

# KLAUSURAUFGABE ZUM REINKOMMEN

Wunsch

Du sollst die verfahrenstechnischen Anlagen und Einflussgrößen ordnen, die du für die Auslegung (Dimensionierung) einer Produktionsanlage benötigst, nachdem ein Verfahren vom Labormaßstab in die Produktion überführt werden muss.

$$\underline{Q} = m \cdot c \cdot \underline{\Delta T} + m \cdot \underline{h_v}$$

Verfahrenstechnische Anlage und Einflussgrößen	Erforderliche Größen für die Auslegung (Dimensionierung)
<b>Beispiel:</b> Material des Reaktionsbehälters	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Reaktionstemperatur</li> <li>■ Arbeitsdruck</li> <li>■ pH-Wert des Reaktionsmediums</li> </ul>
Größe des Reaktionsbehälters	- geplante Kapazität - Dichte des Mediums - Scale-Up-Faktor
Wärmeaustauschfläche	- mittlere Temperaturdifferenz - Wärmemenge - Wand- und Schichtdicke
erforderlicher Heizdampfbedarf	- Temperaturdifferenz - erforderliche Wärmemenge - Wirkungsgrad/Wärmeverlust
erforderliche Pumpenleistung	- geometrische Förderhöhe - Viskosität - Druckverlust in den Rohrleitungen

- Temperaturänderung

- Kühlmedium  
 - Länge der Rohre  
 - Materialauswahl

- Wert des Heizmediums

- Druck in Behältern  
 - Dichte des Fördermediums  
 - Wirkungsgrad

# KLAUSURAUFGABE ZUM REINKOMMEN

Wunsch

Du sollst die verfahrenstechnischen Anlagen und Einflussgrößen ordnen, die du für die Auslegung (Dimensionierung) einer Produktionsanlage benötigst, nachdem ein Verfahren vom Labormaßstab in die Produktion überführt werden muss.

Verfahrenstechnische Anlage und Einflussgrößen	Erforderliche Größen für die Auslegung (Dimensionierung)
<b>Beispiel:</b> Material des Reaktionsbehälters	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Reaktionstemperatur</li> <li>■ Arbeitsdruck</li> <li>■ pH-Wert des Reaktionsmediums</li> </ul>
Größe des Reaktionsbehälters	
Wärmeaustauschfläche	
erforderlicher Heizdampfbedarf	
erforderliche Pumpenleistung	

Verfahrenstechnische Anlage und Einflussgrößen	Erforderliche Größen für die Auslegung (Dimensionierung)
<b>Beispiel:</b> Material des Reaktionsbehälters	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Reaktionstemperatur</li> <li>■ Arbeitsdruck</li> <li>■ pH-Wert des Reaktionsmediums</li> </ul>
Größe des Reaktionsbehälters	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Scale-up-Faktor</li> <li>■ geplante Kapazität</li> <li>■ Ausdehnungskoeffizient der Flüssigkeit</li> <li>■ mögliche Temperaturänderung</li> <li>■ Dichte der Flüssigkeit</li> </ul>
Wärmeaustauschfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Wärmestrom</li> <li>■ abzuführende Wärmeenergie oder Verweilzeit</li> <li>■ Wärmeübergangskoeffizient</li> <li>■ mittlere Temperaturdifferenz</li> <li>■ Wand- und Schichtdicke</li> </ul>
erforderlicher Heizdampfbedarf (Heizdampfmenge)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ erforderliche Wärmeenergie</li> <li>■ Temperaturen/Temperaturdifferenzen</li> <li>■ spezifische Wärmekapazitäten</li> <li>■ spezifische Verdampfungs- oder Schmelzwärme</li> <li>■ Wärmeverlust</li> </ul>
erforderliche Pumpenleistung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ geodätische Förderhöhe</li> <li>■ Druckverlust in der Rohrleitung</li> <li>■ Druck in den beteiligten Behältern</li> <li>■ Viskosität des Fördermediums</li> <li>■ Dichte des Fördermediums</li> </ul>

$$NPSHA \geq NPSHR + 0,5m$$



Der **NPSHA**-Wert (Net Positive Suction Head Available) ist der in einem konkreten System verfügbare Druck, den die Pumpe für eine störungsfreie Förderung benötigt. Der **NPSHA** wird berechnet durch:

$$NPSHA = h_{zu} + p_{amb} - h_{Dampf} - h_{Verluste}$$

S. 230

$$NPSHA = z_{A1} + \frac{p_{A1} + p_{amb} - p_v}{\rho \cdot g} - H_{SA1}$$

**$h_{zu}$** : Geodätische Förderhöhe, also die Differenz zwischen Flüssigkeitsniveau und Pumpeneintritt.

**$p_{amb}$** : Atmosphärischer Druck, abhängig von der Höhenlage (auf Meereshöhe ca. 1013 hPa).

**$h_{Dampf}$** : Dampfdruck der geförderten Flüssigkeit, abhängig von der Temperatur.

**$h_{Verluste}$** : Druckverluste in der Saugleitung, bedingt durch Reibung und Fittings.

### Vergleich mit dem NPSHR-Wert der Pumpe

Um sicherzustellen, dass die Pumpe störungsfrei läuft, muss der NPSHA größer oder gleich dem NPSHR der Pumpe sein. Der NPSHR ist der vom Pumpenhersteller vorgegebene Mindestdruck, der auf der Saugseite erforderlich ist, damit keine Kavitation entsteht. Wenn der NPSHA unter dem NPSHR liegt, besteht die Gefahr, dass sich in der Pumpe Dampfblasen bilden, was zu Beschädigungen führen kann.

Beim Design einer Pumpenanlage ist es daher essenziell, den **NPSHA** zu berechnen und sicherzustellen, dass er ausreichend über dem **NPSHR** liegt. Sollte der NPSHA zu niedrig sein, können Maßnahmen wie die Reduzierung von Druckverlusten in der Saugleitung oder die Senkung der Pumpenhöhe ergriffen werden, um die Betriebssicherheit zu gewährleisten.

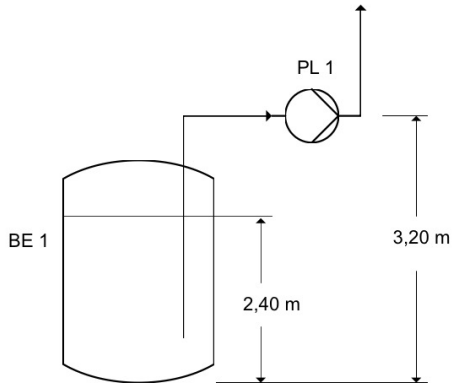
## Aufgabe 5

Mögliche Punktzahl: 20

Aus dem unten abgebildeten geschlossenen Behälter BE 1 mit einem Überdruck  $p_{A1}$  von 0,5 bar soll Wasser mit der Kreiselpumpe PL 1 abgepumpt werden. Der Füllstand beträgt 2,40 m. Die Dichte des Wassers beträgt  $1 \text{ g/cm}^3$ . Die Druckverlusthöhe in der Saugleitung liegt bei 2 m. Der Atmosphärendruck beträgt 1.013 mbar.

Aus dem Datenblatt des Pumpenherstellers ist ersichtlich, dass der  $NPSH_R$ -Wert für den vorgesehenen Volumenstrom und der gegebenen Drehzahl 12 m entspricht.

Ermitteln Sie mithilfe des Dampfdruckdiagramms in Anlage 2 die maximale Temperatur des Wassers, wenn die Anlage kavitationsfrei arbeiten soll.



$$z_{A1} = 3,20 - 2,40 = 0,8 \text{ m}$$

$$NPSH_A \geq NPSH_R + 0,5 \text{ m}$$

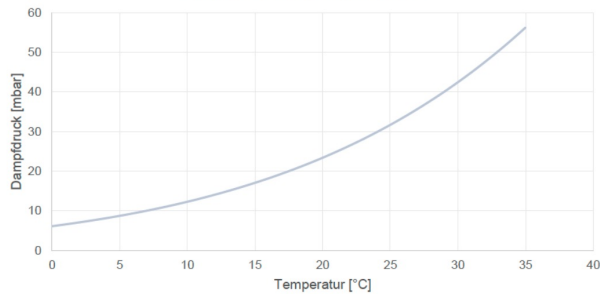
$$NPSH_A = -z_{A1} + \frac{p_{A1} + p_{\text{Amb}} - p_v}{\rho \cdot g} - H_{3A1}$$

1. Bestimmung  $NPSH_A$  - Wert

$$NPSH_A \geq 12 \text{ m} + 0,5 \text{ m}$$

$$NPSH_A = 12,5 \text{ m}$$

Dampfdruckdiagramm Wasser



# NPSH-Wert

Wunsch

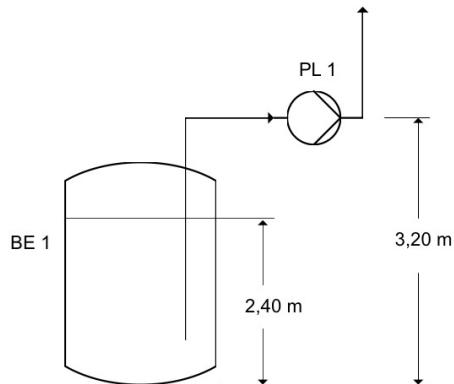
## Aufgabe 5

Mögliche Punktzahl: 20

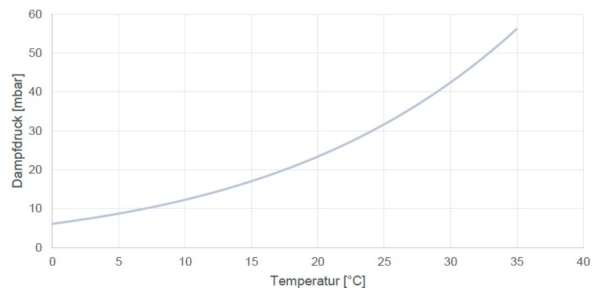
Aus dem unten abgebildeten geschlossenen Behälter BE 1 mit einem Überdruck  $p_{A1}$  von 0,5 bar soll Wasser mit der Kreiselpumpe PL 1 abgepumpt werden. Der Füllstand beträgt 2,40 m. Die Dichte des Wassers beträgt  $1 \text{ g/cm}^3$ . Die Druckverlusthöhe in der Saugleitung liegt bei 2 m. Der Atmosphärendruck beträgt 1.013 mbar.

Aus dem Datenblatt des Pumpenherstellers ist ersichtlich, dass der  $NPSH_R$ -Wert für den vorgesehenen Volumenstrom und der gegebenen Drehzahl 12 m entspricht.

Ermitteln Sie mithilfe des Dampfdruckdiagramms in Anlage 2 die maximale Temperatur des Wassers, wenn die Anlage kavitationsfrei arbeiten soll.



Dampfdruckdiagramm Wasser



$$NPSHA = \frac{p_{A1} + p_{Amb} - p_v}{\rho \cdot g} - H_{ZA1} \quad | + z_{A1} | + H_{ZA1}$$

$$NPSHA + z_{A1} + H_{ZA1} = \frac{p_{A1} + p_{Amb} - p_v}{\rho \cdot g} \quad | \cdot \rho \cdot g$$

$$\rightarrow (NPSHA + z_{A1} + H_{ZA1}) \cdot \rho \cdot g = p_{A1} + p_{Amb} - p_v \quad | + p_v$$

$$p_v + (NPSHA + z_{A1} + H_{ZA1}) \cdot \rho \cdot g < p_{A1} + p_{Amb} \quad | - (NPSHA \dots$$

$$p_v = p_{A1} + p_{Amb} - (NPSHA + z_{A1} + H_{ZA1}) \cdot \rho \cdot g$$

# NPSH-Wert

Wunsch

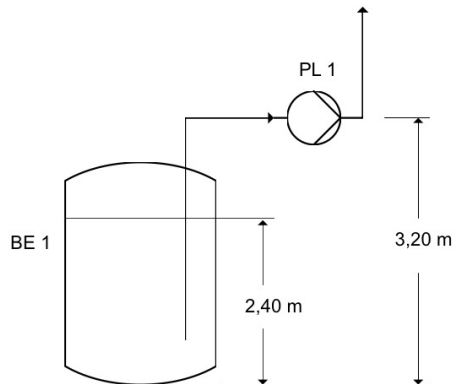
## Aufgabe 5

Mögliche Punktzahl: 20

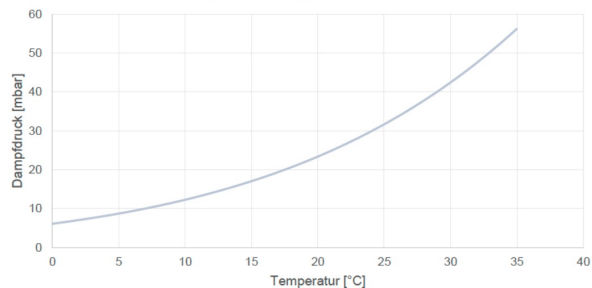
Aus dem unten abgebildeten geschlossenen Behälter BE 1 mit einem Überdruck  $p_{A1}$  von 0,5 bar soll Wasser mit der Kreiselpumpe PL 1 abgepumpt werden. Der Füllstand beträgt 2,40 m. Die Dichte des Wassers beträgt  $1 \text{ g/cm}^3$ . Die Druckverlusthöhe in der Saugleitung liegt bei 2 m. Der Atmosphärendruck beträgt 1.013 mbar.

Aus dem Datenblatt des Pumpenherstellers ist ersichtlich, dass der  $NPSH_R$ -Wert für den vorgesehenen Volumenstrom und der gegebenen Drehzahl 12 m entspricht.

Ermitteln Sie mithilfe des Dampfdruckdiagramms in Anlage 2 die maximale Temperatur des Wassers, wenn die Anlage kavitationsfrei arbeiten soll.



Dampfdruckdiagramm Wasser



$$NPSHA = \frac{-z_{A1} + \frac{p_{A1} + p_{amb} - p_v}{\rho \cdot g} - H_{ZA1}}{1 + z_{A1} + H_{ZA1}}$$

$$NPSHA + z_{A1} + H_{ZA1} = \frac{p_{A1} + p_{amb} - p_v}{\rho \cdot g}$$

$$\rightarrow (NPSHA + z_{A1} + H_{ZA1}) \cdot \rho \cdot g = p_{A1} + p_{amb} - p_v$$

$$(NPSHA + z_{A1} + H_{ZA1}) \cdot \rho \cdot g - p_{A1} - p_{amb} = -p_v$$

$$-(NPSHA + z_{A1} + H_{ZA1}) \cdot \rho \cdot g + p_{A1} + p_{amb} = p_v$$

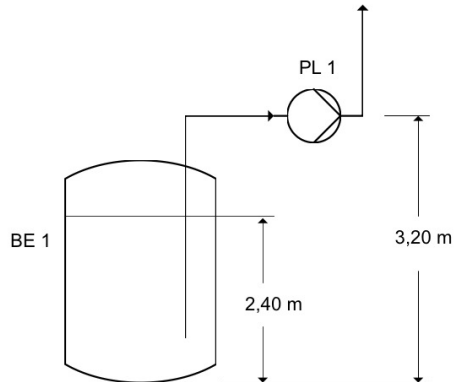
## Aufgabe 5

Mögliche Punktzahl: 20

Aus dem unten abgebildeten geschlossenen Behälter BE 1 mit einem Überdruck  $p_{A1}$  von 0,5 bar soll Wasser mit der Kreiselpumpe PL 1 abgepumpt werden. Der Füllstand beträgt 2,40 m. Die Dichte des Wassers beträgt  $1 \text{ g/cm}^3$ . Die Druckverlusthöhe in der Saugleitung liegt bei 2 m. Der Atmosphärendruck beträgt 1.013 mbar.

Aus dem Datenblatt des Pumpenherstellers ist ersichtlich, dass der  $NPSH_R$ -Wert für den vorgesehenen Volumenstrom und der gegebenen Drehzahl 12 m entspricht.

Ermitteln Sie mithilfe des Dampfdruckdiagramms in Anlage 2 die maximale Temperatur des Wassers, wenn die Anlage kavitationsfrei arbeiten soll.



$$p_{A1} = 0,5 \text{ bar} = 50.000 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{atm}} = 1,013 \text{ bar} = 101.300 \text{ Pa}$$

$$NPSH_A = 12,5 \text{ m}$$

$$z_{A1} = 0,8 \text{ m}$$

$$H_{zA1} = 2 \text{ m}$$

$$\rho = 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$p_v = p_{A1} + p_{\text{atm}} - (NPSH_A + z_{A1} + H_{zA1}) \cdot \rho \cdot g$$

$$= 50.000 \text{ Pa} + 101.300 \text{ Pa} - (12,5 + 0,8 \text{ m} + 2 \text{ m}) \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

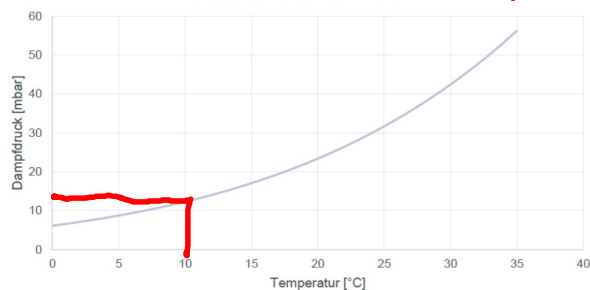
$$p_v = 1207 \text{ Pa} = 0,01207 \text{ bar} = 12,07 \text{ mbar}$$

Aus Dampfdruckdiagramm Temperatur

$$12,07 \text{ mbar} \approx 10^\circ \text{C}$$

Die maximale Temperatur des Wassers, wenn die Anlage kavitationsfrei arbeiten soll beträgt  $10^\circ \text{C}$ .

Dampfdruckdiagramm Wasser



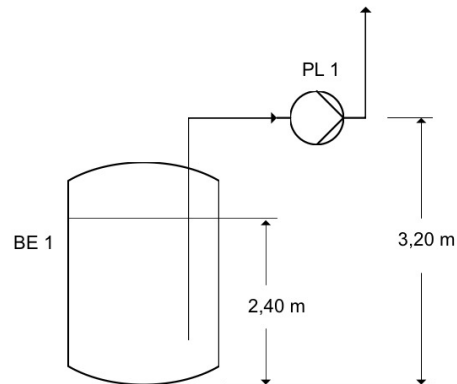
## Aufgabe 5

Mögliche Punktzahl: 20

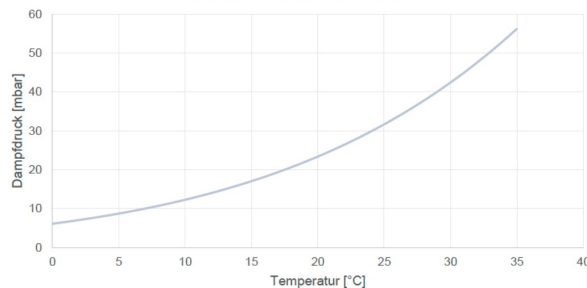
Aus dem unten abgebildeten geschlossenen Behälter BE 1 mit einem Überdruck  $p_{A1}$  von 0,5 bar soll Wasser mit der Kreiselpumpe PL 1 abgepumpt werden. Der Füllstand beträgt 2,40 m. Die Dichte des Wassers beträgt  $1 \text{ g/cm}^3$ . Die Druckverlusthöhe in der Saugleitung liegt bei 2 m. Der Atmosphärendruck beträgt 1.013 mbar.

Aus dem Datenblatt des Pumpenherstellers ist ersichtlich, dass der  $NPSH_R$ -Wert für den vorgesehenen Volumenstrom und der gegebenen Drehzahl 12 m entspricht.

**Ermitteln Sie mithilfe des Dampfdruckdiagramms in Anlage 2 die maximale Temperatur des Wassers, wenn die Anlage kavitationsfrei arbeiten soll.**



Dampfdruckdiagramm Wasser



## Lösungshinweise Aufgabe 5

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 3. a)]

Mögliche Punktzahl: 20

Für den störungsfreien Betrieb einer Pumpe muss die unten stehende Bedingung erfüllt sein:

$$NPSH_A \geq NPSH_R + 0,5 \text{ m.}$$

$NPSH_R$  erhält man aus den Daten der Aufgabe: 12 m.

$$NPSH_A \geq 12 \text{ m} + 0,5 \text{ m} = 12,5 \text{ m}$$

Um die Temperatur des Wassers bestimmen zu können, muss der Dampfdruck des Wassers ermittelt werden:

$$NPSH_A = -z_{A1} + \frac{p_{A1} + p_{\text{amb}} - p_v}{\rho \cdot g} - H_{JA1}$$

$z_{A1}$  aus Skizze: 0,8 m

$$NPSH_A + z_{A1} + H_{JA1} = \frac{p_{A1} + p_{\text{amb}} - p_v}{\rho \cdot g}$$

$$(NPSH_A + z_{A1} + H_{JA1}) \cdot \rho \cdot g = p_{A1} + p_{\text{amb}} - p_v$$

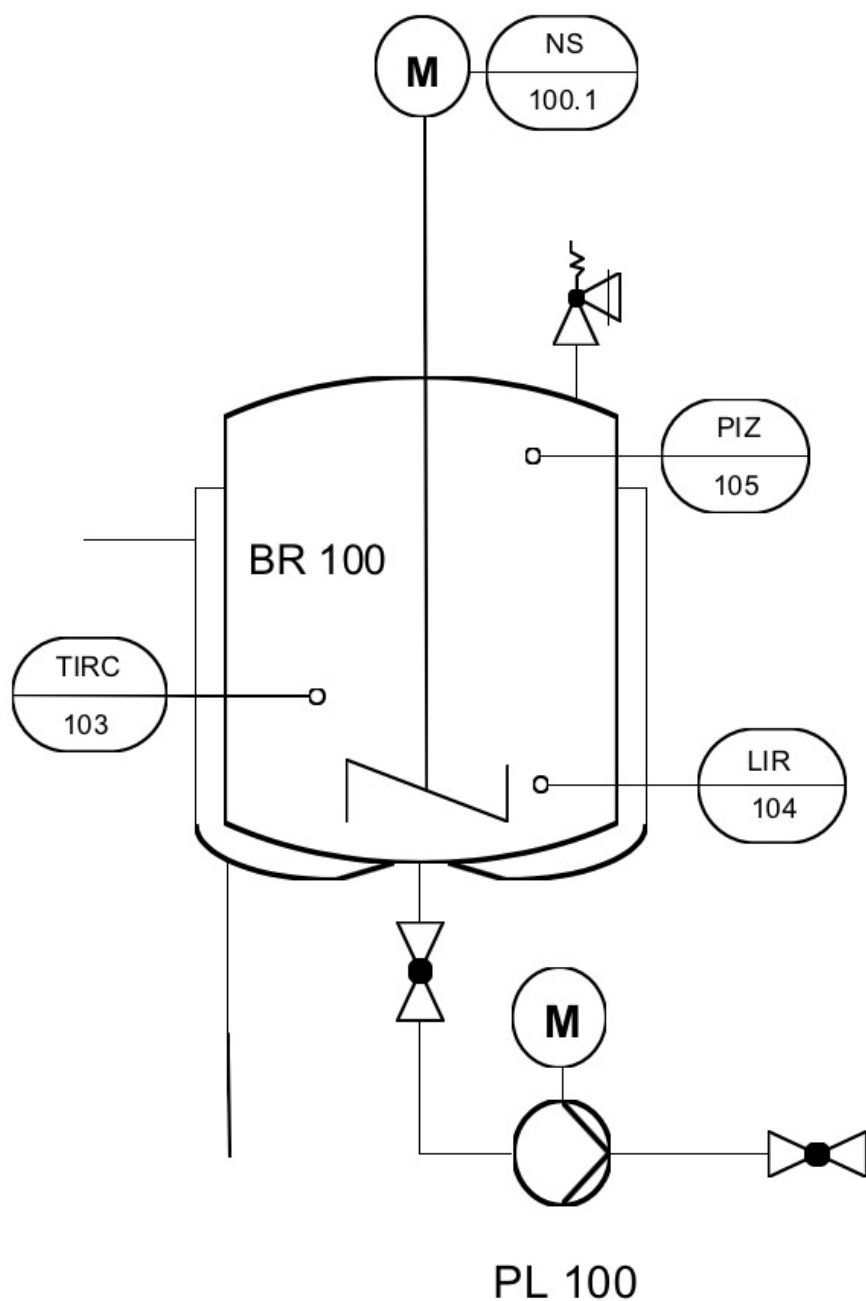
$$p_v = p_{A1} + p_{\text{amb}} - (NPSH_A + z_{A1} + H_{JA1}) \cdot \rho \cdot g$$

$$p_v = 50.000 \text{ Pa} + 101.300 \text{ Pa} - (12,5 \text{ m} + 0,8 \text{ m} + 2 \text{ m}) \cdot 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.207 \text{ Pa}$$

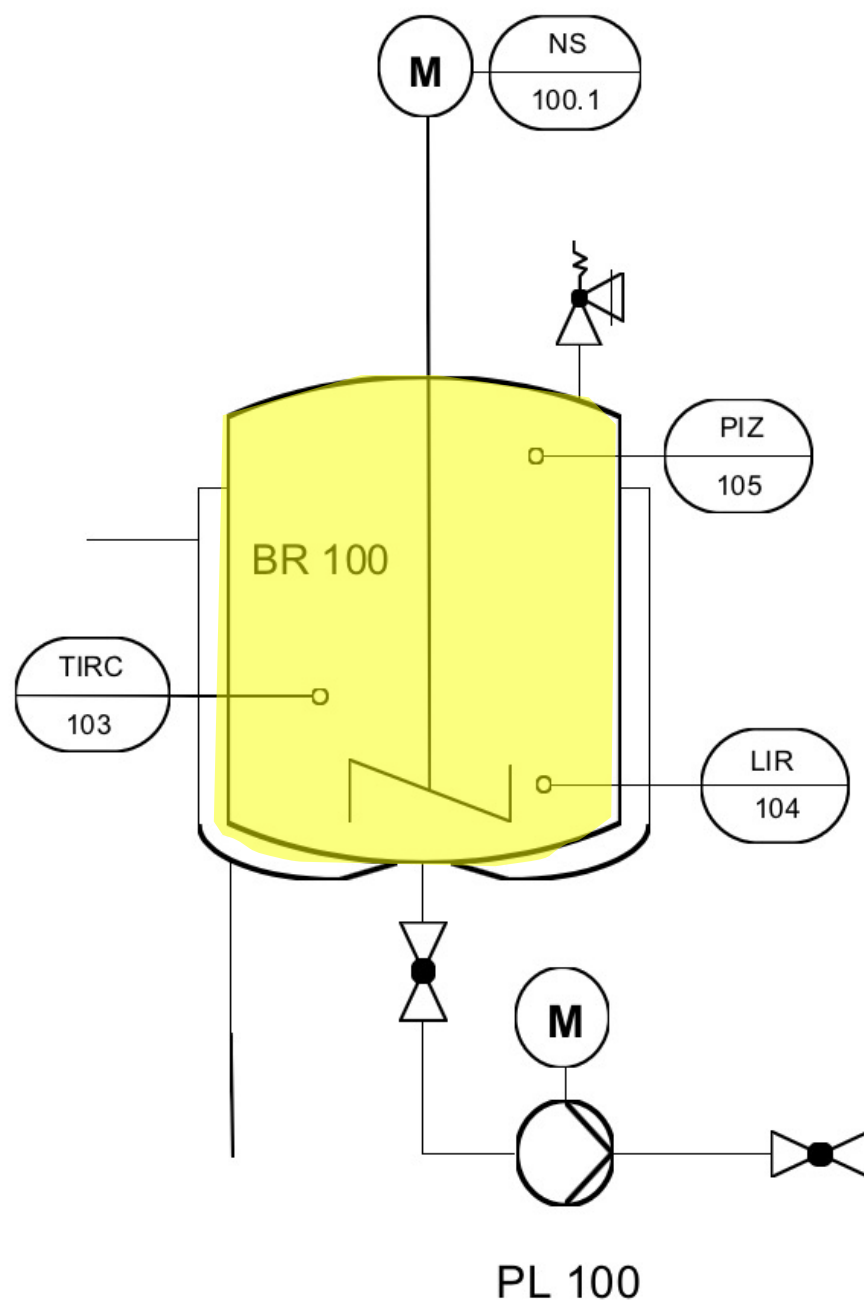
$$p_v = 0,01207 \text{ bar}$$

aus Dampfdrucktabelle 0,012 bar  $\Rightarrow$  10 °C

Die Temperatur des Wassers darf nicht höher als 10 °C liegen.



In der Prüfung müsst ihr so ein Fließschema beschreiben und optimieren können – genau das machen wir jetzt.



### BR 100 - Reaktor

- Der Reaktor ist der zentrale Punkt dieses Systems. In ihm findet der eigentliche Prozess statt, sei es eine chemische Reaktion, das Erhitzen oder das Kühlen der Stoffe.
- Im Fließschema ist der Reaktor als zylindrisches Gefäß dargestellt, umgeben von Anschlüssen für verschiedene Leitungen.

### Reaktorarten

- **Batchreaktor (diskontinuierlich)**: In einem Batchreaktor werden alle Rohstoffe zu Beginn in den Reaktor eingebracht, und die Reaktion läuft ab, bis sie abgeschlossen ist. Danach wird der Reaktor entleert und für die nächste Charge vorbereitet. Dieser Betrieb wird auch als Satz- oder Chargenbetrieb bezeichnet.
- **Kontinuierlicher Reaktor (Fließbetrieb)**: In einem kontinuierlichen Reaktor werden die Edukte kontinuierlich zugeführt, und die Produkte kontinuierlich entnommen. Dieser Reaktortyp ist besonders effizient für großtechnische Anwendungen.
- **Halbkontinuierlicher Reaktor (Semibatch)**: Hier werden einige Reaktanten kontinuierlich zugeführt, während andere in einer Charge vorgelegt werden. Dieser Reaktor eignet sich besonders für Reaktionen mit hohem Wärmeumsatz oder gasförmigen Produkten.

**Temperaturführung**: Reaktoren können isotherm, adiabatisch oder polytrop betrieben werden:

- **Isotherm**: Die Temperatur bleibt während des gesamten Prozesses konstant. Die durch die Reaktion freigesetzte Wärme wird abgeführt.
- **Adiabatisch**: Hier findet kein Wärmeaustausch mit der Umgebung statt. Die Temperatur kann ansteigen oder abfallen, abhängig von der Reaktion.
- **Polytrop**: Es wird zwar Wärme abgeführt, aber die Temperatur variiert an verschiedenen Orten im Reaktor.

**Druckführung**: Viele Reaktoren arbeiten unter erhöhtem Druck, um die Reaktionsgeschwindigkeit zu steigern. Insbesondere bei Gasreaktionen ist dies häufig der Fall.

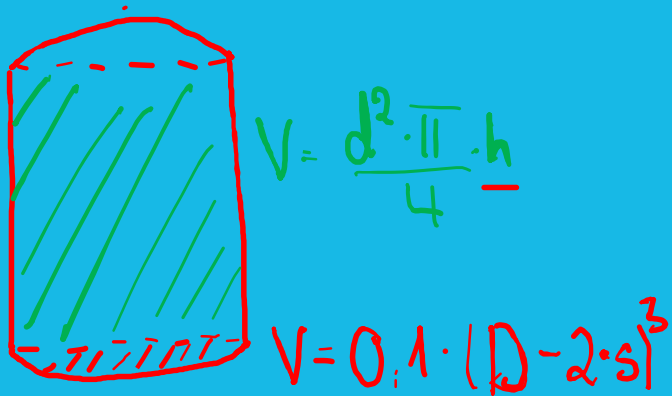
- **Rührkesselreaktor (CSTR):** Ein kontinuierlich durchmischter Tankreaktor sorgt für gleichmäßige Bedingungen innerhalb des Reaktors. Er eignet sich gut für flüssig-flüssige oder gas-flüssige Reaktionen.
- **Rohrreaktoren:** Hier werden die Reaktanden durch ein langes Rohr geführt, oft in Kombination mit einem Katalysator, um die Reaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen.
- **Festbettreaktor:** In einem Festbettreaktor strömt das Reaktionsgas durch eine feste Schüttung, die als Katalysator dient. Dieser Reaktor wird häufig bei katalytischen Reaktionen verwendet.
- **Wirbelschichtreaktor:** Bei diesem Reaktor wird ein Feststoff (z. B. ein Katalysator) durch ein Gasfluid in Schwebезustand gehalten, um eine intensive Durchmischung und eine hohe Reaktionsrate zu erreichen.

### Klassiker für die Klausur....

**Vorteile:** Durch die Wahl des geeigneten Reaktortyps kann die Reaktionsgeschwindigkeit optimiert und die Produktqualität verbessert werden. Kontinuierliche Reaktoren bieten in der Regel eine höhere Effizienz für großtechnische Anwendungen.

**Herausforderungen:** Die Temperatur- und Druckkontrolle ist entscheidend, um unerwünschte Nebenprodukte zu vermeiden und die Sicherheit zu gewährleisten, insbesondere bei exothermen Reaktionen.

In einer Abwasserreinigungsanlage muss bei einer Störung die ankommende Abwassermenge in einem Sammelbehälter zwischengelagert werden. Die Masse beträgt  $m=250 \text{ kg/h}$  und die Dichte des Abwassers ist  $\rho=1.420 \text{ kg/m}^3$ . Der Behälter hat einen Außendurchmesser von 1,35 m, eine Wandstärke von 2 mm und einen normkonformen Klörperboden. Berechne die Standhöhe im zylindrischen Teil des Behälters, wenn das Volumen für 24 Stunden aufgenommen werden soll.



S.45

1. Aufgenommenes Gesamtvolumen

$$m_{\text{ges}} = 250 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 24 \text{ h} = 6.000 \text{ kg}$$

$$V_{\text{ges}} = \frac{m}{\rho} = \frac{6.000 \text{ kg}}{1.420 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 4,2254 \text{ m}^3$$

2. Volumen Klörperboden

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

$$V_{\text{KB}} = 0,2439 \text{ m}^3$$

In einer Abwasserreinigungsanlage muss bei einer Störung die ankommende Abwassermenge in einem Sammelbehälter zwischengelagert werden. Die Masse beträgt  $m=250 \text{ kg/h}$  und die Dichte des Abwassers ist  $\rho=1.420 \text{ kg/m}^3$ . Der Behälter hat einen Außendurchmesser von  $1,35 \text{ m}$ , eine Wandstärke von  $2 \text{ mm}$  und einen normkonformen Klöpperboden. Berechne die Standhöhe im zylindrischen Teil des Behälters, wenn das Volumen für  $24$  Stunden aufgenommen werden soll.

$$D = 1,35$$

$$d = 1,35 \text{ m} - 2 \cdot 0,002 \text{ m} = 1,346 \text{ m}$$

3. Volumen Zylinder

$$V_z = V_{\text{ges}} - V_{\text{KB}} = 4,2254 \text{ m}^3 - 0,2439 \text{ m}^3 \\ = 3,9815 \text{ m}^3$$

4. Standhöhe im zylindrischen Teil

$$V_z = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot h$$

$$\rightarrow h = \frac{V_z \cdot 4}{d^2 \cdot \pi} = \frac{3,9815 \text{ m}^3 \cdot 4}{(1,346 \text{ m})^2 \cdot \pi} = 2,798 \text{ m}$$

In einer Abwasserreinigungsanlage muss bei einer Störung die ankommende Abwassermenge in einem Sammelbehälter zwischengelagert werden. Die Masse beträgt  $m=250 \text{ kg/h}$  und die Dichte des Abwassers ist  $\rho=1.420 \text{ kg/m}^3$ . Der Behälter hat einen Außendurchmesser von  $1,35 \text{ m}$ , eine Wandstärke von  $2 \text{ mm}$  und einen normkonformen Klöpperboden. Berechne die Standhöhe im zylindrischen Teil des Behälters, wenn das Volumen für  $24$  Stunden aufgenommen werden soll.

### Lösungshinweise Aufgabe 5

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 3. a)]

**Mögliche Punktzahl: 16**

Tagesvolumen:

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

Volumen Klöpperboden:

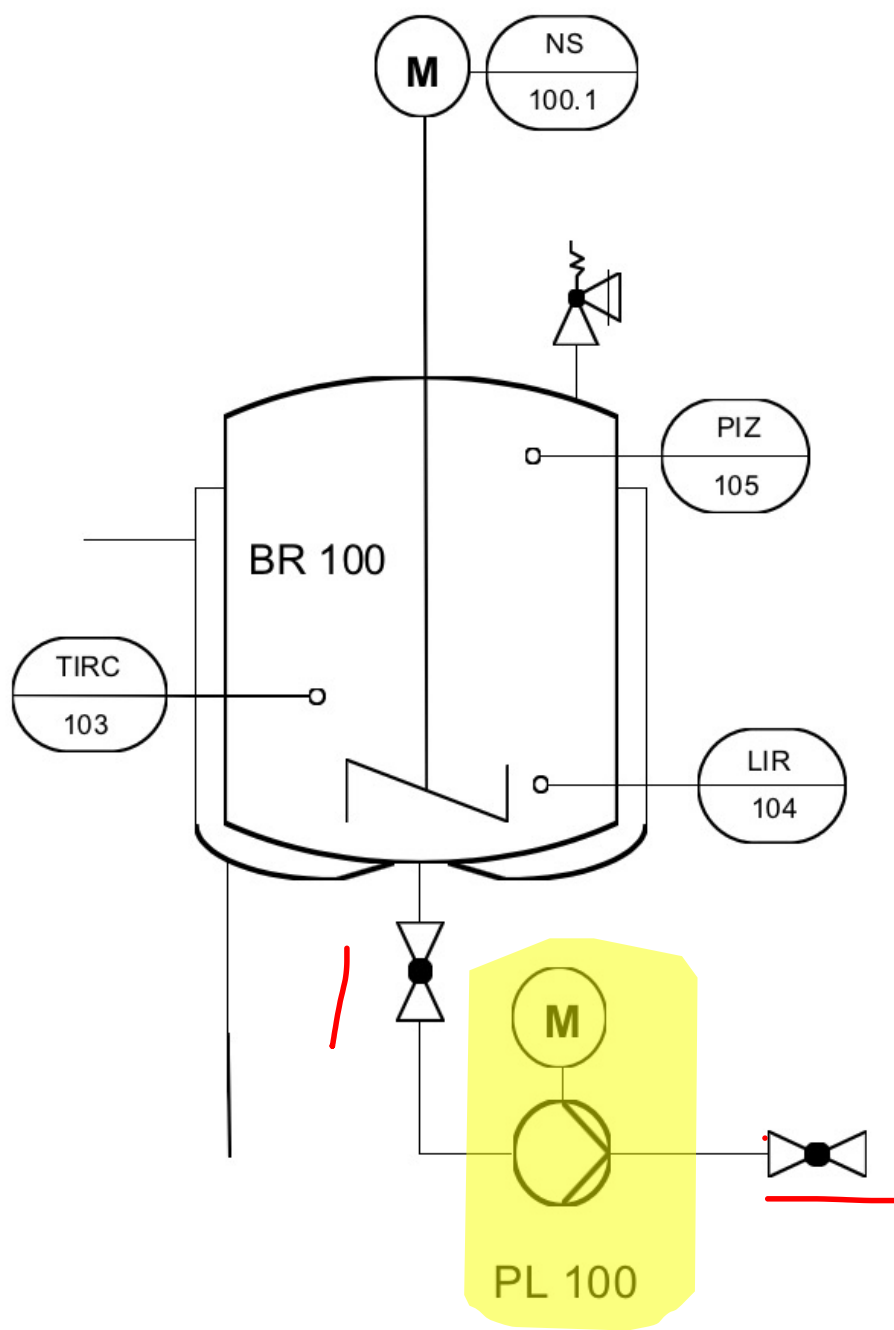
$$V = 0,1 \cdot (D - 2 \cdot s)^3 \Rightarrow V = 0,1 \cdot (1,35 \text{ m} - 2 \cdot 0,002 \text{ m})^3 \Rightarrow V = 0,244 \text{ m}^3$$

Volumen Zylinder:

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

Standhöhe im Zylinder:

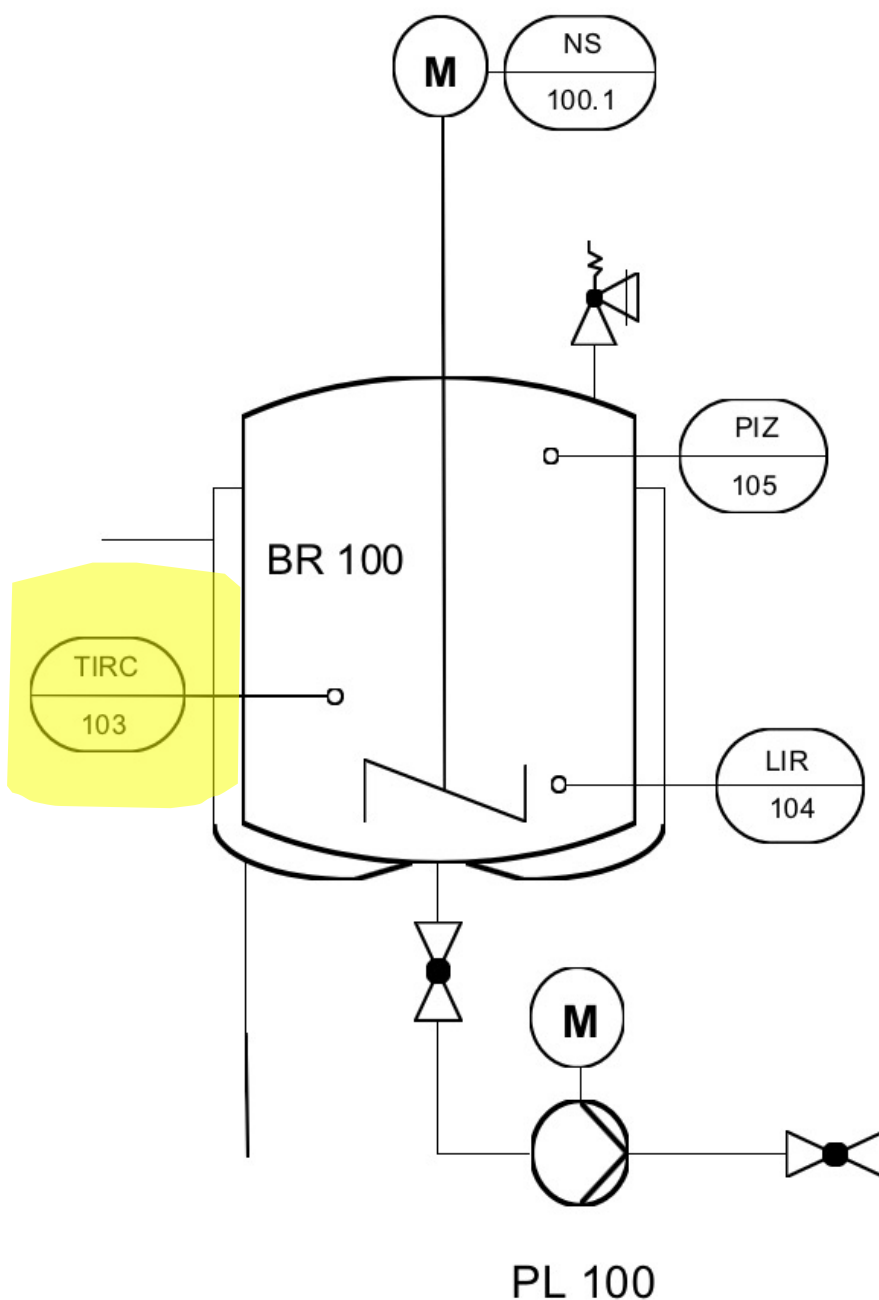
$$h = \frac{4 \cdot V}{d^2 \cdot \pi} \rightarrow h = \frac{4 \cdot 3,9814 \text{ m}^3}{(1,346 \text{ m})^2 \cdot \pi} = 2,798 \text{ m}$$



## PL 100 - Pumpe

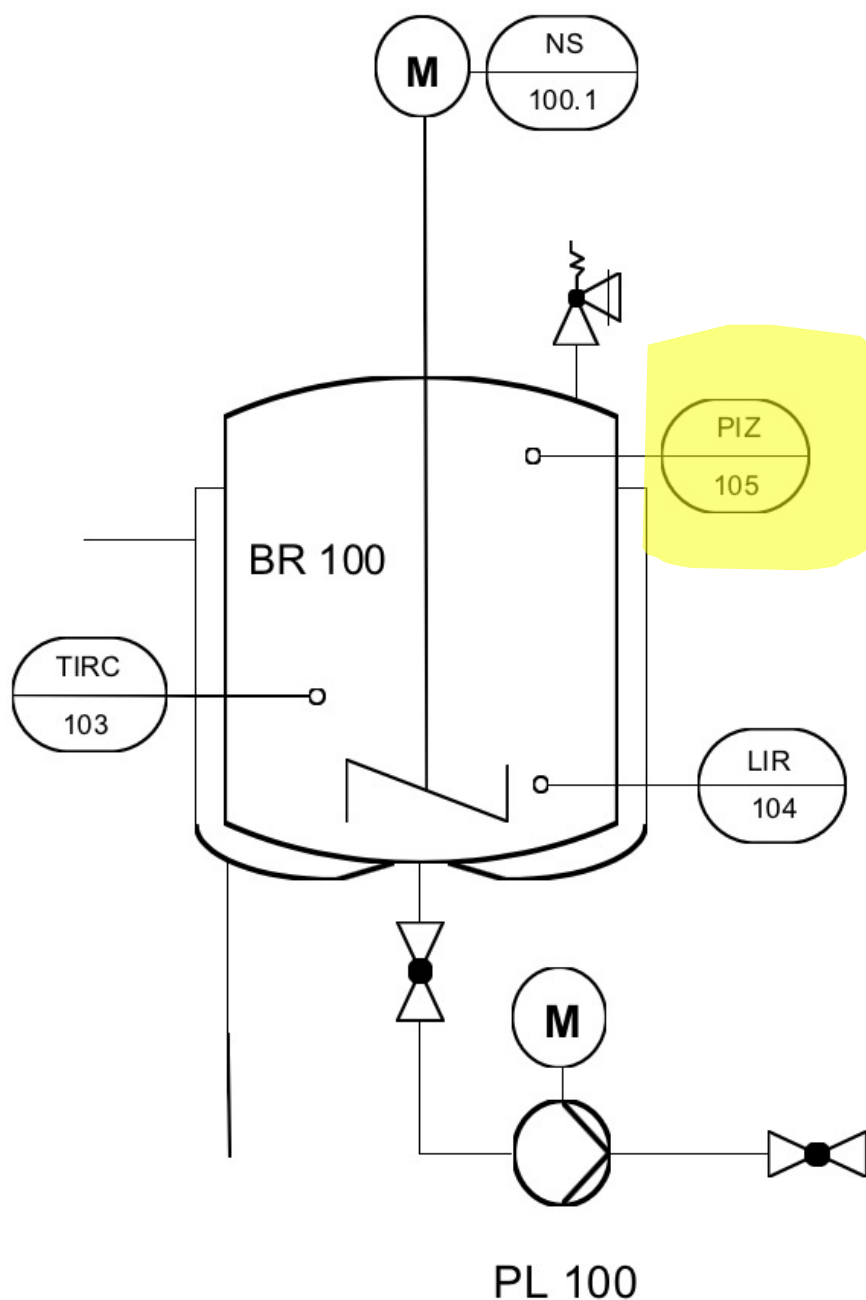
- Die Pumpe sorgt für die Förderung der Flüssigkeiten im System, zum Beispiel um das Reaktionsgemisch zu bewegen oder abzuführen.
- Sie kann Flüssigkeiten durch die Leitungen drücken, um sie von einem Teil des Systems zum anderen zu transportieren.

S. 381 A.



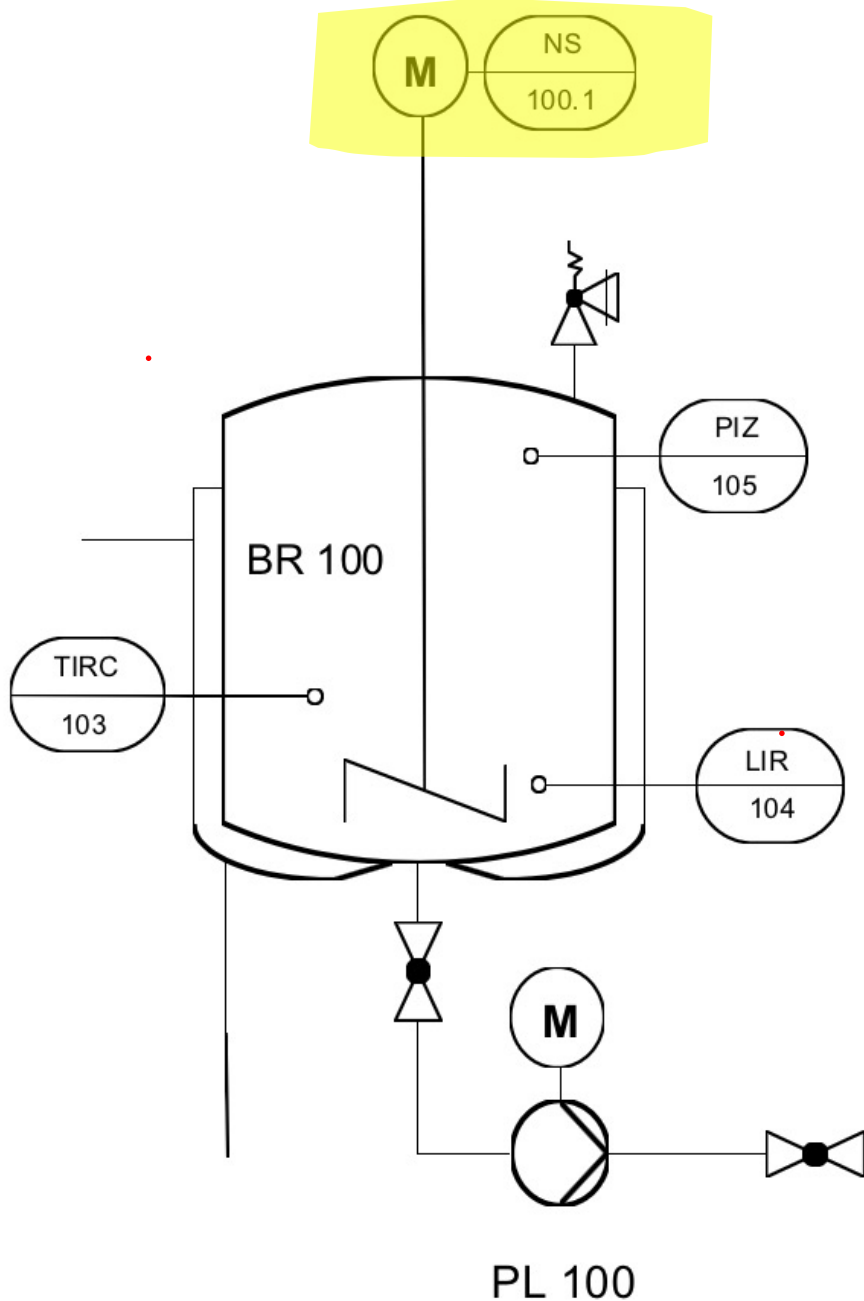
## TIRC 103 - Temperaturregelung

- Dieses Symbol steht für einen **Temperaturregler**. Er überwacht die Temperatur im Reaktor und sorgt dafür, dass sie innerhalb eines bestimmten Bereichs bleibt.
- Der Temperaturregler ist wichtig, weil viele chemische Prozesse stark von der Temperatur abhängen. Zu hohe oder zu niedrige Temperaturen können die Reaktion beeinflussen oder die Produktqualität mindern.

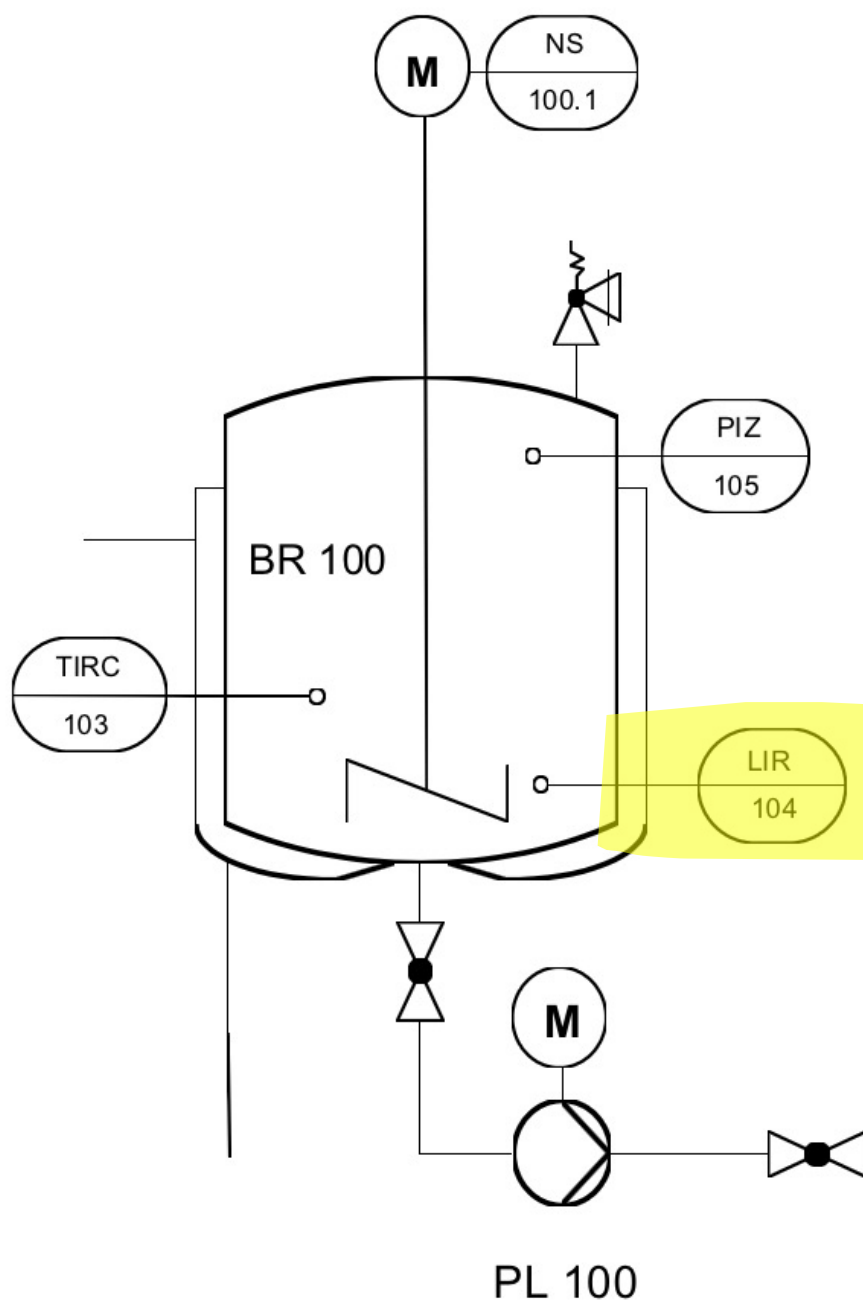


### PIZ 105 - Druckregelung

- Hier handelt es sich um einen **Druckregler**. Er sorgt dafür, dass der Druck im Reaktor auf einem sicheren Niveau gehalten wird.
- Besonders bei Prozessen mit hohen Temperaturen und Gasen ist der Druck ein kritischer Faktor. Der Regler stellt sicher, dass es zu keinen Überdruck-Situationen kommt.



Der Mischer im Inneren des Reaktors sorgt dafür, dass die Flüssigkeiten oder Feststoffe gleichmäßig verteilt und durchmischt werden. Dies ist wichtig, um eine gleichmäßige Reaktion zu gewährleisten. Er verhindert, dass sich verschiedene Schichten im Reaktor bilden, die die Reaktion behindern könnten.



## LIR 104 - Füllstandsanzeige

- Dies ist ein **Füllstandssensor**, der anzeigt, wie viel Material sich im Reaktor befindet.
- Wenn der Reaktor zu voll oder zu leer ist, kann dies problematisch werden. Der Sensor hilft, den Prozess zu überwachen und sicherzustellen, dass immer die richtige Menge an Material vorhanden ist.

# Rührbehälter

## Prozesskomponenten

Ein Rührbehälter besteht in der Regel aus folgenden Komponenten:

**1.Behälter:** Ein zylindrisches Gefäß, in dem die zu mischenden Materialien enthalten sind. Es kann aus verschiedenen Materialien bestehen, je nach den chemischen und thermischen Anforderungen (z. B. Edelstahl, Glas, Kunststoff).

**2.Rührwerk:** Ein mechanisches Rührorgan, das an einem Motor hängt, sorgt für die Durchmischung der Substanzen. Häufige Typen sind Propeller-, Ankerrührer oder Paddelrührer, je nach Anwendungsfall.

**3.Motor oder Antrieb:** Dieser treibt das Rührwerk an, um die Flüssigkeiten oder Feststoffe in Bewegung zu bringen.

**4.Heizung/Kühlung:** Oft ist ein Mantel um den Rührbehälter angebracht, um das Innere zu heizen oder zu kühlen und so den Prozess zu steuern (z. B. bei exothermen oder endothermen Reaktionen).

### Wie funktioniert's?

Der Rührbehälter hat die Aufgabe, eine homogene Mischung im Behälter zu erzeugen. Die wichtigsten Prozesse sind:

**Durchmischen:** Feststoffe oder Flüssigkeiten werden gleichmäßig verteilt.

**Wärmeübertragung:** Die Bewegung der Flüssigkeit hilft dabei, Wärme gleichmäßig zu verteilen oder von der Außenwand aufzunehmen.

**Reaktion:** Bei chemischen Reaktionen sorgt das Rührwerk dafür, dass die Reaktanten gut miteinander in Kontakt kommen und keine Schichtungen entstehen.

# Klausuraufgabe – Rührer

Prozesskomponenten

Nenne drei Größen, von denen die Leistungsaufnahme eines Rührantriebs abhängt.

Beschreibe und begründe, wie deren Veränderung die Leistungsaufnahme beeinflusst.

→ Drehzahl / Rührgeschwindigkeit

→ Viskosität des Mediums

→ Dichte des Mediums

→ Durchmesser des Rührorgans

# Klausuraufgabe – Rührer

## Prozesskomponenten

Nenne drei Größen, von denen die Leistungsaufnahme eines Rührantriebs abhängt.

Beschreibe und begründe, wie deren Veränderung die Leistungsaufnahme beeinflusst.

**Rührgeschwindigkeit:**

Je schneller der Rührer sich dreht, desto größer ist der Strömungswiderstand. Das bedeutet, dass der Antrieb mehr Leistung braucht, um die gleiche Bewegung zu erhalten. Also: Höhere Drehzahl = mehr Leistung.

**Durchmesser des Rührorgans:**

Ein größerer Durchmesser sorgt dafür, dass ein größeres Drehmoment nötig ist, was ebenfalls die Leistungsaufnahme erhöht. Das heißt: Größeres Rührorgan = mehr erforderliche Leistung.

**Dichte des Mediums:**

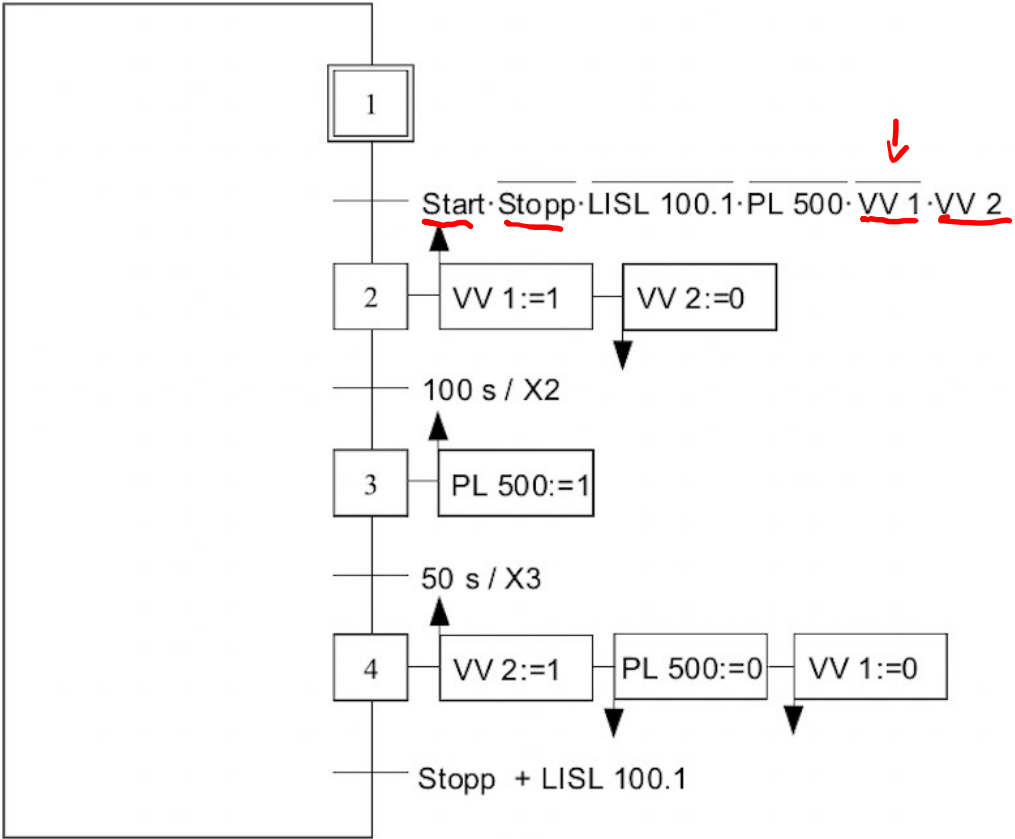
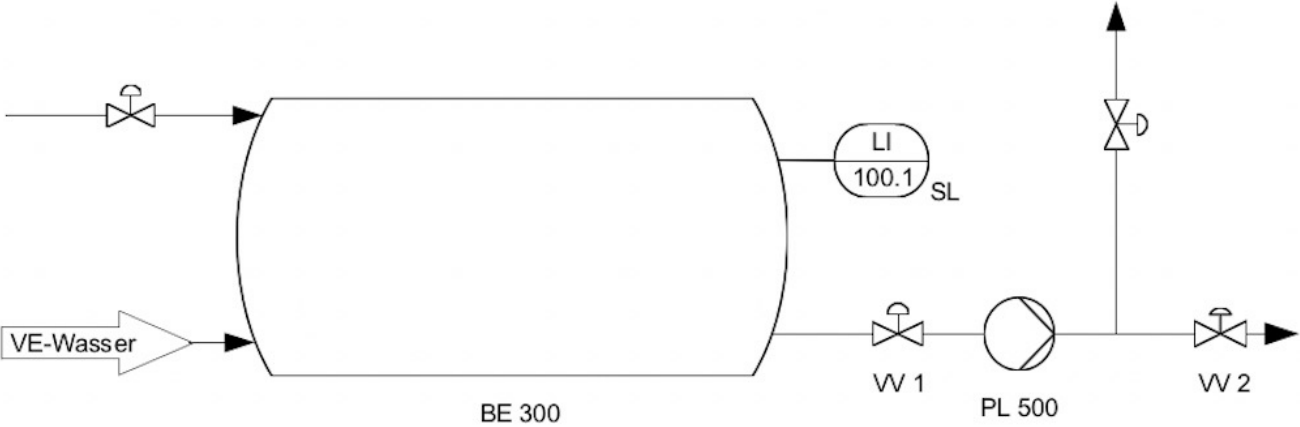
Bei einem Medium mit höherer Dichte (also einer höheren Masse) muss mehr Kraft aufgewendet werden, um es zu bewegen. Das führt zu einer höheren Leistungsaufnahme. Mehr Dichte = höhere Leistungsanforderung.

**Viskosität des Mediums:**

Je zähflüssiger das Medium, desto größer sind die inneren Reibungskräfte (Kohäsionskräfte), die überwunden werden müssen. Ein hochviskoses Medium benötigt deshalb mehr Leistung zum Rühren. Zähflüssigeres Medium = höhere Leistungsaufnahme.

# Fließschema

Prozesskomponenten

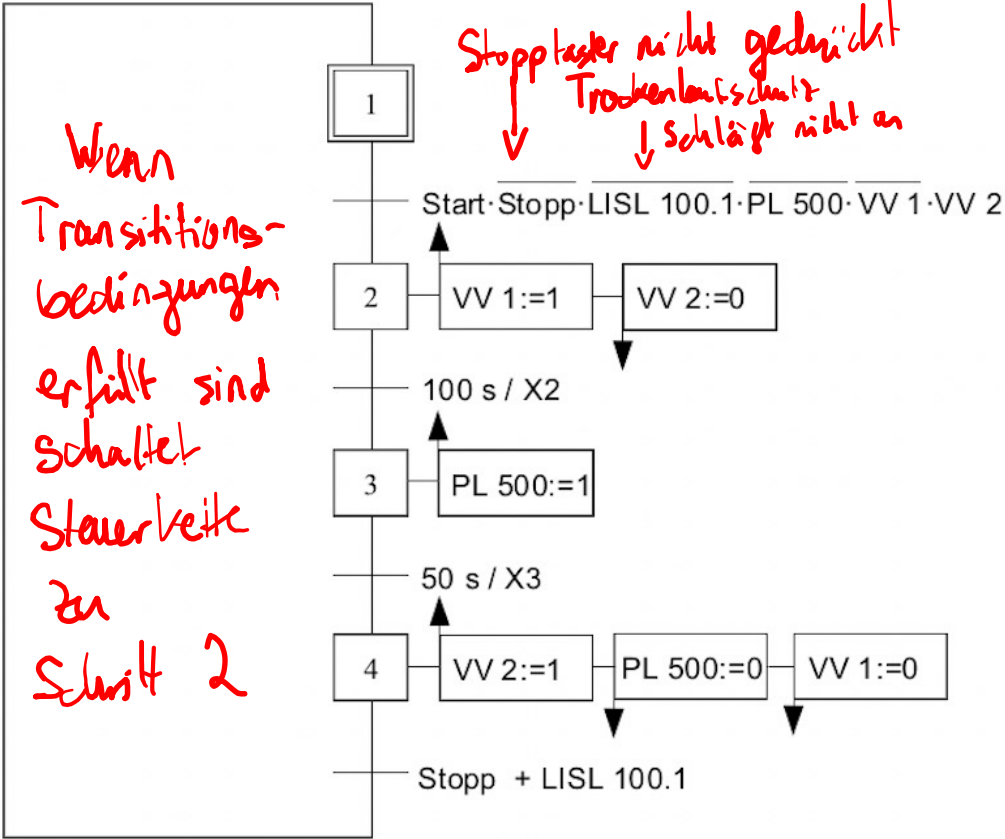
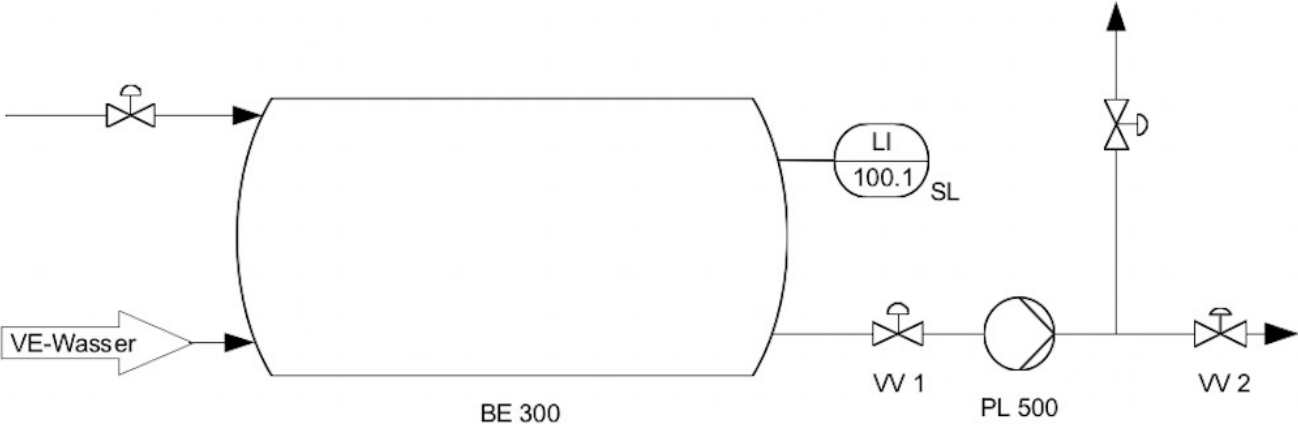


Und was geht jetzt hier ab?

S. 391 ff.

# Fließschema

Prozesskomponenten

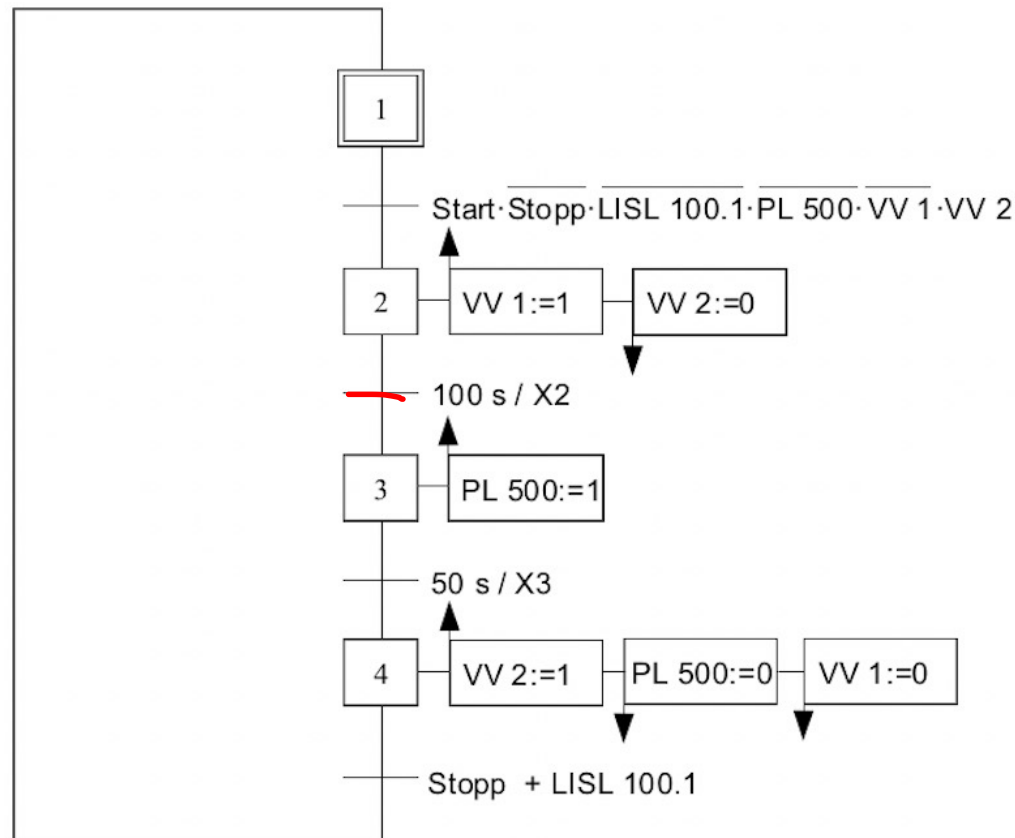
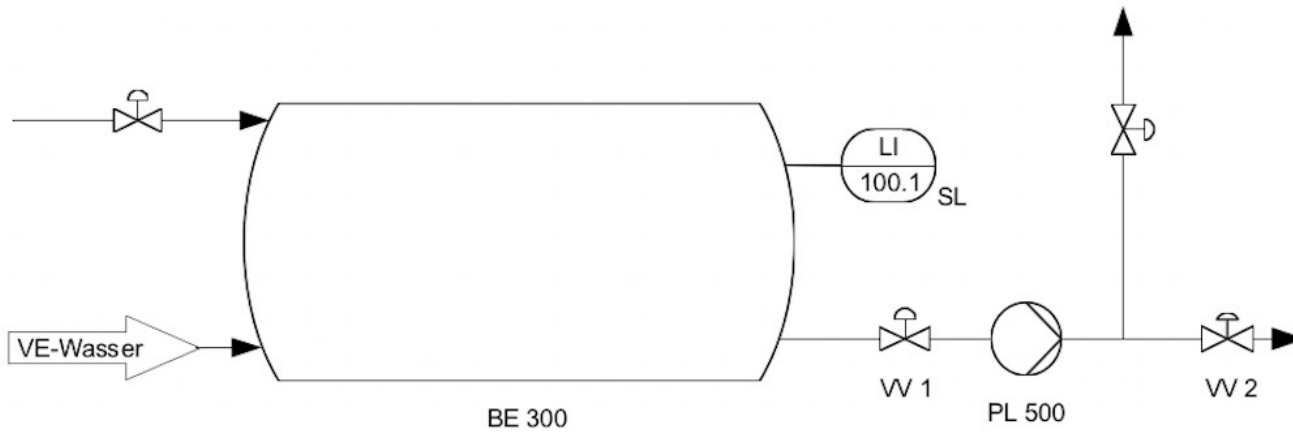


## Und was geht jetzt hier ab?

**Bedingungen:** Zu Beginn müssen bestimmte Startbedingungen erfüllt sein, bevor der Prozess losgeht:

- Die **Pumpe PL 500** darf nicht laufen.
- **Saugventil VV-1** muss geschlossen sein.
- **Druckentlastungsventil VV-2** muss geöffnet sein
- Es muss genügend Flüssigkeit im Behälter **BE 300** sein, also darf der **Trockenlaufschutz LSL 100.1** nicht ansprechen. Dieser überwacht, dass die Pumpe nicht ohne Flüssigkeit startet (Trockenlauf).

**Erklärung:** Die Startbedingungen sind wichtig, um sicherzustellen, dass das System nicht im Fehlerzustand beginnt, z. B. dass die Pumpe nicht trockenläuft oder ein Ventil versehentlich offen ist.



## Und was geht jetzt hier ab?

**Ablauf:** Nachdem die Startbedingungen erfüllt sind, wird die Pumpe **PL 500** gestartet.

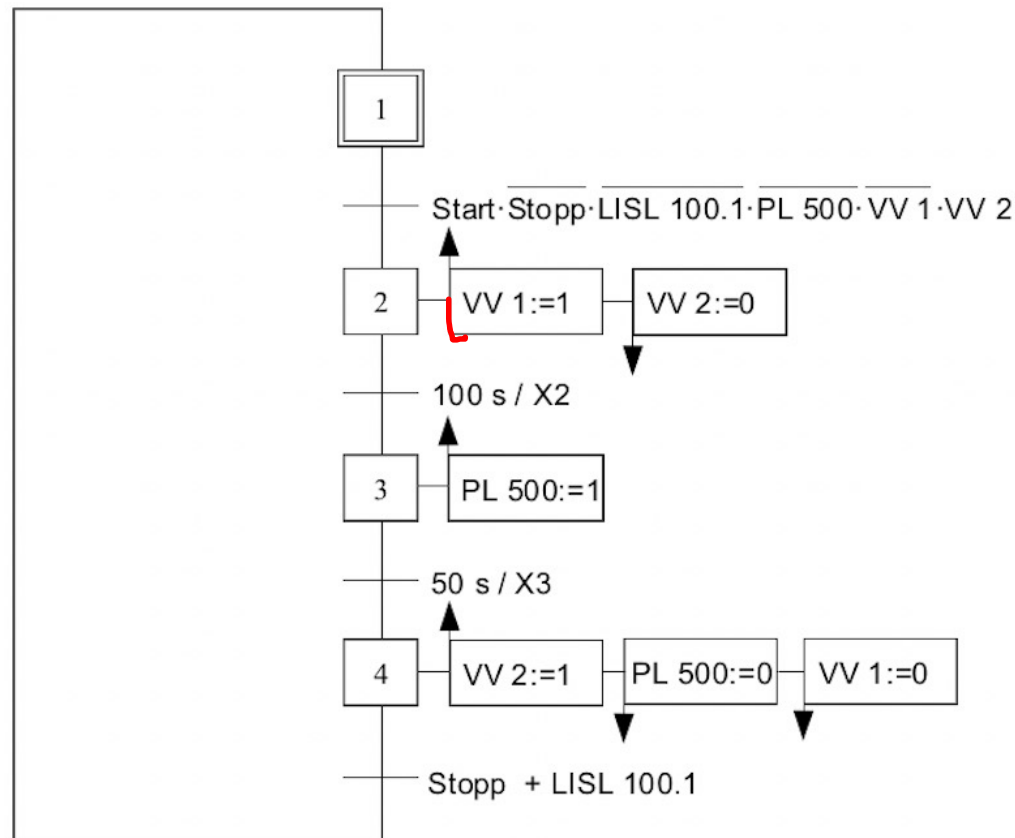
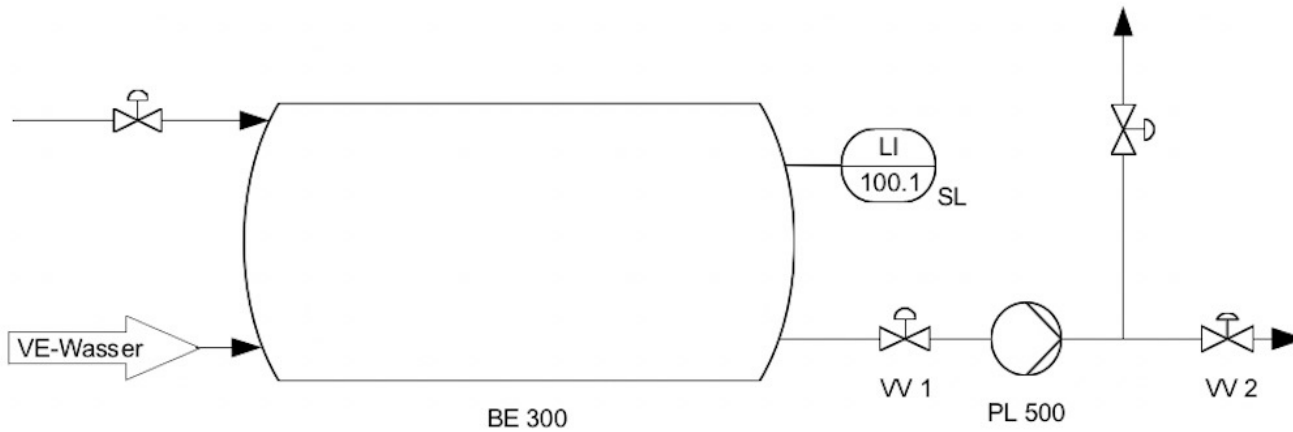
- Das **Saugventil VW-1** wird geöffnet.
- Die Pumpe wird mit Flüssigkeit gefüllt.
- Druckseitenventil wird geschlossen

**Übergang zum nächsten Schritt:** Sobald die Pumpe ausreichend gefüllt ist (zum Beispiel durch eine Füllstandsüberwachung), wird die Steuerkette zum nächsten Schritt weitergeschaltet.

**Erklärung:** Das Öffnen des Saugventils **VW-1** ermöglicht es, dass die Flüssigkeit aus dem Behälter **BE 300** zur Pumpe gelangt. Es ist wichtig, dass die Pumpe mit Flüssigkeit gefüllt wird, bevor sie richtig in Betrieb geht, um Schäden durch Trockenlauf zu verhindern.

# Fließschema

Prozesskomponenten

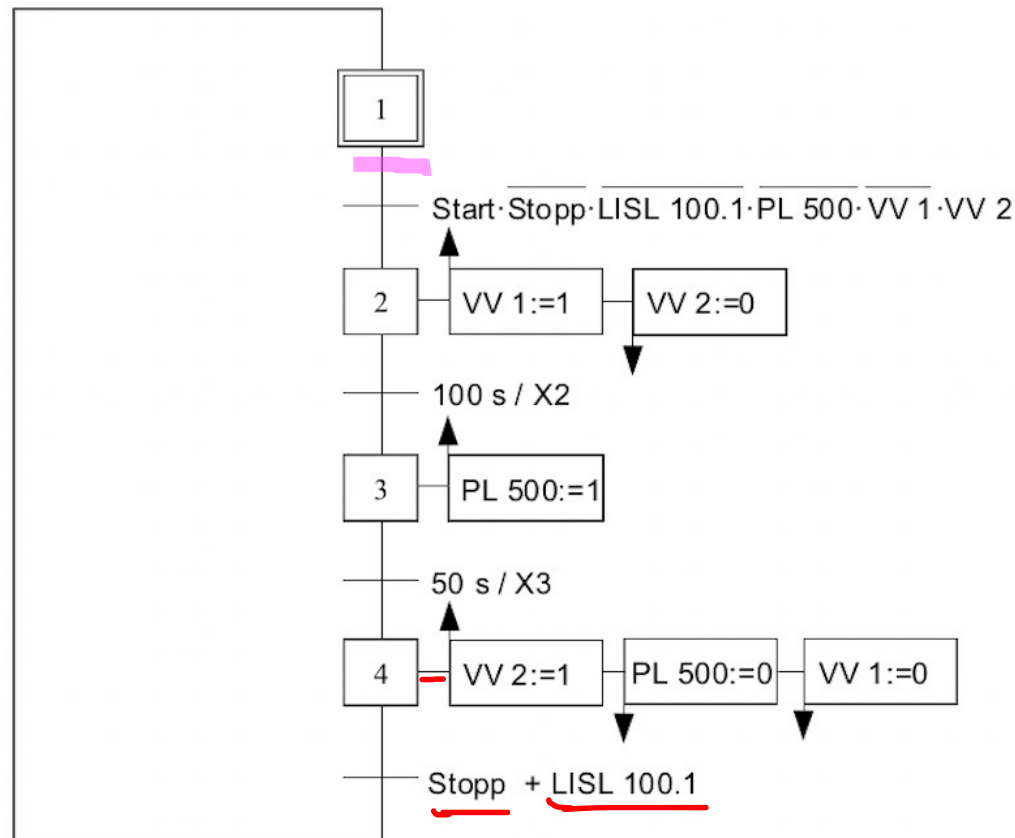
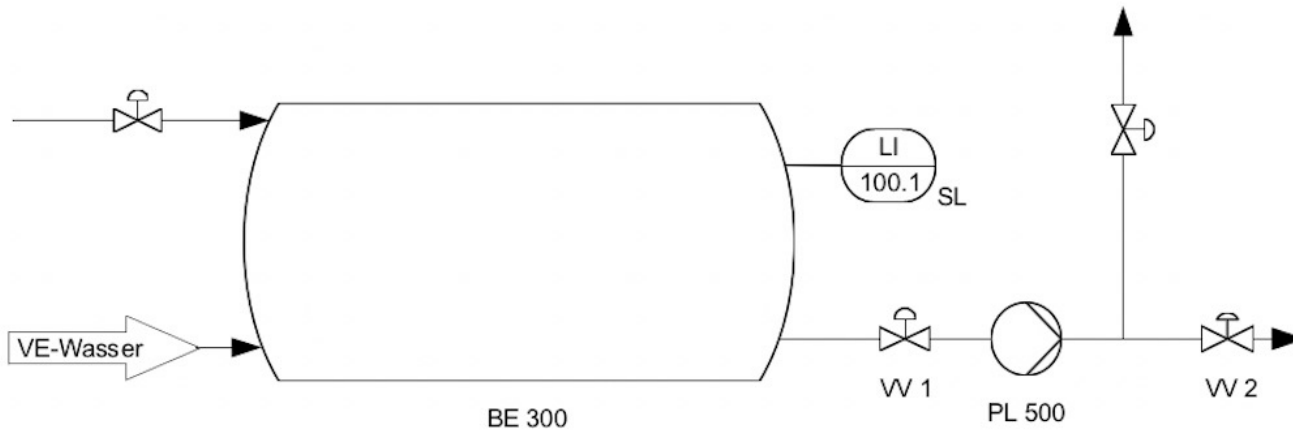


## Und was geht jetzt hier ab?

**Bedingung:** Die Pumpe erreicht die volle Geschwindigkeit, und die Flüssigkeit wird gefördert.

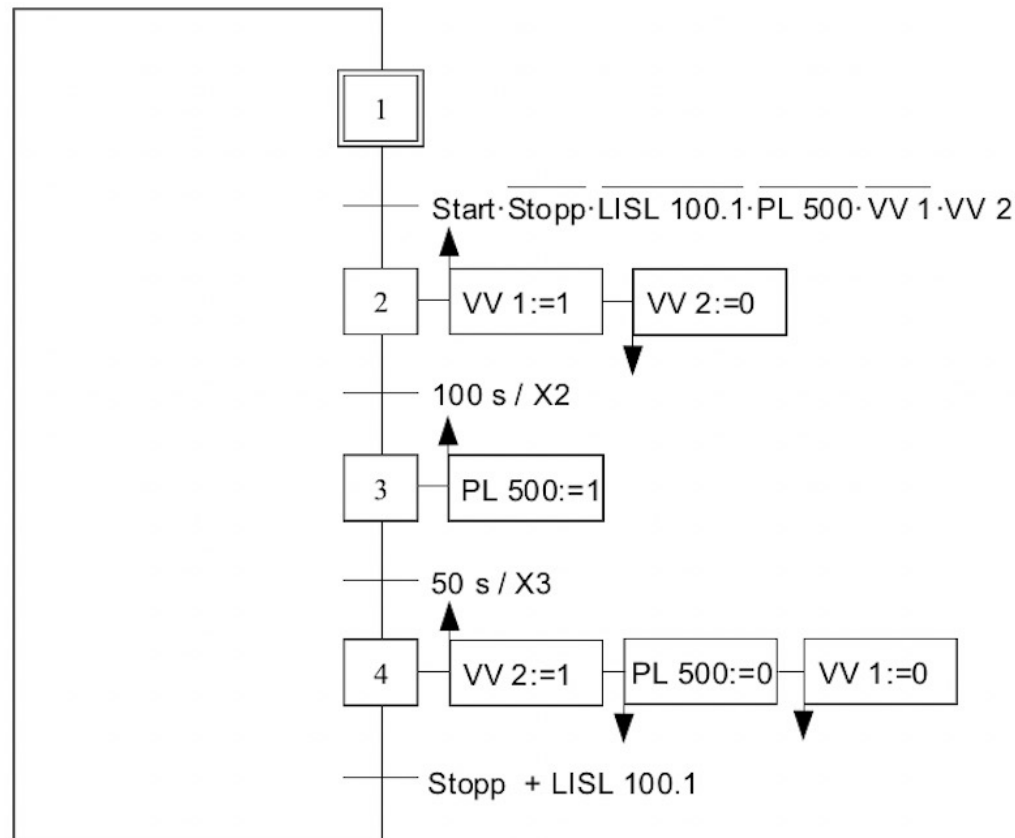
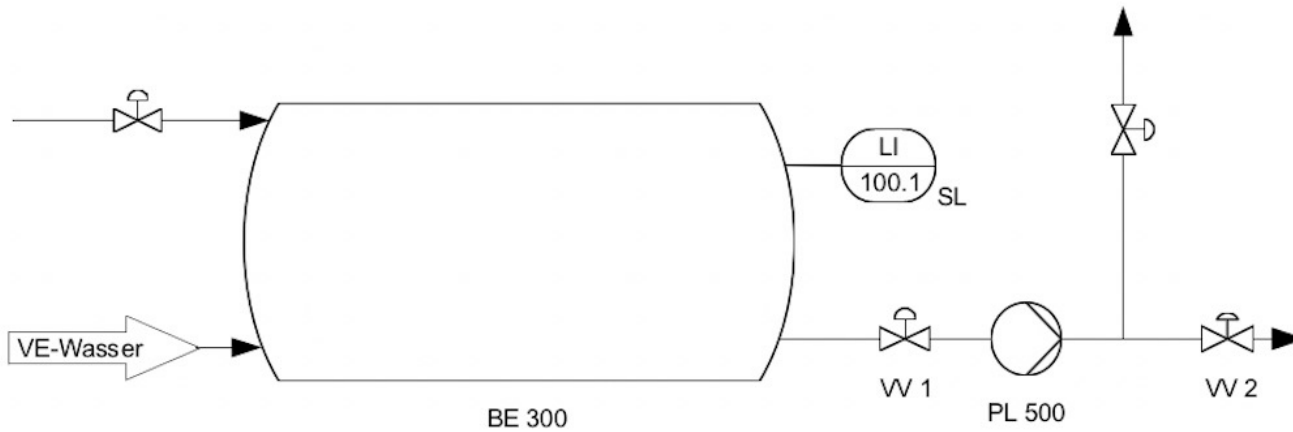
•Der **Trockenlaufschutz LSL 100.1** ist deaktiviert, da genug Flüssigkeit vorhanden ist.

**Erklärung:** In diesem Schritt läuft die Pumpe unter normalen Betriebsbedingungen. Der Trockenlaufschutz stellt sicher, dass die Pumpe nur dann läuft, wenn genügend Flüssigkeit vorhanden ist, um Schäden zu vermeiden. Die Pumpe bleibt in diesem Zustand, bis sie manuell oder automatisch gestoppt wird.



## Und was geht jetzt hier ab?

- **Ablauf:** Das **Druckentlastungsventil VV-2** wird geöffnet, um den Druck im System zu entlasten.
- Das **Saugventil VV-1** wird geschlossen, um den Rückfluss von Flüssigkeit zu verhindern.
- **Übergang:** Sobald der Druck entlastet ist und das System sicher ist, wird die Steuerkette zum Stopp oder zur Rückführung in den Ausgangszustand weitergeschaltet.
- **Erklärung:** Das Öffnen des Druckentlastungsventils **VV-2** dient dazu, das System sicher abzuschalten oder den Druck zu verringern. Gleichzeitig wird das Saugventil geschlossen, um zu verhindern, dass nach dem Stoppen der Pumpe Flüssigkeit zurück in den Behälter strömt.



## Und was geht jetzt hier ab?

**Ablauf:** Sobald die Stopptaste gedrückt wird oder der Trockenlaufschutz **LSL 100.1** anspricht (z. B. wenn der Flüssigkeitsstand zu niedrig ist), wird der Betrieb gestoppt.

- Die Pumpe schaltet sich ab.
- Die Ventile gehen wieder in ihre **geschlossenen** Positionen zurück, und die Steuerkette springt in den Ausgangszustand.

**Erklärung:** Am Ende des Prozesses wird das System in seinen sicheren Zustand zurückgesetzt. Die Pumpe schaltet sich ab und alle Ventile werden geschlossen, um das System für den nächsten Start vorzubereiten.