnis ist **2.266,96 kJ/m<sup>2</sup>·K·h**.

In den Sommermonaten kommt es durch erhöhte Kühlwassereingangstemperaturen immer wieder zu Problemen am **Wärmeübertrager WT 330**. Der Wärmeübertrager kann dann nicht mehr die notwendige Wärmemenge abführen.

**Ermittle rechnerisch die maximal zulässige Kühlwassereingangstemperatur des WT 330. Du hast folgende Informationen:**

**Gegebene Werte:**

- Dichte des Kühlwassers  $\rho_{\text{Kühlwasser}} = 1,00 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$
- Volumenstrom des Kühlwassers  $q_v = 300 \frac{\text{L}}{\text{h}}$
- Spezifische Wärmekapazität des Kühlwassers  $c_{\text{Kühlwasser}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
- Wärmeübergangskoeffizienten:
  - $\alpha_1 = 1.200 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
  - $\alpha_2 = 1.400 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wärmeleitfähigkeit der Übertragungswand:  $\lambda_{\text{Wand}} = 49,5 \frac{\text{J}}{\text{m}\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wanddicke der Wärmeübertragungswand:  $\delta_{\text{Wand}} = 2,00 \text{ mm}$
- Fläche des Wärmeübertragers:  $A_{\text{WT}} = 1,00 \text{ m}^2$
- Erforderliche mittlere Temperaturdifferenz  $\Delta T_m = 5,55 \text{ K}$
- Maximale Austrittstemperatur des Kühlwassers  $\vartheta_{\text{Austritt}} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

**Schritt 2: Berechnung der Wärmemenge, die vom WT 330 übertragen wird  $\Phi_{\text{WT 330}}$**

Die Wärmemenge, die der WT 330 übertragen kann, ergibt sich aus der Gleichung:

$$\Phi_{\text{WT 330}} = A \cdot K \cdot \Delta T_m$$

Setzen wir die Werte für die Fläche des WT ( $A = 1 \text{ m}^2$ ), den Wärmeübergangskoeffizienten  $K$  und die Temperaturdifferenz  $\Delta T_m$  ein:

$$\Phi_{\text{WT 330}} = 1 \cdot 2.266,96 \cdot 5,55$$

$$\Phi_{\text{WT 330}} = 12.581,63 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

**Erklärung:** Dies ist die Wärmemenge, die der WT 330 maximal abführen kann. Ergebnis: **12.581,63 kJ/h.**

**Schritt 3: Berechnung des Massenstroms des Kühlwassers  $\dot{m}_{\text{Kühlwasser}}$**

Um die Masse des Kühlwassers zu berechnen, multiplizieren wir den Volumenstrom mit der Dichte:

$$\dot{m}_{\text{Kühlwasser}} = q_v \cdot \rho_{\text{Kühlwasser}} = 300 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 1,00 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 300 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

**Erklärung:** Der Massenstrom des Kühlwassers beträgt **300 kg/h**. Dies ist die Menge an Kühlwasser, die durch den WT 330 fließt.

In den Sommermonaten kommt es durch erhöhte Kühlwassereingangstemperaturen immer wieder zu Problemen am **Wärmeübertrager WT 330**. Der Wärmeübertrager kann dann nicht mehr die notwendige Wärmemenge abführen.

**Ermittle rechnerisch die maximal zulässige Kühlwassereingangstemperatur des WT 330. Du hast folgende Informationen:**

#### Gegebene Werte:

- Dichte des Kühlwassers  $\rho_{\text{Kühlwasser}} = 1,00 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$
- Volumenstrom des Kühlwassers  $q_v = 300 \frac{\text{L}}{\text{h}}$
- Spezifische Wärmekapazität des Kühlwassers  $c_{\text{Kühlwasser}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
- Wärmeübergangskoeffizienten:
  - $\alpha_1 = 1.200 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
  - $\alpha_2 = 1.400 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wärmeleitfähigkeit der Übertragungswand:  $\lambda_{\text{Wand}} = 49,5 \frac{\text{J}}{\text{m}\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wanddicke der Wärmeübertragungswand:  $\delta_{\text{Wand}} = 2,00 \text{ mm}$
- Fläche des Wärmeüberträgers:  $A_{\text{WT}} = 1,00 \text{ m}^2$
- Erforderliche mittlere Temperaturdifferenz  $\Delta T_m = 5,55 \text{ K}$
- Maximale Austrittstemperatur des Kühlwassers  $\vartheta_{\text{Austritt}} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

#### Schritt 4: Berechnung der erforderlichen Temperaturerhöhung des Kühlwassers $\Delta\vartheta$

Nun müssen wir die Temperaturerhöhung des Kühlwassers berechnen, die notwendig ist, um die übertragene Wärmemenge  $\Phi_{\text{WT 330}}$  aufzunehmen. Dafür verwenden wir die Formel:

$$\Phi_{\text{WT 330}} = c_{\text{Kühlwasser}} \cdot \dot{m}_{\text{Kühlwasser}} \cdot \Delta\vartheta$$

Umgestellt nach  $\Delta\vartheta$ :

$$\Delta\vartheta = \frac{\Phi_{\text{WT 330}}}{c_{\text{Kühlwasser}} \cdot \dot{m}_{\text{Kühlwasser}}}$$

Einsetzen der Werte:

$$\Delta\vartheta = \frac{12.581,63}{4,19 \cdot 300}$$

$$\Delta\vartheta = \frac{12.581,63}{1.257} = 10,0 \text{ K}$$

**Erklärung:** Das Kühlwasser erwärmt sich um **10,0 K**, während es durch den WT 330 fließt.

In den Sommermonaten kommt es durch erhöhte Kühlwassereingangstemperaturen immer wieder zu Problemen am **Wärmeübertrager WT 330**. Der Wärmeübertrager kann dann nicht mehr die notwendige Wärmemenge abführen.

**Ermittle rechnerisch die maximal zulässige Kühlwassereingangstemperatur des WT 330. Du hast folgende Informationen:**

#### Gegebene Werte:

- Dichte des Kühlwassers  $\rho_{\text{Kühlwasser}} = 1,00 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$
- Volumenstrom des Kühlwassers  $q_v = 300 \frac{\text{L}}{\text{h}}$
- Spezifische Wärmekapazität des Kühlwassers  $c_{\text{Kühlwasser}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
- Wärmeübergangskoeffizienten:
  - $\alpha_1 = 1.200 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
  - $\alpha_2 = 1.400 \frac{\text{J}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wärmeleitfähigkeit der Übertragungswand:  $\lambda_{\text{Wand}} = 49,5 \frac{\text{J}}{\text{m}\cdot\text{K}\cdot\text{s}}$
- Wanddicke der Wärmeübertragungswand:  $\delta_{\text{Wand}} = 2,00 \text{ mm}$
- Fläche des Wärmeüberträgers:  $A_{\text{WT}} = 1,00 \text{ m}^2$
- Erforderliche mittlere Temperaturdifferenz  $\Delta T_m = 5,55 \text{ K}$
- Maximale Austrittstemperatur des Kühlwassers  $\vartheta_{\text{Austritt}} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

#### Schritt 5: Berechnung der maximalen Kühlwassereingangstemperatur

Da die maximale Austrittstemperatur des Kühlwassers  $\vartheta_{\text{Austritt}} 35 \text{ }^\circ\text{C}$  beträgt, ergibt sich die maximale Eingangstemperatur durch Abziehen der Temperaturerhöhung:

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

$$35^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$$

**Erklärung:** Die maximale zulässige Kühlwassereingangstemperatur beträgt **25 °C**.

#### Zusammenfassung der Lösungsschritte:

1. Berechnung des Gesamtwärmeübergangskoeffizienten  $K: 2.266,96 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{h}}$
2. Berechnung der Wärmemenge  $\Phi_{\text{WT 330}}: 12.581,63 \text{ kJ/h}$
3. Berechnung des Massenstroms des Kühlwassers:  $300 \text{ kg/h}$
4. Berechnung der erforderlichen Temperaturerhöhung des Kühlwassers  $\Delta\vartheta: 10,0 \text{ K}$
5. Berechnung der maximalen Kühlwassereingangstemperatur:  $25 \text{ }^\circ\text{C}$



In der Klausur ~ 20 Minuten Zeit

# Volumenstrom von Ersatzpumpen

Thermodynamik & Pumpen

Du sollst den **Volumenstrom der Ersatzpumpe** berechnen und bewerten, ob diese Pumpe als Ersatz für die defekte Pumpe PL 201 geeignet ist.

**Gegebene Informationen:**

- **Volumenstrom der defekten Pumpe:** 20 L/h
- **Ersatzpumpe:** 0,1 kW Leistung
- **Geodätische Förderhöhe:** 5 m
- **Gesamtdruckverlusthöhe der Anlage:** 2,4 m
- **Überdruck im Behälter BE 200:** 0,2 bar
- **Wirkungsgrad der Pumpe:** 60 % (0,6)
- **Dichte der Kochsalzlösung:**  $\rho=1,034 \text{ kg/m}^3$





In der Klausur ~ 20 Minuten Zeit

# Volumenstrom von Ersatzpumpen

Thermodynamik & Pumpen

Du sollst den **Volumenstrom der Ersatzpumpe** berechnen und bewerten, ob diese Pumpe als Ersatz für die defekte Pumpe PL 201 geeignet ist.

## Gegebene Informationen:

- **Volumenstrom der defekten Pumpe:** 20 L/h
- **Ersatzpumpe:** 0,1 kW Leistung
- **Geodätische Förderhöhe:** 5 m
- **Gesamtdruckverlusthöhe der Anlage:** 2,4 m
- **Überdruck im Behälter BE 200:** 0,2 bar
- **Wirkungsgrad der Pumpe:** 60 % (0,6)
- **Dichte der Kochsalzlösung:**  $\rho = 1,034 \text{ kg/m}^3$



In der Klausur ~ 20 Minuten Zeit

# Volumenstrom von Ersatzpumpen

Thermodynamik & Pumpen

Du sollst den **Volumenstrom der Ersatzpumpe** berechnen und bewerten, ob diese Pumpe als Ersatz für die defekte Pumpe PL 201 geeignet ist.

## Gegebene Informationen:

- **Volumenstrom der defekten Pumpe:** 20 L/h
- **Ersatzpumpe:** 0,1 kW Leistung
- **Geodätische Förderhöhe:** 5 m
- **Gesamtdruckverlusthöhe der Anlage:** 2,4 m
- **Überdruck im Behälter BE 200:** 0,2 bar
- **Wirkungsgrad der Pumpe:** 60 % (0,6)
- **Dichte der Kochsalzlösung:**  $\rho = 1,034 \text{ kg/m}^3$



In der Klausur ~ 20 Minuten Zeit

# Volumenstrom von Ersatzpumpen

Thermodynamik & Pumpen

Du sollst den **Volumenstrom der Ersatzpumpe** berechnen und bewerten, ob diese Pumpe als Ersatz für die defekte Pumpe PL 201 geeignet ist.

## Gegebene Informationen:

- **Volumenstrom der defekten Pumpe:** 20 L/h
- **Ersatzpumpe:** 0,1 kW Leistung
- **Geodätische Förderhöhe:** 5 m
- **Gesamtdruckverlusthöhe der Anlage:** 2,4 m
- **Überdruck im Behälter BE 200:** 0,2 bar
- **Wirkungsgrad der Pumpe:** 60 % (0,6)
- **Dichte der Kochsalzlösung:**  $\rho = 1,034 \text{ kg/m}^3$

# Volumenstrom von Ersatzpumpen

Thermodynamik & Pumpen

Du sollst den **Volumenstrom der Ersatzpumpe** berechnen und bewerten, ob diese Pumpe als Ersatz für die defekte Pumpe PL 201 geeignet ist.

### Gegebene Informationen:

- **Volumenstrom der defekten Pumpe:** 20 L/h
- **Ersatzpumpe:** 0,1 kW Leistung
- **Geodätische Förderhöhe:** 5 m
- **Gesamtdruckverlusthöhe der Anlage:** 2,4 m
- **Überdruck im Behälter BE 200:** 0,2 bar
- **Wirkungsgrad der Pumpe:** 60 % (0,6)
- **Dichte der Kochsalzlösung:**  $\rho = 1,034 \text{ kg/m}^3$

### Schritt 1: Berechnung der Anlagenförderhöhe $H_A$

Die **Anlagenförderhöhe** ist die Summe aus der geodätischen Förderhöhe, dem Druckunterschied und den Druckverlusten der Anlage:

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

Setze die Werte ein:

$$H_A = 5 \text{ m} + \frac{(20.000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}) - 0}{1,034 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} + 2,4 \text{ m}$$

Rechne den Druckunterschied um:

$$H_A = 5 + \frac{20.000}{1.034 \cdot 9,81} + 2,4$$

$$H_A = 5 + 1.973,37 + 2,4 = 9,37 \text{ m}$$

**Erklärung:** Die **Anlagenförderhöhe** gibt an, wie viel Energie die Pumpe benötigt, um die Flüssigkeit auf die gewünschte Höhe und durch die Anlage zu pumpen. Das Ergebnis beträgt **9,37 m**.

# Volumenstrom von Ersatzpumpen

Thermodynamik & Pumpen

Du sollst den **Volumenstrom der Ersatzpumpe** berechnen und bewerten, ob diese Pumpe als Ersatz für die defekte Pumpe PL 201 geeignet ist.

## Gegebene Informationen:

- **Volumenstrom der defekten Pumpe:** 20 L/h
- **Ersatzpumpe:** 0,1 kW Leistung
- **Geodätische Förderhöhe:** 5 m
- **Gesamtdruckverlusthöhe der Anlage:** 2,4 m
- **Überdruck im Behälter BE 200:** 0,2 bar
- **Wirkungsgrad der Pumpe:** 60 % (0,6)
- **Dichte der Kochsalzlösung:**  $\rho = 1,034 \text{ kg/m}^3$

## Schritt 2: Berechnung des Volumenstroms $\dot{V}$

Um den Volumenstrom der Ersatzpumpe zu berechnen, verwenden wir die Formel:

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

Umstellen der Formel nach  $\dot{V}$ :

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

Setze die Werte ein:

$$\dot{V} = \frac{100 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot 0,6}{1,034 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 9,37 \text{ m}}$$

Rechne aus:

$$\dot{V} = \frac{60}{94,7} = 6,313 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Umrechnung in Liter pro Stunde:

$$\dot{V} = 6,313 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 3600 \text{ s/h} = 2.272,61 \text{ L/h}$$

**Erklärung:** Die Ersatzpumpe hat einen **Volumenstrom von 2.272,61 L/h**, was weit über dem gewünschten Wert von 20 L/h liegt.

# Volumenstrom von Ersatzpumpen

Thermodynamik & Pumpen

Du sollst den **Volumenstrom der Ersatzpumpe** berechnen und bewerten, ob diese Pumpe als Ersatz für die defekte Pumpe PL 201 geeignet ist.

## Gegebene Informationen:

- **Volumenstrom der defekten Pumpe:** 20 L/h
- **Ersatzpumpe:** 0,1 kW Leistung
- **Geodätische Förderhöhe:** 5 m
- **Gesamtdruckverlusthöhe der Anlage:** 2,4 m
- **Überdruck im Behälter BE 200:** 0,2 bar
- **Wirkungsgrad der Pumpe:** 60 % (0,6)
- **Dichte der Kochsalzlösung:**  $\rho=1,034 \text{ kg/m}^3$

## Schritt 3: Bewertung der Eignung der Pumpe

Die Ersatzpumpe fördert einen Volumenstrom von **2.272,61 L/h**, was mehr als das **100-fache** des benötigten Volumenstroms ist. Das bedeutet, dass die Ersatzpumpe **überdimensioniert** ist.

**Erklärung:** Da der Volumenstrom der Ersatzpumpe zu hoch ist, müsste dieser stark reduziert werden, was in der Praxis durch aufwendige Modifikationen erreicht werden müsste. Daher ist die Pumpe **nicht geeignet** als Ersatz für die defekte Pumpe PL 201.



TIW GmbH ©

# THEORIEBASICS



In der Klausur ~ 15 Minuten Zeit

# Absorption

Theoriebasics

Du befindest dich mit einem Auszubildenden im dritten Ausbildungsjahr und gehst die verschiedenen Bereiche der Anlage durch. Der Azubi möchte von dir wissen, was der Unterschied zwischen **physikalischer** und **chemischer Absorption** ist – und das am Beispiel von **Chlorwasserstoff (HCl)**.

Erkläre deinem Auszubildenden anhand von **Reaktionsgleichungen** den Unterschied zwischen physikalischer und chemischer Absorption. Gehe dabei auch auf die theoretischen Hintergründe ein.

Empty rounded rectangular box for writing the answer.



In der Klausur ~ 15 Minuten Zeit

# Absorption

## Theoriebasics

Du befindest dich mit einem Auszubildenden im dritten Ausbildungsjahr und gehst die verschiedenen Bereiche der Anlage durch. Der Azubi möchte von dir wissen, was der Unterschied zwischen **physikalischer** und **chemischer Absorption** ist – und das am Beispiel von **Chlorwasserstoff (HCl)**.

Erkläre deinem Auszubildenden anhand von **Reaktionsgleichungen** den Unterschied zwischen physikalischer und chemischer Absorption. Gehe dabei auch auf die theoretischen Hintergründe ein.

Empty rounded rectangular box for writing the answer.



In der Klausur ~ 15 Minuten Zeit

# Absorption

## Theoriebasics

Du befindest dich mit einem Auszubildenden im dritten Ausbildungsjahr und gehst die verschiedenen Bereiche der Anlage durch. Der Azubi möchte von dir wissen, was der Unterschied zwischen **physikalischer** und **chemischer Absorption** ist – und das am Beispiel von **Chlorwasserstoff (HCl)**.

Erkläre deinem Auszubildenden anhand von **Reaktionsgleichungen** den Unterschied zwischen physikalischer und chemischer Absorption. Gehe dabei auch auf die theoretischen Hintergründe ein.

Empty rounded rectangular box for writing the answer.

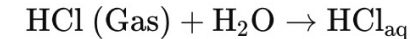
Du befindest dich mit einem Auszubildenden im dritten Ausbildungsjahr und gehst die verschiedenen Bereiche der Anlage durch. Der Azubi möchte von dir wissen, was der Unterschied zwischen **physikalischer** und **chemischer Absorption** ist – und das am Beispiel von **Chlorwasserstoff (HCl)**.

Erkläre deinem Auszubildenden anhand von **Reaktionsgleichungen** den Unterschied zwischen physikalischer und chemischer Absorption. Gehe dabei auch auf die theoretischen Hintergründe ein.

### Physikalische Absorption:

Bei der **physikalischen Absorption** wird ein Gas (in diesem Fall Chlorwasserstoff, **HCl**) in einem **Absorptionsmittel**, wie z. B. **Wasser**, physikalisch gelöst. Hierbei gibt es keine chemische Reaktion zwischen dem Gas und dem Absorptionsmittel – das Gas wird einfach im Wasser gelöst.

- **Reaktionsgleichung** (symbolisch):



Hier bedeutet das **(aq)**, dass das Gas in Wasser gelöst ist. Diese Lösung bleibt stabil, solange die äußeren Bedingungen wie Druck und Temperatur konstant sind.

- **Desorption:** Um das Gas wieder freizusetzen (Desorption), kann man die Lösung erhitzen oder den Druck absenken. Das HCl entweicht dann wieder als Gas.

**Theoretischer Hintergrund:** Bei der physikalischen Absorption handelt es sich um einen **reversiblen Prozess**. Es kommt zu **keiner chemischen Reaktion** zwischen HCl und Wasser, sondern das HCl bleibt als physikalisch gelöstes Gas im Wasser. Du kannst dir das vorstellen wie Kohlensäure in Sprudelwasser – durch Änderung des Drucks oder der Temperatur kann das Gas wieder entweichen.

Du befindest dich mit einem Auszubildenden im dritten Ausbildungsjahr und gehst die verschiedenen Bereiche der Anlage durch. Der Azubi möchte von dir wissen, was der Unterschied zwischen **physikalischer** und **chemischer Absorption** ist – und das am Beispiel von **Chlorwasserstoff (HCl)**.

Erkläre deinem Auszubildenden anhand von **Reaktionsgleichungen** den Unterschied zwischen physikalischer und chemischer Absorption. Gehe dabei auch auf die theoretischen Hintergründe ein.

### Chemische Absorption:

Bei der **chemischen Absorption** reagiert das Gas (HCl) hingegen **chemisch** mit dem Absorptionsmittel, zum Beispiel **Natriumhydroxid (NaOH)**, und bildet eine **neue chemische Verbindung**. Diese Reaktion ist **irreversibel** – das bedeutet, das Gas kann nicht einfach durch Erhitzen oder Druckabsenkung wieder freigesetzt werden, da es in eine andere Verbindung umgewandelt wurde.

- **Reaktionsgleichung:**



In diesem Fall entsteht **Natriumchlorid (Kochsalz)** und Wasser. Hierbei handelt es sich um eine **chemische Reaktion**, bei der das Gas (HCl) chemisch an das Absorptionsmittel (NaOH) gebunden wird.

**Theoretischer Hintergrund:** Bei der chemischen Absorption kommt es zu einer **irreversiblen chemischen Reaktion** zwischen dem Gas und dem Absorptionsmittel. Das Gas kann nicht einfach wieder freigesetzt werden, da es in einer neuen Verbindung vorliegt (hier: Natriumchlorid). Dieser Prozess ist bei der Entfernung von Gasen sehr effektiv, wenn du sicherstellen möchtest, dass das Gas dauerhaft gebunden bleibt.

Du befindest dich mit einem Auszubildenden im dritten Ausbildungsjahr und gehst die verschiedenen Bereiche der Anlage durch. Der Azubi möchte von dir wissen, was der Unterschied zwischen **physikalischer** und **chemischer Absorption** ist – und das am Beispiel von **Chlorwasserstoff (HCl)**. Erkläre deinem Auszubildenden anhand von **Reaktionsgleichungen** den Unterschied zwischen physikalischer und chemischer Absorption. Gehe dabei auch auf die theoretischen Hintergründe ein.

## Zusammenfassung der Unterschiede:

### 1. Physikalische Absorption:

- Das Gas wird **physikalisch** im Absorptionsmittel (Wasser) **gelöst**.
- Der Prozess ist **reversibel**: Das Gas kann durch Erwärmung oder Druckabsenkung wieder freigesetzt werden.

### 2. Chemische Absorption:

- Das Gas reagiert **chemisch** mit dem Absorptionsmittel (NaOH) und wird in eine **neue chemische Verbindung** umgewandelt (hier NaCl und H<sub>2</sub>O).
- Der Prozess ist **irreversibel**: Das Gas kann nicht durch Erwärmen oder Druckänderung wieder freigesetzt werden.



In der Klausur ~ 20 Minuten Zeit

# Substitution

Theoriebasics

In einer betrieblichen Schulung erklärst du deinen Auszubildenden das Thema

## **Substitution von Rohstoffen.**

- a. Beschreibe, was man unter der Substitution in diesem Zusammenhang versteht, und nenne zwei Gründe, warum Stoffe substituiert werden.
- b. Nenne vier stoffbezogene Größen, die für die Entscheidung, ob ein Stoff substituiert werden soll, relevant sind.



In der Klausur ~ 20 Minuten Zeit

# Substitution

Theoriebasics

In einer betrieblichen Schulung erklärst du deinen Auszubildenden das Thema

## **Substitution von Rohstoffen.**

- a. Beschreibe, was man unter der Substitution in diesem Zusammenhang versteht, und nenne zwei Gründe, warum Stoffe substituiert werden.
- b. Nenne vier stoffbezogene Größen, die für die Entscheidung, ob ein Stoff substituiert werden soll, relevant sind.





In der Klausur ~ 20 Minuten Zeit

# Substitution

Theoriebasics

In einer betrieblichen Schulung erklärst du deinen Auszubildenden das Thema

## **Substitution von Rohstoffen.**

- a. Beschreibe, was man unter der Substitution in diesem Zusammenhang versteht, und nenne zwei Gründe, warum Stoffe substituiert werden.
- b. Nenne vier stoffbezogene Größen, die für die Entscheidung, ob ein Stoff substituiert werden soll, relevant sind.





In der Klausur ~ 20 Minuten Zeit

# Substitution

Theoriebasics

In einer betrieblichen Schulung erklärst du deinen Auszubildenden das Thema

## **Substitution von Rohstoffen.**

- a. Beschreibe, was man unter der Substitution in diesem Zusammenhang versteht, und nenne zwei Gründe, warum Stoffe substituiert werden.
- b. Nenne vier stoffbezogene Größen, die für die Entscheidung, ob ein Stoff substituiert werden soll, relevant sind.



In einer betrieblichen Schulung erklärst du deinen Auszubildenden das Thema **Substitution von Rohstoffen**.

a. **Beschreibe, was man unter der Substitution in diesem Zusammenhang versteht, und nenne zwei Gründe, warum Stoffe substituiert werden.**

b. Nenne vier stoffbezogene Größen, die für die Entscheidung, ob ein Stoff substituiert werden soll, relevant sind.

**Substitution** bedeutet in diesem Zusammenhang den **Austausch eines Rohstoffs** durch einen anderen, der eine **vergleichbare Funktion** erfüllt. Dies kann aus verschiedenen Gründen notwendig sein.

Gründe für die Substitution könnten sein:

- **Gefahrstoffe minimieren:** Ein Rohstoff mit hohem **Gefahrenpotenzial** wird durch einen sichereren Stoff ersetzt, um die **Sicherheit** zu erhöhen.
- **Kosten senken:** Ein teurer Rohstoff wird durch einen günstigeren Stoff ersetzt, um die **Produktionskosten** zu reduzieren.
- **Verfügbarkeit:** Ein Rohstoff ist nur schwer zu beschaffen. Daher wird er durch einen Stoff ersetzt, der **leichter verfügbar** ist.
- **Gesetzliche Vorgaben:** Manchmal gibt es **gesetzliche Anforderungen**, die den Einsatz bestimmter Stoffe verbieten, sodass ein Ersatz notwendig wird.

**Erläuterung:** Substitution ist also eine Maßnahme, die häufig aus wirtschaftlichen, sicherheitsbezogenen oder rechtlichen Gründen vorgenommen wird. Ziel ist es immer, einen **vergleichbaren** oder sogar **besseren** Rohstoff für den Produktionsprozess zu finden.

In einer betrieblichen Schulung erklärst du deinen Auszubildenden das Thema

## **Substitution von Rohstoffen.**

- a. Beschreibe, was man unter der Substitution in diesem Zusammenhang versteht, und nenne zwei Gründe, warum Stoffe substituiert werden.
- b. Nenne vier stoffbezogene Größen, die für die Entscheidung, ob ein Stoff substituiert werden soll, relevant sind.**

Um zu entscheiden, ob ein Stoff durch einen anderen ersetzt werden soll, sind bestimmte **stoffbezogene Eigenschaften** entscheidend.

Hier sind **vier wichtige Größen**, die berücksichtigt werden sollten:

1. **LD<sub>50</sub>-Wert (Toxizität):** Der LD<sub>50</sub>-Wert gibt an, bei welcher Dosis ein Stoff für 50 % der Testorganismen tödlich ist. Ein niedriger LD<sub>50</sub>-Wert weist auf eine hohe **Toxizität** hin.
2. **Flammpunkt:** Der Flammpunkt gibt die **niedrigste Temperatur** an, bei der ein Stoff entflammt. Stoffe mit niedrigem Flammpunkt sind **brandgefährlicher**.
3. **Zündtemperatur:** Diese Temperatur gibt an, bei welcher Temperatur ein Stoff **selbstständig** zu brennen beginnt. Je niedriger die Zündtemperatur, desto **gefährlicher** ist der Stoff.
4. **Dampfdruck (Flüchtigkeit):** Der Dampfdruck beschreibt, wie leicht ein Stoff **verdampft**. Ein hoher Dampfdruck bedeutet, dass der Stoff bei niedrigen Temperaturen in die Gasphase übergeht und möglicherweise **inhalationsgefährlich** ist.
5. **Wassergefährdungsklasse:** Diese Klasse gibt an, wie stark ein Stoff das **Wasser** und die **Umwelt** gefährdet, falls er ins Grundwasser gelangt.



In der Klausur ~ 20 Minuten Zeit

# Kunststoffchemie

Theoriebasics

Du möchtest einem Auszubildenden das Prinzip der **radikalischen Polymerisation** erklären, und zwar am Beispiel von **1,1-Difluorethen**.

Dabei sollen die Schritte der **Startreaktion**, des **Kettenwachstums** und des **Abbruchs** in **Strukturformelschreibweise** beschrieben werden. Als **Startmolekül** wird das allgemeine Radikal **R•** eingesetzt, und als **Stoppermolekül** dient das allgemeine Molekül **St•**.

Empty rounded rectangular box for drawing or writing the chemical reaction steps.



In der Klausur ~ 20 Minuten Zeit

# Kunststoffchemie

Theoriebasics

Du möchtest einem Auszubildenden das Prinzip der **radikalischen Polymerisation** erklären, und zwar am Beispiel von **1,1-Difluorethen**.

Dabei sollen die Schritte der **Startreaktion**, des **Kettenwachstums** und des **Abbruchs** in **Strukturformelschreibweise** beschrieben werden. Als **Startmolekül** wird das allgemeine Radikal **R•** eingesetzt, und als **Stoppermolekül** dient das allgemeine Molekül **St•**.

Empty rounded rectangular box for drawing or writing the chemical reaction steps.



In der Klausur ~ 20 Minuten Zeit

# Kunststoffchemie

Theoriebasics

Du möchtest einem Auszubildenden das Prinzip der **radikalischen Polymerisation** erklären, und zwar am Beispiel von **1,1-Difluorethen**.

Dabei sollen die Schritte der **Startreaktion**, des **Kettenwachstums** und des **Abbruchs** in **Strukturformelschreibweise** beschrieben werden. Als **Startmolekül** wird das allgemeine Radikal **R•** eingesetzt, und als **Stoppermolekül** dient das allgemeine Molekül **St•**.



In der Klausur ~ 20 Minuten Zeit

# Kunststoffchemie

Theoriebasics

Du möchtest einem Auszubildenden das Prinzip der **radikalischen Polymerisation** erklären, und zwar am Beispiel von **1,1-Difluorethen**.

Dabei sollen die Schritte der **Startreaktion**, des **Kettenwachstums** und des **Abbruchs** in **Strukturformelschreibweise** beschrieben werden. Als **Startmolekül** wird das allgemeine Radikal **R•** eingesetzt, und als **Stoppermolekül** dient das allgemeine Molekül **St•**.

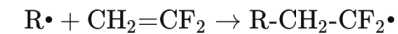
Empty rounded rectangular box for drawing or writing the chemical reaction steps.

Du möchtest einem Auszubildenden das Prinzip der **radikalischen Polymerisation** erklären, und zwar am Beispiel von **1,1-Difluorethen**.

Dabei sollen die Schritte der **Startreaktion**, des **Kettenwachstums** und des **Abbruchs** in **Strukturformelschreibweise** beschrieben werden. Als **Startmolekül** wird das allgemeine Radikal **R•** eingesetzt, und als **Stoppermolekül** dient das allgemeine Molekül **St•**.

### 1. Startreaktion (Initiation)

- In der **Startreaktion** wird das Startmolekül (Radikal **R•**) erzeugt, das den Polymerisationsprozess einleitet. Ein **Radikal** ist ein Molekül mit einem ungepaarten Elektron und daher extrem reaktionsfreudig. Dieses Radikal greift die **C=C-Doppelbindung** des **1,1-Difluorethen**-Monomers an.
- Die Doppelbindung des Monomers wird aufgebrochen, und das **R•** bindet sich an ein Kohlenstoffatom, während das ungepaarte Elektron auf das andere Kohlenstoffatom übergeht, wodurch ein neues **Radikal** entsteht.



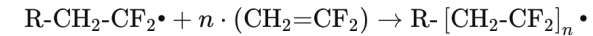
**Erklärung:** In der **Startreaktion** reagiert das Startmolekül (**R•**) mit dem Monomer 1,1-Difluorethen, indem es die **C=C-Doppelbindung** aufbricht und ein neues Radikal erzeugt. Dieses neue Radikal kann jetzt mit weiteren Monomeren reagieren, was den Polymerisationsprozess in Gang setzt.

Du möchtest einem Auszubildenden das Prinzip der **radikalischen Polymerisation** erklären, und zwar am Beispiel von **1,1-Difluorethen**.

Dabei sollen die Schritte der **Startreaktion**, des **Kettenwachstums** und des **Abbruchs** in **Strukturformelschreibweise** beschrieben werden. Als **Startmolekül** wird das allgemeine Radikal **R•** eingesetzt, und als **Stoppermolekül** dient das allgemeine Molekül **St•**.

## 2. Kettenwachstum (Propagation)

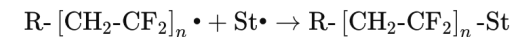
- Das Radikal, das in der Startreaktion gebildet wurde, reagiert nun mit weiteren Monomeren von **1,1-Difluorethen**. Das Radikal greift erneut die C=C-Doppelbindung des nächsten Monomers an und bricht sie auf. Dabei wird das Monomer in die Kette eingebaut, und es entsteht ein neues Kettenend-Radikal.



**Erklärung:** Im **Kettenwachstum** erfolgt die Reaktion zwischen dem Radikal und den Monomeren kontinuierlich. Jedes Mal, wenn ein Monomer in die wachsende Kette eingebaut wird, entsteht ein neues Radikal am Kettenende. Dieser Schritt kann sich theoretisch unbegrenzt wiederholen, solange neue Monomere vorhanden sind.

## 3. Abbruchreaktion (Termination)

- Der Polymerisationsprozess wird durch die **Abbruchreaktion** gestoppt. Dabei reagiert das Kettenend-Radikal mit einem **Stoppermolekül (St•)**. Das ungepaarte Elektron des Kettenend-Radikals verbindet sich mit dem des Stoppers, und es entsteht ein stabiles Molekül ohne Radikal am Ende der Kette. Dadurch wird die Polymerisation gestoppt.

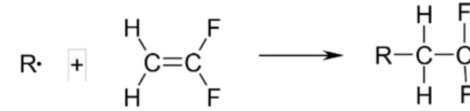


**Erklärung:** Die Abbruchreaktion sorgt dafür, dass der Polymerisationsprozess beendet wird. Hierbei reagieren zwei Radikale miteinander, wodurch keine weiteren Monomere in die Kette eingebaut werden können. In diesem Beispiel beendet das **Stoppermolekül (St•)** die Kette.

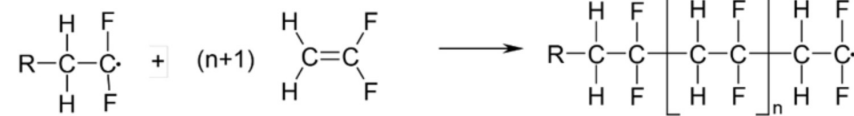
Du möchtest einem Auszubildenden das Prinzip der **radikalischen Polymerisation** erklären, und zwar am Beispiel von **1,1-Difluorethen**.

Dabei sollen die Schritte der **Startreaktion**, des **Kettenwachstums** und des **Abbruchs** in **Strukturformelschreibweise** beschrieben werden. Als **Startmolekül** wird das allgemeine Radikal **R•** eingesetzt, und als **Stoppermolekül** dient das allgemeine Molekül **St•**.

Start: (mit R• als Initiator)



Kettenwachstum:



Abbruch: (mit St• als Stopper)

