

Verständnisfragen

Förderhöhe

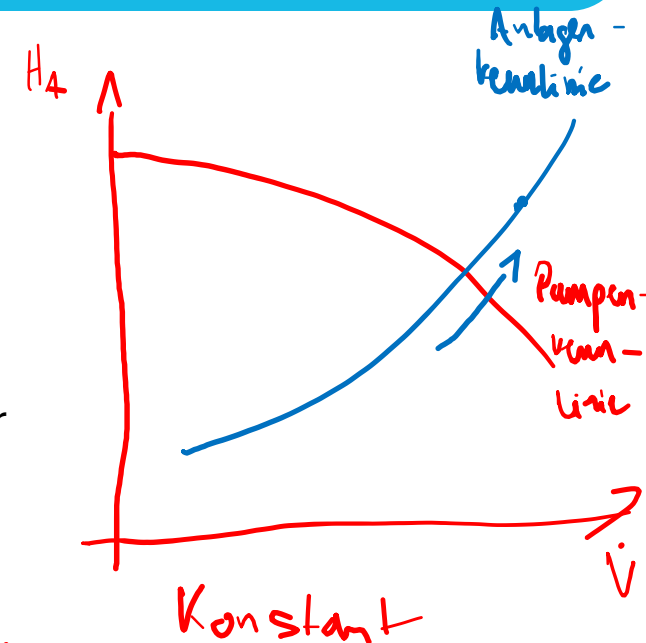


Wenn in einer Pumpe eine höhere Förderhöhe gefordert wird, kann die Drehzahl der Pumpe erhöht werden.

**Was passiert mit dem Volumenstrom?
Wie kann die Pumpe angepasst werden?**

Wenn in einer Pumpe eine höhere Förderhöhe gefordert wird, kann die Drehzahl der Pumpe erhöht werden. Dies führt jedoch auch zu einem höheren Volumenstrom. Falls die Anlage diesen Volumenstrom nicht aufnehmen kann, muss entweder die Drehzahl der Pumpe angepasst oder der Durchfluss durch Ventile reguliert werden.

Pumpenkennlinie: Maschinenkonstante



Verständnisfragen

Förderhöhe

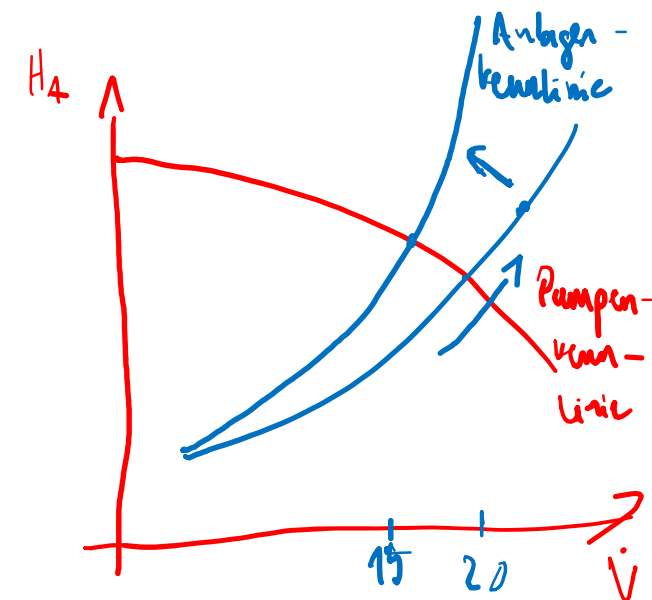
Bei einer **gedrosselten Pumpe** verändert sich das Verhalten der **Anlagenkennlinie** in Abhängigkeit vom Ventilzustand. Die Anlagenkennlinie beschreibt den Zusammenhang zwischen dem **Förderstrom (Q)** und dem **Druck (H)** in einem Pumpensystem und hängt von den Rohrleitungen, Armaturen und weiteren Widerständen im System ab.

Verhalten der Anlagenkennlinie bei einem gedrosselten Ventil:

- **Erhöhte Widerstände:** Wenn das Ventil in der Rohrleitung gedrosselt wird, erhöht sich der **Strömungswiderstand** im System. Das bedeutet, dass für den gleichen Förderstrom ein höherer Druck benötigt wird, um die Flüssigkeit durch das System zu bewegen.
- **Steilere Anlagenkennlinie:** Durch die Drosselung verschiebt sich die Anlagenkennlinie nach oben und wird **steiler**. Das bedeutet, dass bei einem bestimmten Förderstrom ein höherer Druck erforderlich ist, um die Flüssigkeit durch die Anlage zu transportieren.
- **Schnittpunkt mit der Pumpenkennlinie:** Da die Anlagenkennlinie steiler wird, verschiebt sich der **Arbeitspunkt** (Schnittpunkt zwischen Pumpenkennlinie und Anlagenkennlinie) nach links. Das bedeutet, dass der **Förderstrom abnimmt**, während der Druck ansteigt.

Bei **gedrosseltem Ventil** steigt der Widerstand in der Anlage. Die **Anlagenkennlinie wird steiler** und verschiebt sich nach oben. Der **Förderstrom sinkt**, während der Druck steigt. Der neue **Arbeitspunkt** liegt somit bei einem geringeren Förderstrom und einem höheren Druck.

Unveränderte Pumpenkennlinie: Die Pumpenkennlinie bleibt gleich, da die **Charakteristik der Pumpe selbst nicht verändert** wird. Die Pumpe hat immer noch dieselben Eigenschaften in Bezug auf den Zusammenhang zwischen Förderstrom und Druck bei einer bestimmten Drehzahl.



Hier mal eine „original“ IHK Aufgabe

Förderhöhe

Aufgabe 5

Mit einer Kreiselpumpe sollen 9 m³/h Wasser gefördert werden. Bei voll geöffnetem Druckseitenventil wird die Gesamtdruckverlusthöhe der Anlage mit 11 m angegeben.

Der Hersteller der Kreiselpumpe stellt Ihnen für die Auswahl des Laufrades das in Anlage 2 vorliegende Diagramm zur Verfügung.

a Mögliche Punktzahl: 2

Zeichnen Sie den Betriebspunkt in Anlage 2 ein.

b Mögliche Punktzahl: 5

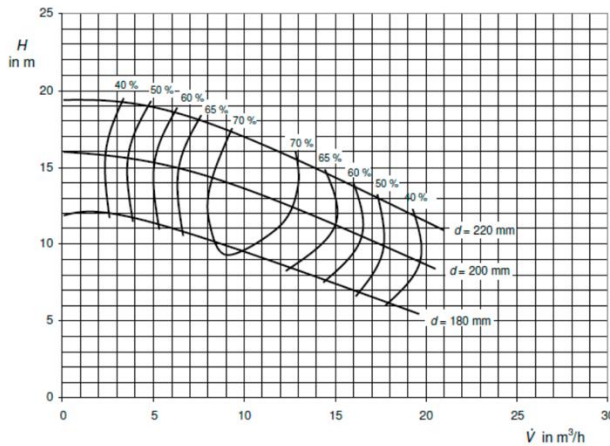
Wählen Sie ein geeignetes Laufrad aus und begründen Sie Ihre Entscheidung.

c Mögliche Punktzahl: 10

Mithilfe des ausgewählten Laufrades soll der angegebene Volumenstrom gefördert werden.

Berechnen Sie den zusätzlich erforderlichen Druckverlust in bar, den Sie am Druckseitenventil der Pumpe einstellen müssen. Nutzen Sie bitte die Anlage 2.

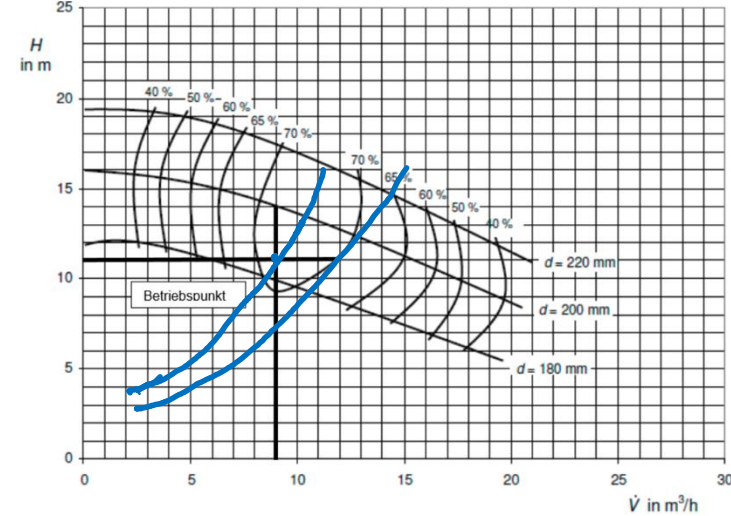
Anlage 2 zu Aufgabe 5



Lösungshinweise Aufgabe 5

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 3. a)]

a Mögliche Punktzahl: 2



b Mögliche Punktzahl: 5

Auszuwählen ist das Laufrad mit dem Durchmesser 200 mm.

Das Laufrad mit dem Durchmesser von 180 mm ist ungeeignet, da es den vorgegebenen Volumenstrom nicht erreicht.

Das Laufrad mit dem Durchmesser 220 mm ist für den geforderten Volumenstrom zu groß.

Beim ausgewählten Laufrad kann durch Abdröseln des Druckseitenventils oder Reduzierung der Drehzahl der gewünschte Volumenstrom eingestellt werden.

c Mögliche Punktzahl: 10

$$H_j = 14 \text{ m} - 11 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

$$H_j = \frac{\Delta p_R}{\rho \cdot g}$$

$$\Delta p_R = \rho \cdot g \cdot H_j$$

$$\Delta p_R = 1.000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 29.430 \text{ Pa} = 0,2943 \text{ bar}$$

*Drosselung
-> Verschiebung der
Anlagenkennlinie*

Trennkolonnen

Prozesskomponenten



Trennkolonnen sind eine zentrale Apparatur in der chemischen Industrie und werden zur **thermischen Trennung** von Stoffgemischen eingesetzt, wie z.B. bei der **Destillation**. Sie sind vor allem in Raffinerien, der Petrochemie, und bei der Herstellung von Chemikalien weit verbreitet. Das Ziel einer Trennkolonne ist es, die Komponenten eines Gemisches durch den **Phasenwechsel** zwischen Dampf und Flüssigkeit zu trennen.

Die Trennkolonne besteht typischerweise aus einem vertikalen Rohr, das mit speziellen Einbauten ausgestattet ist, wie **Böden** oder **Packungen**, die den Kontakt zwischen den flüssigen und gasförmigen Phasen maximieren. Je nach Art des Prozesses unterscheidet man zwischen verschiedenen Kolonnentypen, z.B. **Destillationskolonnen**, **Absorptionskolonnen** oder **Rektifikationskolonnen**.

Vorteile:

- 1. Effiziente Trennung:** Durch die ständige Wiederholung des Verdampfungs- und Kondensationsprozesses ist die Trennung der einzelnen Komponenten sehr präzise, insbesondere bei **Rektifikationskolonnen**.
- 2. Große Kapazität:** Trennkolonnen können große Mengen an Stoffen gleichzeitig verarbeiten, was sie ideal für industrielle Anwendungen macht.
- 3. Flexibilität:** Trennkolonnen können an verschiedene Prozesse angepasst werden (z.B. Destillation, Absorption), indem die Betriebsbedingungen (Druck, Temperatur) und die Kolonneneinbauten verändert werden.
- 4. Geringer Platzbedarf:** Durch ihre vertikale Bauweise benötigen sie relativ wenig Grundfläche, was sie für den Einsatz in beengten Anlagen geeignet macht.

Nachteile:

- 1. Hoher Energiebedarf:** Der Betrieb von Trennkolonnen, insbesondere das Aufheizen des Reboilers, erfordert viel Energie, was hohe Betriebskosten verursacht.
- 2. Empfindlichkeit gegenüber Verunreinigungen:** Verunreinigungen oder nicht-ideale Mischungen können die Effizienz der Kolonne stark verringern und zu Problemen wie **Schaumbildung** oder **Verblockung** führen.
- 3. Hohe Investitionskosten:** Die Anschaffung und Installation einer Trennkolonne, insbesondere mit speziellen Einbauten und Isolierungen, ist sehr kostspielig.
- 4. Wartungsaufwand:** Die Kolonneneinbauten und andere Bauteile müssen regelmäßig gewartet werden, um eine gleichbleibende Trennleistung zu gewährleisten. Verschleiß und Korrosion können zu teuren Ausfallzeiten führen.

Trennkolonnen

Prozesskomponenten

Die Trennkolonne funktioniert nach dem Prinzip der Destillation, bei der die Trennung durch **Unterschiede in den Siedepunkten** der Komponenten eines Gemisches erreicht wird.

- 1. Einspeisung des Gemisches:** Das zu trennende Stoffgemisch (Feed) wird in die Mitte der Kolonne eingespeist. Es besteht aus verschiedenen Komponenten mit unterschiedlichen Siedepunkten.
- 2. Aufheizen und Verdampfen:** Am Kolonnenboden befindet sich ein **Siedekessel** (Reboiler), der die Flüssigkeit erhitzt. Die leichteren, flüchtigeren Komponenten des Gemisches verdampfen und steigen als Dampf nach oben.
- 3. Kondensation der Dämpfe:** Die Dämpfe treffen auf die Kolonneneinbauten (z.B. Böden oder Packungen), wo sie teilweise kondensieren und in flüssiger Form zurücklaufen. Der Kondensationsprozess hängt vom Temperaturprofil in der Kolonne ab. Dabei kondensieren die höher siedenden Komponenten zuerst.
- 4. Fraktionierung:** Auf jedem Boden oder in jeder Packungsschicht kommt es zu einer Wiederholung des Verdampfungs- und Kondensationsprozesses, was die Trennung der einzelnen Komponenten schrittweise verbessert. Die leichteren Komponenten sammeln sich am oberen Teil der Kolonne, während die schwereren am Boden verbleiben.
- 5. Produkte:** Das **Kopfprodukt** (leichtere, flüchtigere Komponenten) wird oben aus der Kolonne entnommen, während das **Sumpfprodukt** (schwerere Komponenten) am unteren Ende der Kolonne entnommen wird.

Kolonneneinbauten					
Vergleich wichtiger Kolonneneinbauten					
Merkmal	Glockenböden	Ventilböden	Siebböden	Schüttfüllkörper	Packungen
Druckverlust	Hoch	Höher als beim Siebböden	Gering	Noch geringer als beim Siebböden	Noch geringer als bei Schüttfüllkörpern
Investitionskosten im Verhältnis zu Siebböden	110 % ... 150 %	ca. 110 %	100 %	Bei kleinen Durchmessern und Keramik- oder Kunststoff-Füllkörpern geringer als bei Bodenkolonnen	Zum Teil wesentlich höher als bei Schüttfüllkörpern
Arbeitsbereich (Belastungsbereich)	Groß	Groß	Eng begrenzt	Eng begrenzt	Groß
Verschmutzungsanfälligkeit	Je nach Glockenform, zum Teil groß	Sehr gering	Bei großen Bohrungen gering, bei kleinen groß	Relativ groß	Je nach Packung, zum Teil groß
Trennwirkung	Gut (über einen weiten Belastungsbereich)	Gut (über einen weiten Belastungsbereich)	Gut, aber nur in einem engen Belastungsbereich	Sehr gut, aber nur in einem engen Belastungsbereich	Noch höher als bei Schüttfüllkörpern (über einen relativ weiten Belastungsbereich)
Gewicht	Höher als bei Ventil- und Siebböden, aber geringer als bei Schüttfüllkörpern und Packungen	Geringer als bei Glockenböden, aber höher als bei Siebböden	Geringer als bei Ventilböden	Hoch, besonders bei großen Kolonnendurchmessern	Geringer als bei Schüttfüllkörpern
Zusätzliche Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> Für nahezu alle Medien einsetzbar Untere Belastungsgrenze niedriger als beim Ventilboden Bewährt bei geringen Flüssigkeitsbelastungen und sehr niedrigen Gasbelastungen 	<ul style="list-style-type: none"> Höchster Wirkungsgrad aller Bodenkolonnen Größere Durchsätze als bei Glocken- und Siebböden möglich Relativ korrosionsanfällig Ungünstig bei Neigung des Mediums zu Verkrustungen 	<ul style="list-style-type: none"> Einfache Konstruktion bei guter Trennwirkung Nach Unterbrechung des Dampfstromes muss die Kolonne häufig neu angefahren werden 	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Trennwirkung als Böden (geringere Bauhöhen erforderlich) Gegen Schaumbildung weniger empfindlich als Böden Gute Eignung für Vakuumbetrieb Alle Werkstoffe möglich Reinigung sehr aufwändig Neigung zur Randgängigkeit der Flüssigkeit (evtl. Verteilerböden erforderlich) 	<ul style="list-style-type: none"> Geringster Druckverlust möglich (Eignung für Vakuumdestillation und Absorption) Beste Trennwirkung (unabhängig von Packungshöhe und Packungsdurchmesser) Sehr gut geeignet bei Neigung zu Schaumbildung
<p>Bodenkolonnen werden bevorzugt eingesetzt</p> <ul style="list-style-type: none"> bei schlecht benetzenden Flüssigkeiten, bei mehreren erforderlichen Zu- und Abgängen am Kolonnenschuss, bei großen Durchsätzen (also großen erforderlichen Kolonnendurchmessern), bei starken Druckschwankungen und wenn häufige Reinigung erforderlich ist. 					

Trennkolonnen – Bachbildung

Prozesskomponenten

Bachbildung entsteht, wenn sich auf den Kolonnenböden oder Packungen Flüssigkeitsströme konzentrieren und sich nicht gleichmäßig verteilen. Statt einer homogenen Benetzung der Oberfläche fließt die Flüssigkeit in „Bächen“ oder Rinnsalen ab. Dies führt dazu, dass große Teile der Oberfläche nicht in den Trennprozess einbezogen werden, was die Kontaktfläche zwischen Dampf und Flüssigkeit reduziert. Die Folge ist eine geringere Massentransferleistung, also eine ineffizientere Trennung der Komponenten.

- **Ursachen für Bachbildung:**
 - Ungleichmäßige Verteilung der Flüssigkeit auf den Kolonnenböden oder in den Packungen.
 - Schlechte Konstruktion der Verteilsysteme.
 - Verschmutzungen oder Ablagerungen in der Kolonne.
- **Lösung:** Eine gleichmäßige Verteilung der Flüssigkeit kann durch optimierte Flüssigkeitsverteiler und regelmäßige Reinigung der Kolonne sichergestellt werden.

Trennkolonnen – Randgängigkeit

Prozesskomponenten

Randgängigkeit tritt auf, wenn Flüssigkeit oder Dampf bevorzugt an den Kolonnenwänden entlang fließt, anstatt sich gleichmäßig über die Kolonnenquerschnittsfläche zu verteilen. Dadurch wird ebenfalls die effektive Austauschfläche zwischen den Phasen verringert, da der Dampf bzw. die Flüssigkeit nicht optimal mit der Packung oder den Böden in Kontakt kommt. Dies mindert die Trenneffizienz, da der Stoffaustausch nicht optimal stattfindet.

- **Ursachen für Randgängigkeit:**
 - Oberflächenspannung der Flüssigkeit, die diese entlang der Wände fließen lässt.
 - Konstruktionsfehler, bei denen die Kolonnenböden oder die Packung nicht bis zur Kolonnenwand reichen, was einen Spalt an den Rändern lässt.
- **Lösung:** Eine Möglichkeit, Randgängigkeit zu vermeiden, besteht darin, Packungsmaterial zu verwenden, das eine gute Verteilung über die gesamte Kolonnenquerschnittsfläche gewährleistet, und sicherzustellen, dass keine großen Spalten zwischen Packung und Kolonnenwand vorhanden sind.

Randgängigkeit
Bachbildung

Problem: Kontaktfläche
nicht effizient

Zwischen den Phasen wird
getrennt

Trennkolonnen – Durchregnen

Prozesskomponenten

Das Problem des Durchregnens tritt auf, wenn die Flüssigkeit zu schnell durch die Kolonne läuft, ohne ausreichend mit dem aufsteigenden Dampf in Kontakt zu kommen. Dadurch wird der Massentransfer stark eingeschränkt, und die Trennleistung der Kolonne nimmt ab.

▪ Ursachen für Durchregnen:

- Zu niedrige Dampfgeschwindigkeit: Wenn der Dampfstrom nicht stark genug ist, um die Flüssigkeit zurückzuhalten, fließt die Flüssigkeit ungehindert nach unten.
- Falsche Dimensionierung der Kolonne: Wenn die Kolonne für die jeweiligen Betriebsbedingungen zu groß dimensioniert ist, kann dies ebenfalls dazu führen, dass der Flüssigkeitsrückhalt nicht ausreichend funktioniert.

▪ Folgen:

- Die Flüssigkeit fließt, ähnlich wie beim Durchregnen eines Regenschirms, ungehindert durch die Kolonne nach unten.
- Der Kontakt zwischen Dampf und Flüssigkeit wird minimiert, was zu einer schlechten Trennung führt.

▪ Lösung:

- Die Dampfgeschwindigkeit sollte so angepasst werden, dass sie die Flüssigkeit genügend aufhält und diese gleichmäßig auf den Kolonnenböden verteilt bleibt. Eine korrekte Abstimmung der Betriebsparameter ist essenziell.

Trennkolonnen – Fluten

Prozesskomponenten

Fluten ist das Gegenteil von Durchregnen. Hierbei wird der aufsteigende Dampf in der Kolonne so stark, dass er die Flüssigkeit mit nach oben reißt, was zu einer Überflutung der Kolonne führt.

Ursachen für Fluten:

- Zu hohe Dampfgeschwindigkeit: Wenn der Dampfstrom zu stark ist, drückt er die Flüssigkeit nach oben und verhindert, dass diese nach unten abfließen kann.
 - Zu hohe Flüssigkeitsmengen: Eine übermäßige Zufuhr von Flüssigkeit in die Kolonne kann dazu führen, dass die Böden oder Packungen überlastet werden und die Flüssigkeit nicht mehr ausreichend abfließen kann.
- **Folgen:**
 - Es kommt zur Überfüllung der Kolonne mit Flüssigkeit. Dadurch kann die Trennleistung massiv beeinträchtigt werden, da der erforderliche Dampf-Flüssigkeit-Kontakt gestört wird.
 - Der Druckverlust in der Kolonne steigt, was zu einer Instabilität im Betrieb führen kann.
 - **Lösung:**
 - Die Dampfgeschwindigkeit sollte gesenkt werden, um ein Ausspülen der Flüssigkeit zu verhindern.
 - Eine gleichmäßige Verteilung und Steuerung der Flüssigkeitsmengen ist ebenfalls entscheidend, um das Fluten zu vermeiden.

Durchregnen: Problem Gleichgewicht der
Fluten Dampf- und Flüssigkeitsströme

Vakuumdrehfilter werden häufig in der chemischen und pharmazeutischen Industrie eingesetzt, um Feststoffe von Flüssigkeiten zu trennen. Sie sind ideal für kontinuierliche Prozesse und große Volumenströme, bei denen die mechanische Trennung von Suspensionsphasen gefordert ist.

i Ein Vakuumdrehfilter besteht aus einer rotierenden Trommel, die in einen Trog mit der Suspension eintaucht. Das Innere der Trommel ist in mehrere Kammern unterteilt, die jeweils mit einem Filtertuch bespannt sind. Während die Trommel rotiert, zieht der Unterdruck die Flüssigkeit durch das Filtertuch und trennt dabei die festen Partikel ab.

Vorteile:

- 1. Kontinuierlicher Betrieb:** Vakuumdrehfilter sind ideal für Prozesse, die kontinuierlich arbeiten müssen. Sie ermöglichen eine hohe Verarbeitungskapazität, was sie in vielen Industrien beliebt macht.
- 2. Effiziente Flüssigkeitstrennung:** Durch den konstanten Unterdruck wird eine effektive und schnelle Trennung von Flüssigkeiten und Feststoffen ermöglicht.
- 3. Anpassungsfähig:** Die Filter können an verschiedene Prozessanforderungen angepasst werden, zum Beispiel durch den Einsatz von speziellen Filtertüchern oder das Hinzufügen eines Waschschriffs.

Nachteile:

- 1. Hoher Energieaufwand:** Der Betrieb des Vakuumsystems erfordert viel Energie, was zu hohen Betriebskosten führen kann.
- 2. Empfindlichkeit gegenüber Blockierungen:** Wenn das Filtertuch durch feine Partikel verstopft wird, kann die Filtration verlangsamt oder unterbrochen werden, was regelmäßige Wartungen erforderlich macht.
- 3. Platzbedarf:** Die Installation eines Vakuumdrehfilters erfordert eine große Grundfläche und eine aufwändige Infrastruktur, besonders wegen der notwendigen Vakuumsysteme.

Funktionsweise:

1. Eintauchen der Trommel: Die rotierende Trommel taucht in die Suspension ein, wodurch ein Teil der Trommel mit der Suspension in Kontakt kommt.

2. Filtration: Durch den im Inneren der Trommel herrschenden Unterdruck wird die Flüssigkeit durch das Filtertuch gesogen, während die Feststoffe auf dem Tuch zurückbleiben und einen sogenannten **Filterkuchen** bilden.

3. Waschen und Abtrocknen: In einigen Anwendungen wird der Filterkuchen nach der Filtration noch gewaschen, indem Flüssigkeit über den abgesetzten Feststoff gegossen wird. Anschließend kann der Kuchen durch weitere Filtration oder durch das Abblasen mit Luft getrocknet werden.

4. Abstreifen des Filterkuchens: Nachdem der Filterkuchen getrocknet wurde, wird er durch einen mechanischen Abstreifer von der Trommel entfernt, und der Filtrationsprozess beginnt von neuem.



i Membranfiltration ist eine Methode zur Trennung von Stoffen, bei der eine poröse Membran als Trennmedium eingesetzt wird. Diese Membran lässt bestimmte Moleküle oder Partikel durch, während größere zurückgehalten werden. Membranfilter werden in einer Vielzahl von Anwendungen verwendet, z.B. bei der Wasseraufbereitung, in der Lebensmittelindustrie, in der Biotechnologie und in der chemischen Industrie.

Es gibt verschiedene Arten der Membranfiltration, darunter:

- 1. Mikrofiltration (MF):** Trennung von Partikeln mit einem Durchmesser von 0,1-10 µm.
- 2. Ultrafiltration (UF):** Trennung von Partikeln und Makromolekülen mit einem Durchmesser von 1-100 nm.
- 3. Nanofiltration (NF):** Trennung von Molekülen, vor allem Salzen und organischen Verbindungen, mit einem Durchmesser von 1-10 nm.
- 4. Umkehrosmose (RO):** Trennung von gelösten Stoffen, insbesondere Salzen und Ionen, bei einem Molekül-Durchmesser von weniger als 1 nm.

Funktionsweise:

Der Betrieb eines Membranfilters erfolgt meist unter Druck. Eine Flüssigkeit (Suspension) wird durch die Membran gepresst, wobei die Größe der Poren in der Membran bestimmt, welche Moleküle passieren können (Filtrat) und welche zurückgehalten werden (Retentat). Die Trennung erfolgt aufgrund physikalischer Mechanismen wie **Siebwirkung** (Partikelgröße) und **Diffusion**.

Ein wichtiger Aspekt bei der Membranfiltration ist der **Fouling-Effekt**, bei dem sich Partikel oder gelöste Stoffe auf der Membran ablagern und die Filterleistung verringern. Um dem entgegenzuwirken, müssen die Membranen regelmäßig gereinigt oder ausgetauscht werden.

Vorteile:

- 1.Hohe Trennleistung:** Membranfilter können sehr feine Moleküle und Partikel trennen, die mit anderen Methoden schwer zu entfernen wären, z.B. bei der Umkehrosmose.
- 2.Energieeffizienz:** Die Filtration erfolgt ohne thermische Prozesse, was Energie spart, besonders im Vergleich zu Verdampfungsverfahren.
- 3.Kompakte Bauweise:** Membransysteme benötigen oft weniger Platz als herkömmliche Trennanlagen.
- 4.Breites Anwendungsspektrum:** Membranfilter können in vielen Branchen eingesetzt werden, von der Wasseraufbereitung bis hin zur Herstellung von Lebensmitteln oder Pharmazeutika.

Nachteile:

- 1.Fouling und Verschleiß:** Membranen können durch Partikel oder chemische Substanzen verstopft werden, was die Trennleistung verschlechtert und regelmäßige Wartung erfordert.
- 2.Begrenzte Lebensdauer der Membranen:** Die Membranen müssen nach einer gewissen Zeit ausgetauscht werden, da sie durch den Betrieb abgenutzt werden.
- 3.Begrenzte Trennung bei sehr hohen Konzentrationen:** Wenn die zu filtrierende Flüssigkeit eine sehr hohe Partikel- oder Molekülkonzentration aufweist, kann die Membran schnell verstopfen.
- 4.Kosten für Reinigung und Wartung:** Aufgrund des Fouling-Effekts und der Membranverschleiß können regelmäßige Wartungsarbeiten und Ersatzteile erforderlich sein.

Mögliche Punktzahl: 8

Im Filterapparat FL 230 findet die zusätzliche Trennung von Methanol und MTBE durch Membranfiltration statt.

Beschreiben Sie den Aufbau und die Funktionsweise dieser Membranfiltration.

Membranfilter

Prozesskomponenten

Aufgabe 4

Mögliche Punktzahl: 8

Im Filterapparat FL 230 findet die zusätzliche Trennung von Methanol und MTBE durch Membranfiltration statt.

Beschreiben Sie den Aufbau und die Funktionsweise dieser Membranfiltration.

Methanol → deutlich kleineres Molekül

MTBE

Lösungshinweise Aufgabe 4

[VO: § 5 Absatz 6 Nr. 1]

Mögliche Punktzahl: 8

Aufbau und Funktionsweise der Membranfiltration, z. B.:

Kernstück der Membranfiltration ist eine auf die Trennaufgabe zugeschnittene Membran. Sie besteht aus einer dünnen, feinporigen Wand, die in der Lage ist, Teilchen oberhalb einer bestimmten Größe zurückzuhalten. Kleinere Teilchen gelangen durch die Membran. Sie wird vorwiegend zur Trennung von molekulardispersen Flüssigkeitsgemischen eingesetzt.

Das Flüssigkeitsgemisch (Feed), hier Methanol und MTBE, strömen an der Vorderseite der Membran entlang. Durch die Druckdifferenz (treibende Kraft) zwischen Vorder- und Rückseite werden diese in zwei Fraktionen getrennt. Die MTBE-Moleküle werden von der Membran nicht durchgelassen und reichern sich an der Vorderseite an. Diese Phase wird als Retentat bezeichnet. Die Methanolkoleküle diffundieren durch die Membran und reichern sich an der Rückseite an. Diese Anreicherung wird als Permeat bezeichnet.

Verdampfer

Prozesskomponenten

i Verdampfer werden verwendet, um eine Flüssigkeit durch **Wärmezufuhr** von einer Lösung zu trennen. Ziel ist es, das Lösungsmittel zu verdampfen, um die konzentrierte Lösung zurückzuhalten. In der Industrie spielen Verdampfer eine wichtige Rolle, z.B. bei der Aufkonzentrierung von Lösungen, bei der Abtrennung von Lösemitteln oder bei der Reinigung von Flüssigkeiten.

Grundprinzip:

- **Wärmeübertragung:** Wärme wird von einer Heizfläche an die Lösung übertragen. Dadurch beginnt das Lösungsmittel (z.B. Wasser) zu verdampfen.
- **Verdampfen:** Das Lösungsmittel verdampft und kann kondensiert und abgeleitet werden.
- **Konzentration:** Der gelöste Stoff bleibt zurück, wodurch die Konzentration der Lösung steigt.

Allgemeine Vorteile:

- **Effiziente Aufkonzentration:** Verdampfer sind hervorragend geeignet, um große Mengen an Flüssigkeit zu reduzieren und aufzukonzentrieren.
- **Flexible Einsatzmöglichkeiten:** Je nach Verdampfertyp können verschiedene Arten von Flüssigkeiten und Viskositäten verarbeitet werden.
- **Hohe Produktqualität:** Durch sorgfältige Kontrolle der Temperatur und des Drucks können empfindliche Stoffe schonend behandelt werden.

Allgemeine Nachteile:

- **Hoher Energieaufwand:** Verdampfer benötigen große Mengen an Energie für die Wärmezufuhr, was die Betriebskosten erhöht.
- **Anfälligkeit für Fouling:** Je nach Art der zu verarbeitenden Flüssigkeit können sich Ablagerungen (Fouling) auf den Heizflächen bilden, die die Effizienz verringern und eine regelmäßige Reinigung erfordern.
- **Aufwendige Bauweise:** Insbesondere Dünnschicht- und Umlaufverdampfer haben komplexere Bauteile und höhere Wartungskosten im Vergleich zu einfachen Kesselverdampfern.

Rührwerksverdampfer/Kesselverdampfer:

•**Funktionsweise:** Der Kesselverdampfer ist ein einfach aufgebauter Apparat, der für viele verschiedene Lösungen eingesetzt werden kann. Die Lösung wird in einem beheizten Behälter erhitzt, während ein Rührwerk für die gleichmäßige Verteilung sorgt.

•**Anwendung:** Oft in der chemischen Industrie verwendet, um dickflüssige oder korrosive Flüssigkeiten zu verdampfen.

Vorteile:

- Einfache Bauweise und flexibel einsetzbar.
- Korrosionsbeständig je nach Materialausführung.

Nachteile:

- Lange Verweilzeiten der Flüssigkeit im Apparat, was bei empfindlichen Substanzen zu Problemen führen kann.
- Geringe Wärmeübertragungsfläche aufgrund des ungünstigen Verhältnisses von Flüssigkeit zur Heizfläche.
- Gefahr der Überhitzung bei dicken Flüssigkeitsschichten.

Dünnschichtverdampfer:

•**Funktionsweise:** Der Dünnschichtverdampfer arbeitet mit einer rotierenden Welle und Wischblättern, die die Flüssigkeit gleichmäßig in einer dünnen Schicht auf die beheizte Wand auftragen. Dadurch wird eine schnelle Verdampfung erreicht.

•**Anwendung:** Besonders gut geeignet für Lösungen mit hoher Viskosität oder wenn die Lösung eine geringe Verweilzeit benötigt, um Schäden durch Überhitzung zu vermeiden.

Vorteile:

- Sehr kurze Verweilzeiten, was die Substanz schonend behandelt.
- Ideal für hochviskose Lösungen und empfindliche Substanzen.
- Gut geeignet für die Vakuumverdampfung.

Nachteile:

- Komplizierter und teurer in der Bauweise.
- Verschleiß der Wischblätter.
- Gefahr von Ablagerungen auf der beheizten Platte

Röhrenverdampfer/Umlaufverdampfer:

1. **Funktionsweise:** Diese Verdampfer haben mehrere Röhren, durch die die Flüssigkeit zirkuliert und dabei erhitzt wird. Der Umlauf sorgt für eine gleichmäßige Temperaturverteilung und Verdampfung.
2. **Anwendung:** Weit verbreitet in kontinuierlichen Prozessen, wo große Flüssigkeitsmengen effizient verdampft werden müssen.

1.Vorteile:

1. Geringe Verweilzeiten der Flüssigkeit im Vergleich zum Kesselverdampfer.
2. Kontinuierlicher Betrieb möglich, was für großvolumige Prozesse ideal ist.
3. Einfache Bauweise und relativ kostengünstig.

2.Nachteile:

1. Höhere Verweilzeit als im Dünnschichtverdampfer.
2. Ablagerungen auf der Verdampferfläche sind möglich, was zu regelmäßiger Wartung führen kann.



TIW GmbH ©

STEUERUNGS- & REGELUNGSTECHNIK

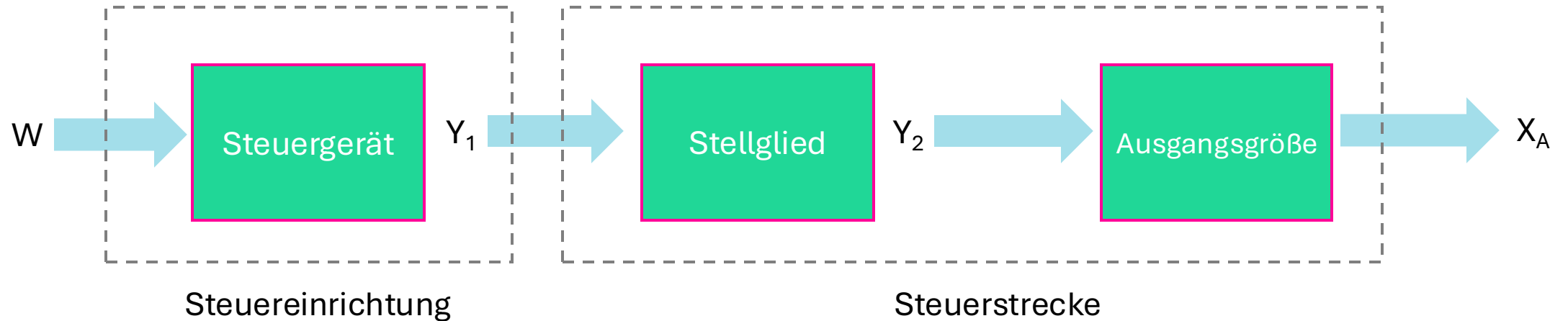
Theorie der Regelungstechnik
Prozessleittechnik
RI-Fließschemata

*Kapitel aus dem IHK-Rahmenplan
Prozessleittechnik*

Steuerungstechnik

Theorie der Regelungstechnik

i Die Aufgabe der Steuerungstechnik besteht darin, bestimmte Abläufe in einem Steuerungs-Objekt zu erzwingen. Die in der Technik dominierende binäre Steuerungstechnik baut auf binären Messsignalen auf. Im Ergebnis einer logischen Informationsverarbeitung (UND, ODER, NICHT, ...) der binären Messsignale innerhalb eines Steuerprogramms werden die entsprechenden Stellglieder zur Beeinflussung von Prozessgrößen binär angesteuert.



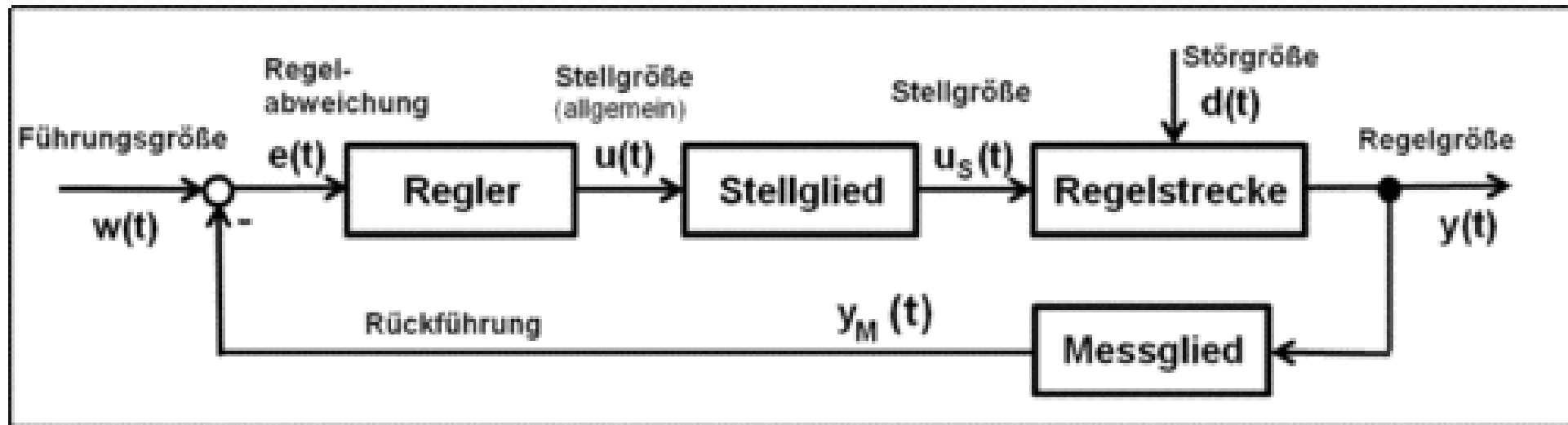
offene Wirkungskette

Regelungstechnik

Theorie der Regelungstechnik



Die Aufgabe der Steuerungstechnik besteht darin, bestimmte Abläufe in einem Steuerungs-Objekt zu erzwingen. Die in der Technik dominierende binäre Steuerungstechnik baut auf binären Messsignalen auf. Im Ergebnis einer logischen Informationsverarbeitung (UND, ODER, NICHT, ...) der binären Messsignale innerhalb eines Steuerprogramms werden die entsprechenden Stellglieder zur Beeinflussung von Prozessgrößen binär angesteuert.



*Rückführung der Regelgröße
geschlossener Wirkungskreis*

REGLEROPTIMIERUNG

Theorie der Regelungstechnik



Ein Regler muss so eingestellt werden, dass er das gewünschte Verhalten des Systems optimal regelt, d.h. schnell und stabil auf Änderungen im Prozess reagiert. Um dies zu erreichen, kann eine **Regleroptimierung** durchgeführt werden. Dies bedeutet, die Reglereinstellungen (z.B. den **Proportionalfaktor K_p** , die **Integrationszeit T_I** und die **Differenzialzeit T_D** so zu wählen, dass die Regelung bestmöglich funktioniert.

↓
P-Glied

↓
I-Glied

↓
D-Glied

Welche Informationen benötige ich, um einen Regler zu optimieren?

s.o. im Infotext

Was für Methoden existieren, um Regler zu optimieren?

Ziegler-Nichols ist eine etablierte Methode, bei der der Regler zuerst als P-Regler betrieben wird, und durch stufenweise Erhöhung des Proportionalanteils die kritischen Werte ermittelt werden. Diese Methode eignet sich gut für Regelkreise, die zum Schwingen gebracht werden können. Das **CHR-Verfahren** hingegen bietet eine alternative Methode zur Optimierung und legt den Fokus stärker auf die Stabilität nach Störungen oder Sollwertänderungen.

Ziegler-Nichols-Methode

Diese Methode ist eine häufig verwendete Methode zur **Einstellung eines PID-Reglers**. Der Ablauf dieser Methode kann in den folgenden Schritten zusammengefasst werden:

- 1. Regler von Hand auf Sollwert einstellen:** Der Regler wird manuell gesteuert, um einen festen Sollwert zu erreichen.
- 2. P-Regler einstellen:** Zunächst wird der Regler als reiner P-Regler betrieben. Die **Integrationszeit T_I** wird auf maximal, die **Differenzialzeit T_D** auf minimal gestellt.
- 3. K_p -Wert erhöhen:** Stufenweise wird der **Proportionalwert K_p** erhöht, bis der Regelkreis anfängt, gleichmäßig zu schwingen. Dieser Punkt wird als **kritischer K_p -Wert** bezeichnet.
- 4. Schwingungsperiode messen:** Aus der entstandenen Schwingung wird die **kritische Schwingungsperiode T_{krit}** gemessen.
- 5. Einstellwerte berechnen:** Mit den gemessenen Werten K_{pkrit} und T_{krit} können nach einer vorgegebenen Tabelle (Ziegler-Nichols-Tabelle) die optimalen Werte für den Proportional-, Integrations- und Differenzialanteil des Reglers berechnet werden.
- 6. Regler testen:** Die berechneten Werte werden am Regler eingestellt und in der Praxis getestet. Anschließend wird überprüft, ob der Regelkreis stabil und effizient arbeitet.

CHR-Verfahren (Chien, Hrones und Reswick)

Das **CHR-Verfahren** ist eine weitere Methode zur Regleroptimierung, die insbesondere auf das Verhalten der Regelung nach Störungen oder Sollwertänderungen ausgerichtet ist. Im Gegensatz zu Ziegler-Nichols liegt der Fokus hier auf der **Stabilität** und der Optimierung nach **Stör- oder Führungsverhalten**.

1. **Überprüfung der Stabilität:** Zuerst wird überprüft, ob der Regelkreis stabil arbeitet.
2. **Regelung manuell einstellen:** Die Regelung wird auf einen festen Sollwert von Hand eingestellt, und der **Ausgangswert** wird sprunghaft um etwa 10–20 % verändert.
3. **Kurvenverlauf aufzeichnen:** Der Verlauf der Regelgröße wird aufgezeichnet (z.B. mit einem Schreiber oder einer digitalen Aufzeichnung). *→ Veränderung Regelgröße in Abhängigkeit der Stellgröße*
4. **Kennwerte ermitteln:** Aus der aufgezeichneten Kurve werden die notwendigen Parameter zur Berechnung der Reglereinstellungen abgeleitet (z.B. K_s , T_b , T_e). *Ausgleichs- und Verzögerzeit*
5. **Werte am Regler einstellen:** Die berechneten Reglereinstellungen werden am Regler eingestellt und getestet, um zu sehen, ob das System wie gewünscht reagiert.



Die **Split-Range-Regelung** (auch **Split-Range-Control** genannt) ist ein spezielles Regelungskonzept, bei dem ein einziger Regler mehrere Stellglieder steuert, um einen breiteren Stellbereich oder unterschiedliche Betriebsarten abzudecken. Das Prinzip wird angewendet, wenn ein Prozess unterschiedliche Stellsysteme benötigt, um auf verschiedene Betriebsbedingungen zu reagieren. Der Regler teilt dabei seinen Stellbereich auf mehrere Aktoren auf, die jeweils einen Teil des Regelbereichs übernehmen.

In einer Split-Range-Regelung gibt es **einen Regler**, aber **mehrere Stellglieder** (z.B. Ventile oder Pumpen), die für unterschiedliche Teile des Stellbereichs zuständig sind.

Beispiel eines typischen Szenarios:

Stell dir vor, du hast einen Prozess, bei dem du sowohl **Heizen** als auch **Kühlen** steuern musst, um eine Temperatur exakt auf einem bestimmten Sollwert zu halten:

- Wenn die Temperatur unter den Sollwert fällt, muss der Regler ein **Heizventil** öffnen, um die Temperatur zu erhöhen.
- Wenn die Temperatur über den Sollwert steigt, muss der Regler ein **Kühlventil** öffnen, um die Temperatur zu senken.



Der Stellbereich des Reglers wird aufgeteilt:

- Im **unteren Bereich** des Stellbereichs (z.B. 0–50 %) wird das **Heizventil** angesteuert.
 - Im **oberen Bereich** (z.B. 50–100 %) wird das **Kühlventil** geöffnet, um die überschüssige Wärme abzuleiten.
- Der Regler arbeitet also in einem Bereich von 0 bis 100 %:
- **0–50 %**: Steuert das Heizventil. Je näher der Wert bei 0 % liegt, desto weiter ist das Heizventil geöffnet.
 - **50–100 %**: Steuert das Kühlventil. Je näher der Wert bei 100 % liegt, desto weiter ist das Kühlventil geöffnet.

Tot-/Übergangsbereich 45 - 55%

Vorteile der Split-Range-Regelung:

1. Erweiterung des Stellbereichs:

Durch die Aufteilung auf zwei oder mehr Stellglieder kann der Regler einen **breiteren Regelbereich** abdecken. Dies ist besonders nützlich in Prozessen, bei denen sowohl hohe als auch niedrige Werte geregelt werden müssen (z.B. Heizen und Kühlen).

2. Optimierte Nutzung von Energie:

Die Split-Range-Regelung ermöglicht die präzise Steuerung von Prozessen mit unterschiedlichen Betriebsmodi. So kann die Energie effizienter genutzt werden, da Heiz- und Kühlprozesse separat, aber mit einem einzigen Regler gesteuert werden.

3. Flexibilität:

Die Flexibilität, mehrere Stellglieder in einem Regelkreis zu verwenden, ermöglicht es, auf verschiedene Anforderungen im Prozess zu reagieren, wie z.B. verschiedene Medien (Dampf, Wasser, Luft) für unterschiedliche Stufen der Prozessführung zu verwenden.



Die **Kaskadenregelung** ist ein spezielles Regelkonzept, bei dem zwei oder mehr Regler hintereinandergeschaltet (kaskadiert) werden, um komplexere Prozesse präziser und stabiler zu regeln. Dieses Verfahren wird oft eingesetzt, wenn ein Prozess durch äußere Störungen oder langsame Reaktionszeiten stark beeinträchtigt wird und eine einfache Regelung nicht ausreicht.

Eine typische Kaskadenregelung besteht aus zwei Reglern:

1. Primärregler (Hauptregler)

2. Sekundärregler (Folgeregler oder Hilfsregler)

• **Primärregler:** Der Primärregler überwacht und regelt die Hauptregelgröße, also die Größe, die den Prozess direkt beeinflusst (z.B. die Temperatur in einem Reaktor).

• **Sekundärregler:** Der Sekundärregler regelt eine untergeordnete Größe, die mit der Hauptregelgröße in Verbindung steht und schneller auf Veränderungen reagiert (z.B. die Durchflussmenge des Heizmediums in einer Heizanlage).

Funktionsweise der Kaskadenregelung:

1. Primärregelung: Der Primärregler vergleicht den **Sollwert** (z.B. gewünschte Temperatur) mit dem gemessenen **Istwert** (tatsächliche Temperatur) und gibt eine Stellgröße vor. Diese Stellgröße wird jedoch nicht direkt an das Stellglied (z.B. das Heizventil) gesendet.

2. Sekundärregelung: Stattdessen wird die Stellgröße des Primärreglers als **Sollwert** für den Sekundärregler verwendet. Der Sekundärregler steuert dann das Stellglied (z.B. das Heizventil) anhand seines eigenen Regelkreises. Der Sekundärregler reagiert schneller auf Veränderungen, wie etwa plötzliche Schwankungen des Durchflusses oder Drucks.

Vorteile der Kaskadenregelung:

1. Schnellere Reaktion auf Störungen: Da der Sekundärregler direkt auf die Stellgröße (z.B. Durchflussmenge oder Druck) reagiert, kann er **schnelle Störungen** abfangen, bevor sie den Primärprozess (z.B. die Temperatur) beeinflussen.

2. Bessere Regelqualität: Die Kaskadenregelung ermöglicht eine **präzisere Regelung**, weil der Sekundärregler schnellere Variablen steuert und den Primärregler entlastet, der sich nur auf die Hauptregelgröße konzentrieren muss.

3. Stabilität: Durch die Aufteilung der Regelaufgaben auf zwei Regler wird der Regelprozess stabiler, da schnelle Störungen lokal durch den Sekundärregler abgefangen werden und der Primärregler nur auf langsame Veränderungen reagiert.

Wann wird eine Kaskadenregelung verwendet?

• **Träge Prozesse:** Wenn der Hauptprozess (z.B. Temperatur) sehr träge ist, aber eine untergeordnete Größe (z.B. Durchfluss) schneller reagiert, hilft eine Kaskadenregelung, Störungen schneller auszugleichen.

• **Störanfällige Prozesse:** Wenn Prozesse durch äußere Störungen beeinflusst werden (z.B. Druckschwankungen in einer Versorgungsleitung), kann der Sekundärregler schnell reagieren und den Primärprozess stabil halten.

• **Mehrere Stellgrößen:** Wenn mehrere Stellgrößen den Prozess beeinflussen und voneinander abhängig sind (z.B. Temperatur und Druck), ermöglicht die Kaskadenregelung eine präzisere Kontrolle.

→ Störgröße gut messbar und
lokal beeinflussbar

→ mehrere Störgrößen

→ 2 oder mehr Regler

Störgrößenaufschaltung

Regelungstechnik

1 Hauptregler + 1 Mess- oder Steuereinrichtung



Die **Störgrößenaufschaltung** ist eine **Regelungsstrategie** in der Prozess- und Regelungstechnik, die dazu dient, den Einfluss von **Störgrößen** auf einen Regelkreis zu minimieren. Eine **Störgröße** ist ein äußeres, meist unvorhersehbares Ereignis oder Einflussfaktor, der den Prozess stört und zu Abweichungen vom gewünschten **Sollwert** führt. Beispiele für Störgrößen sind Temperaturschwankungen, Druckschwankungen, Änderungen des Rohstoffflusses oder Störungen im Kühlwasserdruck. Störgrößenaufschaltung ist ein Verfahren, bei dem diese **Störgrößen** erkannt und in den **Regelkreis** eingespeist werden, damit der Regler bereits **vorzeitig** darauf reagieren kann. Das Ziel der Störgrößenaufschaltung ist es, die Reaktion des Reglers auf diese Störungen zu **beschleunigen** und **Prozessschwankungen** so gering wie möglich zu halten.

Funktion

Erkennung der Störgröße:

- Ein **Sensor** oder **Messgerät** wird eingesetzt, um die relevante Störgröße im Prozess zu messen. Zum Beispiel kann ein **Drucksensor** den Kühlwasserdruck oder ein **Temperatursensor** die Temperatur in einem bestimmten Abschnitt des Prozesses überwachen.
- Sobald eine Störgröße erkannt wird, übermittelt der Sensor die **Messdaten** an das Regelungssystem.

Einspeisung in den Regelkreis:

- Die gemessene Störgröße wird in den **Regelkreis** eingespeist. Dabei wird die Störgröße als **zusätzlicher Eingangsparameter** in die Regelung aufgenommen.
- Der Regler erhält somit nicht nur Informationen über die Hauptregelgröße (z.B. Temperatur im Reaktor), sondern auch über die Störgröße (z.B. Druck im Kühlkreislauf).

Kompensation der Störgröße:

- Der Regler nutzt die Informationen über die Störgröße, um seine **Stellgröße** (z.B. Öffnungsgrad eines Ventils) **vorzeitig** und **proaktiv** anzupassen.
- Durch die direkte Berücksichtigung der Störgröße kann der Regler eine **Gegenmaßnahme** einleiten, bevor die Störung den Prozesszustand signifikant beeinflusst.
- Beispiel: Wenn der Kühlwasserdruck plötzlich abfällt, was zu einer Temperaturerhöhung im Reaktor führen könnte, passt der Regler sofort die Kühlwasserzufuhr oder den Dampfzufluss an, um die Solltemperatur stabil zu halten.

Schnellere Regelung:

- Da die Störgrößenaufschaltung dem Regler **frühzeitig** die notwendigen Informationen zur Verfügung stellt, kann die Regelung wesentlich **schneller** auf Störungen reagieren.
- Dadurch werden **Zeitverzögerungen** vermieden, die bei einer normalen Regelung ohne Störgrößenaufschaltung auftreten würden, da der Regler erst auf die Veränderung der Hauptregelgröße (z.B. Temperaturanstieg) reagieren müsste.

eine lokalisierbare, messbare Hauptstörgröße

Störgrößenaufschaltung

Regelungstechnik

Musterbeispiel:

Angenommen, in einem chemischen Reaktor wird eine exotherme (wärmeerzeugende) Reaktion durchgeführt, die durch eine Kühlwasserregelung kontrolliert wird. Ein plötzlicher **Druckabfall** im Kühlwasserkreislauf kann dazu führen, dass weniger Kühlwasser durch den Reaktor fließt, was zu einem Temperaturanstieg führt.

•Ohne Störgrößenaufschaltung:

- Der Temperaturregler erkennt den **Anstieg der Reaktortemperatur** und passt daraufhin das Kühlwasserventil an, um den gewünschten Temperaturbereich wiederherzustellen.
- Diese Reaktion erfolgt jedoch erst, **nachdem** die Temperatur bereits gestiegen ist, was zu Schwankungen und möglicher Instabilität führt.

•Mit Störgrößenaufschaltung:

- Ein **Drucksensor** misst den Druckabfall im Kühlwasserkreislauf und speist diese Information in den Regelkreis ein.
- Der Regler erkennt den Druckabfall als **Störgröße** und öffnet sofort das Kühlwasserventil weiter, um den erwarteten Temperaturanstieg zu kompensieren, **noch bevor** die Temperatur tatsächlich ansteigt.
- Dadurch bleibt die Temperatur im Reaktor **konstant**, und der Prozess bleibt stabil.



- 1.Schnellere Reaktion:** Die Regelung kann **sofort** auf Störungen reagieren, bevor sie sich im Prozess negativ auswirken.
- 2.Verbesserte Stabilität:** Durch die proaktive Anpassung der Stellgrößen bleibt der Prozess stabiler, und Schwankungen werden minimiert.
- 3.Effizientere Prozessführung:** Indem Störungen direkt kompensiert werden, können Produkte **gleichmäßiger** und mit höherer Qualität hergestellt werden.



- Aufwändige Messung:** Die Störgrößen müssen zuverlässig gemessen und überwacht werden. Dies erfordert zusätzliche **Sensoren** und **Messgeräte**, was mit Kosten und Wartungsaufwand verbunden ist.
- Komplexität der Regelung:** Die Implementierung einer Störgrößenaufschaltung erhöht die **Komplexität** des Regelungssystems. Der Regler muss so programmiert werden, dass er die zusätzlichen Informationen korrekt verarbeitet.
- Risiko von Überkompensation:** Wenn der Regler nicht korrekt auf die Störgrößenaufschaltung eingestellt ist, besteht die Gefahr einer **Überkompensation**, was zu Instabilität im Prozess führen kann..

DURCHFLUSSVERHÄLTNISREGELUNG

Regelungstechnik



Die **Durchflussverhältnisregelung** (auch **Ratio-Regelung** genannt) ist eine spezielle Regelungsstrategie, bei der das Verhältnis zwischen zwei oder mehreren Durchflüssen konstant gehalten wird. Diese Regelung wird oft in industriellen Prozessen angewendet, bei denen verschiedene Stoffströme miteinander kombiniert werden, und ein festes Mischungsverhältnis oder Verhältnis zwischen den Stoffströmen erforderlich ist.

In der Durchflussverhältnisregelung wird ein **Hauptdurchfluss** (Master-Durchfluss) als Referenz genommen, und der **Nebendurchfluss** (Slave-Durchfluss) wird so geregelt, dass ein festes Verhältnis zwischen diesen beiden Durchflüssen eingehalten wird.

- **Master-Durchfluss:** Dieser wird direkt gemessen und beeinflusst in der Regel nicht direkt den Prozess, sondern gibt den Maßstab für den zu regelnden Nebendurchfluss vor.
- **Slave-Durchfluss:** Der Slave-Durchfluss wird so geregelt, dass er im gewünschten Verhältnis zum Master-Durchfluss steht. Die Regelung erfolgt durch ein Stellglied (z.B. Ventil oder Pumpe), das den Slave-Durchfluss anpasst.

Beispiel einer Durchflussverhältnisregelung:

Stell dir vor, du hast einen chemischen Reaktor, in den zwei Stoffströme (z.B. **Säure** und **Base**) geleitet werden. Um die Reaktion effizient durchzuführen, muss das Verhältnis der Säure zur Base konstant bei **1:2** gehalten werden.

- Der **Säurefluss** wird als **Master** genommen. Diesen Fluss kannst du direkt messen und regeln.
- Der **Basefluss** wird als **Slave** genommen und so geregelt, dass er immer doppelt so hoch wie der Säurefluss ist. Wenn der Säurefluss zunimmt, muss der Basefluss entsprechend angepasst werden, damit das Verhältnis 1:2 erhalten bleibt.

DURCHFLUSSVERHÄLTNISREGELUNG

Regelungstechnik

Vorteile der Durchflussverhältnisregelung:

- 1. Konstante Mischungsverhältnisse:** Sie ermöglicht es, ein festes Mischungsverhältnis zwischen zwei oder mehr Stoffströmen zu halten, was bei vielen chemischen Reaktionen oder Mischprozessen entscheidend ist.
- 2. Flexibilität:** Wenn sich der Master-Durchfluss ändert (z.B. wenn eine Pumpe mehr oder weniger liefert), wird der Slave-Durchfluss automatisch angepasst, ohne dass manuell eingegriffen werden muss.
- 3. Stabilität im Prozess:** Durch die genaue Regelung der Verhältnisse können Schwankungen im Prozess reduziert werden, was zu einer stabileren und effizienteren Prozessführung führt.

Komponenten einer Durchflussverhältnisregelung:

- 1. Durchflusssensoren:** Es gibt mindestens zwei Durchflusssensoren – einen für den Master-Durchfluss und einen für den Slave-Durchfluss. Sie messen den aktuellen Durchfluss der jeweiligen Stoffe.
- 2. Regler:** Ein Regler vergleicht das tatsächliche Verhältnis zwischen Master- und Slave-Durchfluss mit dem gewünschten Verhältnis (z.B. 1:2) und steuert die Stellgröße des Slave-Durchflusses (z.B. das Ventil oder die Pumpe), um das Verhältnis zu halten.
- 3. Stellglied:** Das Stellglied (meist ein Ventil oder eine Pumpe) steuert den Slave-Durchfluss, indem es den Fluss so anpasst, dass das Verhältnis zum Master-Durchfluss immer korrekt ist.

Wie funktioniert's?

1. Der **Master-Durchfluss** wird gemessen und bleibt entweder konstant oder variiert.
2. Der **Slave-Durchfluss** wird ebenfalls gemessen, und der Regler vergleicht das tatsächliche Verhältnis der beiden Durchflüsse.
3. Falls das Verhältnis nicht mit dem Sollverhältnis übereinstimmt, passt der Regler den Slave-Durchfluss an, indem er das Ventil öffnet oder schließt oder die Pumpe beschleunigt oder verlangsamt.

Zu den wichtigen automatischen Regelungsarten zählen die **Kaskadenregelung** und die **Störgrößenaufschaltung**.

1. Erkläre die Funktionsweise der beiden Regelungsarten.
2. Erkläre anhand eines Beispiels, unter welchen Bedingungen die jeweilige Regelungsart bevorzugt eingesetzt wird.

Zu den wichtigen automatischen Regelungsarten zählen die **Kaskadenregelung** und die **Störgrößenaufschaltung**.

1. Erkläre die Funktionsweise der beiden Regelungsarten.
2. Erkläre anhand eines Beispiels, unter welchen Bedingungen die jeweilige Regelungsart bevorzugt eingesetzt wird.

Zu den wichtigen automatischen Regelungsarten zählen die **Kaskadenregelung** und die **Störgrößenaufschaltung**.

1. Erkläre die Funktionsweise der beiden Regelungsarten.
2. Erkläre anhand eines Beispiels, unter welchen Bedingungen die jeweilige Regelungsart bevorzugt eingesetzt wird.

a) Erklärung der einzelnen Regelungsarten

(8 Punkte)

1. Kaskadenregelung:

Bei der Kaskadenregelung sind **zwei Regler** hintereinandergeschaltet: ein **Hauptregler** (Führungsregler) und ein **Hilfsregler** (Folgeregler). Die **Stellgröße** des Hauptreglers dient als **Führungsgröße** für den Hilfsregler.

Ein **Zwischensignal** (Hilfsregelgröße) wird am Anfang der Regelstrecke erfasst und direkt über den Hilfsregler ausgeregelt. Das System wartet also nicht darauf, dass sich eine Störung bis zum Hauptregler auswirkt. Stattdessen wird schon vorher eingegriffen.

Dadurch wird ein schnelleres und präziseres Reagieren auf **Störungen** ermöglicht, da die Kaskadenregelung die Störung in einem **untergeordneten Regelkreis** (Hilfsregelkreis) abfängt, bevor sie den **Hauptregelkreis** beeinflusst.

2. Störgrößenaufschaltung:

Die Störgrößenaufschaltung ist eine Kombination aus **Steuerung** und **Regelung**. Eine **Störgröße** wird mit einem Messgerät erfasst und direkt auf den Regler **ingespeist**. Sobald die Störgröße erkannt wird, kann der Regler **vorzeitig** reagieren, anstatt auf die Veränderung der Hauptregelgröße zu warten. Dadurch kann die Störung schnell und effektiv kompensiert werden.

Beispiel: Wenn ein plötzlicher Druckabfall im Kühlwassersystem auftritt, wird diese Information sofort in den Regelkreis eingespeist, sodass der Regler die Kühlwassermenge entsprechend anpassen kann.

Zu den wichtigen automatischen Regelungsarten zählen die **Kaskadenregelung** und die **Störgrößenaufschaltung**.

1. Erkläre die Funktionsweise der beiden Regelungsarten.
2. Erkläre anhand eines Beispiels, unter welchen Bedingungen die jeweilige Regelungsart bevorzugt eingesetzt wird.

Anwendungsszenarien und Bedingungen für den Einsatz der Regelungsarten

(8 Punkte)

Kaskadenregelung:

Wann wird sie angewendet?

Eine Kaskadenregelung ist sinnvoll, wenn eine **messbare und beeinflussbare Störgröße** vorliegt. Zum Beispiel bei der **Temperaturregelung** eines Behälters, der mit Heißdampf beheizt wird.

Beispiel:

Hier ist die Störgröße die **Dampfdruckschwankung**. Die Hauptregelgröße in diesem Fall ist die **Temperatur** des Behälters. Der Hilfsregler regelt den **Durchfluss des Heißdampfs**. Sobald Schwankungen im Dampfdruck auftreten, werden sie vom Hilfsregelkreis (Durchflussregelung des Dampfes) erkannt und ausgeglichen, bevor sie die Temperatur im Hauptregelkreis beeinflussen. Dadurch reagiert die Regelung schneller und präziser.

Störgrößenaufschaltung:

Wann wird sie angewendet?

Sie wird eingesetzt, wenn es eine **Hauptstörgröße** gibt, die messbar und lokalisierbar ist, jedoch nicht direkt beeinflussbar. Ein Beispiel ist die **Temperaturregelung** eines mit Dampf betriebenen Wärmetauschers für Warmwasserversorgung.

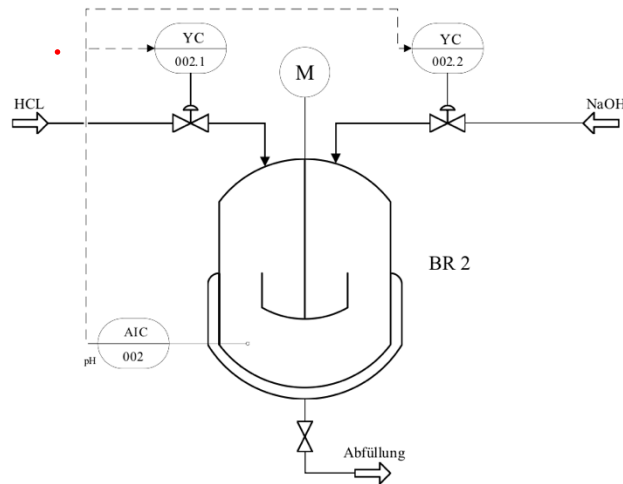
Beispiel:

Die **Austrittstemperatur** des Warmwassers soll konstant bleiben. Allerdings schwankt der **Durchsatz des Wassers** zum Wärmetauscher. Hier ist die **Wassertemperatur** die Hilfsregelgröße, die direkt auf den Regler wirkt. Dadurch kann der Regler sofort reagieren, bevor sich die Änderung der Durchflussmenge auf die Austrittstemperatur auswirkt.

Klausuraufgabe IHK

Regelungstechnik

Ein neuer Mitarbeiter, der sich gerade in der Einarbeitung befindet, kommt mit dem Fließschema des Rührkes-
sels BR 2 auf Sie zu. Er hat Verständnisschwierigkeiten mit der Regelung AIC002.



a Mögliche Punktzahl: 4

Stellen Sie in der Anlage 1 die Abhängigkeit der Ventilstellung/des Hubs vom Ausgang des Reglers y_R in Prozent dar.

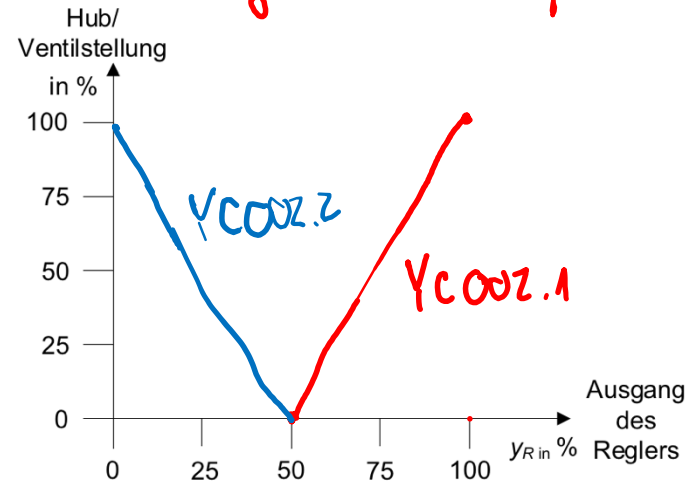
b Mögliche Punktzahl: 6

Nennen Sie den Namen dieser Regelstrategie und erklären Sie Ihrem Mitarbeiter die Funktion anhand der Kennlinie aus a).

c Mögliche Punktzahl: 2

Nennen Sie ihm ein weiteres Beispiel für den Einsatz einer solchen Regelung.

Split-Range-Regelung



c)

Temperaturregelung
- Heiz-Kühl-Kreislauf

Druckregelung

b) zwei Bereiche (50%)

-> wenn pH-Wert größer als Sollwert (50-100%)

-> YC 002.1 wird geöffnet (HCl)

-> pH wird gesenkt

-> wenn pH-Wert kleiner als Sollwert (0-50%)

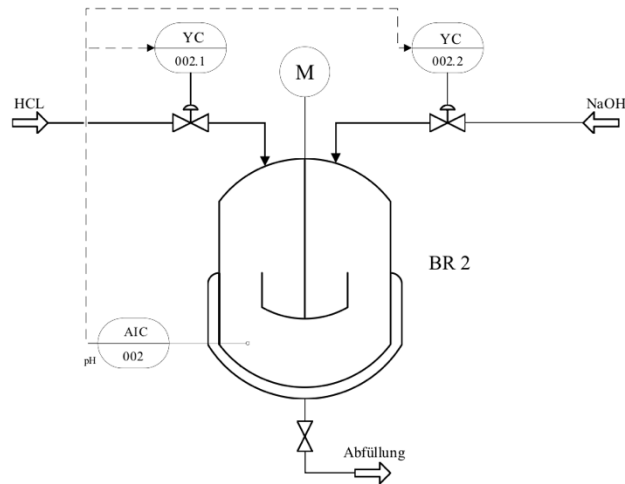
-> YC 002.2 geöffnet

-> pH-Wert steigt

Klausuraufgabe

Regelungstechnik

Ein neuer Mitarbeiter, der sich gerade in der Einarbeitung befindet, kommt mit dem Fließschema des Rührkessels BR 2 auf Sie zu. Er hat Verständnisschwierigkeiten mit der Regelung AIC002.



a Mögliche Punktzahl: 4

Stellen Sie in der Anlage 1 die Abhängigkeit der Ventilstellung/des Hubs vom Ausgang des Reglers y_R in Prozent dar.

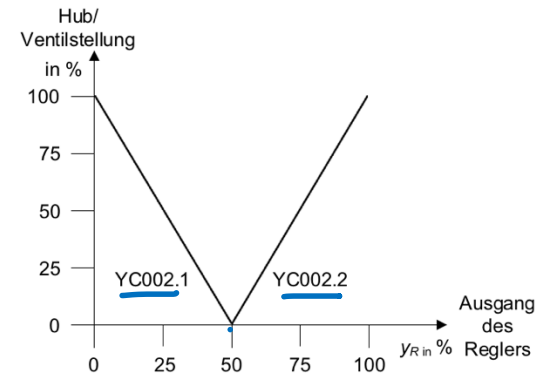
b Mögliche Punktzahl: 6

Nennen Sie den Namen dieser Regelstrategie und erklären Sie Ihrem Mitarbeiter die Funktion anhand der Kennlinie aus a).

c Mögliche Punktzahl: 2

Nennen Sie ihm ein weiteres Beispiel für den Einsatz einer solchen Regelung.

a Mögliche Punktzahl: 4



b Mögliche Punktzahl: 6

Split-Range-Regelung:

Der pH-Wert wird mittels pH-Sonde im Rührkessel BR 2 gemessen. Am Regler AIC002 wird der gewünschte pH-Wert als Führungsgröße eingestellt. Das Ausgangssignal des Reglers, die Stellgröße y , wird in zwei Teilbereiche aufgeteilt (gesplittet). Bei 50 % des Stellbereichs sind beide Ventile geschlossen. Von 50 % bis 0 % öffnet z. B. das HCL-Ventil, in einem Bereich von 50 % bis 100 % öffnet das NaOH-Ventil.

c Mögliche Punktzahl: 2

- Druckregelung
- Heiz-Kühl-Kreislauf
- Luftkondensator (Drehzahl, Jalousie)



GRAFCET (Grphe Fonctionnel de Commande Etapes/Transitions) ist eine grafische Methode, die zur Beschreibung und Planung von Steuerungsprozessen in Automatisierungssystemen eingesetzt wird. Ein GRAFCET-Funktionsplan stellt den Ablauf eines automatisierten Prozesses in klaren, logischen Schritten dar. Das Konzept basiert auf Zuständen (Schritten) und den Bedingungen (Transitionen), die erfüllt sein müssen, um von einem Zustand in den nächsten zu wechseln.

Grundbestandteile eines Funktionsplans nach GRAFCET:

1. **Schritte (Steps):** Stellen die einzelnen Zustände des Systems dar, in denen Aktionen ausgeführt werden.
2. **Transitionen (Transitions):** Bedingungen, die erfüllt sein müssen, um vom aktuellen Schritt zum nächsten zu wechseln.
3. **Aktionen (Actions):** Aktionen, die in den einzelnen Schritten ausgeführt werden. Diese können zeitlich begrenzt oder kontinuierlich sein.
4. **Verzweigungen (Branching):** Ermöglicht es, mehrere mögliche Pfade im Ablauf zu definieren, die aufgrund verschiedener Bedingungen genommen werden können.
5. **Verknüpfungsoperatoren (Logic Operators):** Nutzen logische Operationen, um die verschiedenen Aktionen und Transitionen zu verknüpfen.

Diese Elemente werden im Funktionsplan in einer grafischen Darstellung organisiert, um den Ablauf und die Logik der Steuerungsprozesse klar zu strukturieren.

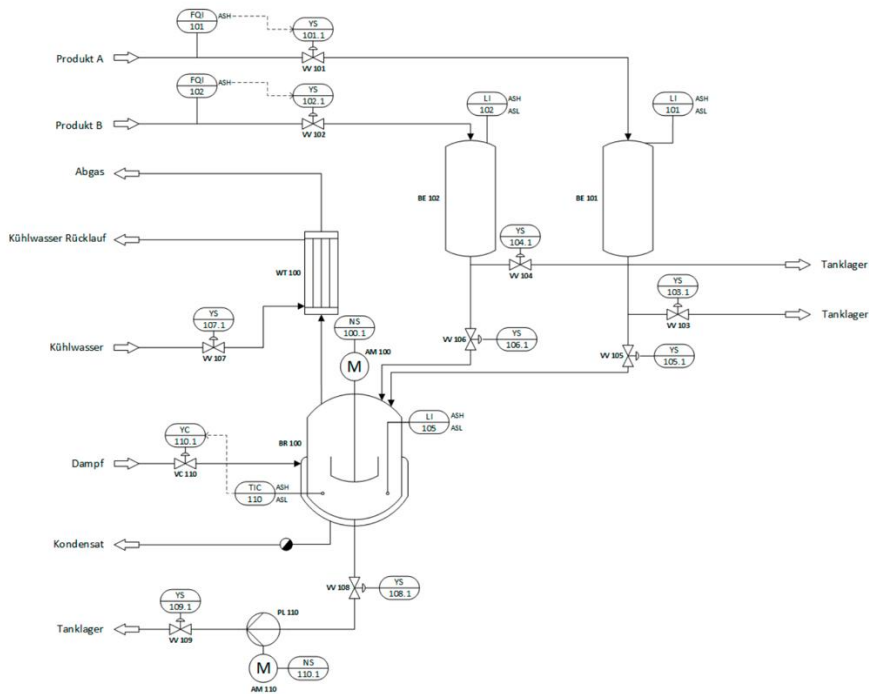
Mögliche Punktzahl: 25

Das dargestellte Fließschema in Anlage 3 zeigt einen diskontinuierlich betriebenen Reaktionsapparat (BR 100).

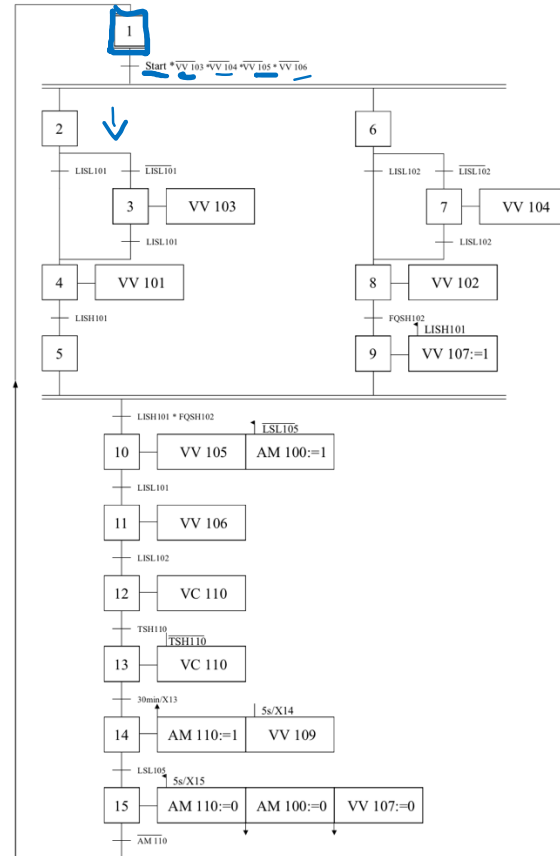
Die Anlage läuft automatisiert. Die Automatisierung erfolgt mithilfe eines Ablaufplans nach Grafcet (Anlage 4).

Beschreiben Sie für eine Schulung der Betriebsmitarbeiter den Ablauf des Prozesses.

Gehen Sie dabei auf die einzelnen Aktionen und Weberschaltbedingungen ein.



Anlage 4 zu Aufgabe 6 (Grafcet-Plan)



Prozess startet, wenn Start-Taste betätigt und alle Ablassventile der Behälter BE 101 und 102 geschlossen sind.

zeitgleich Befüllung

→ BE 101 wird befüllt, falls er leer ist (LISH 101), sonst wird Rest über V 103 abgelassen

→ Befüllung bis LISH 101 erreicht
-Anlage für BE 102

-Befüllung bis voll, wenn Behälter sonst Rest zum Tanklager

-Wenn beide Behälter voll sind wird während die Kühlwasserzufuhr des Wärmetauschers gestoppt

Aufgabe 6

Mögliche Punktzahl: 25

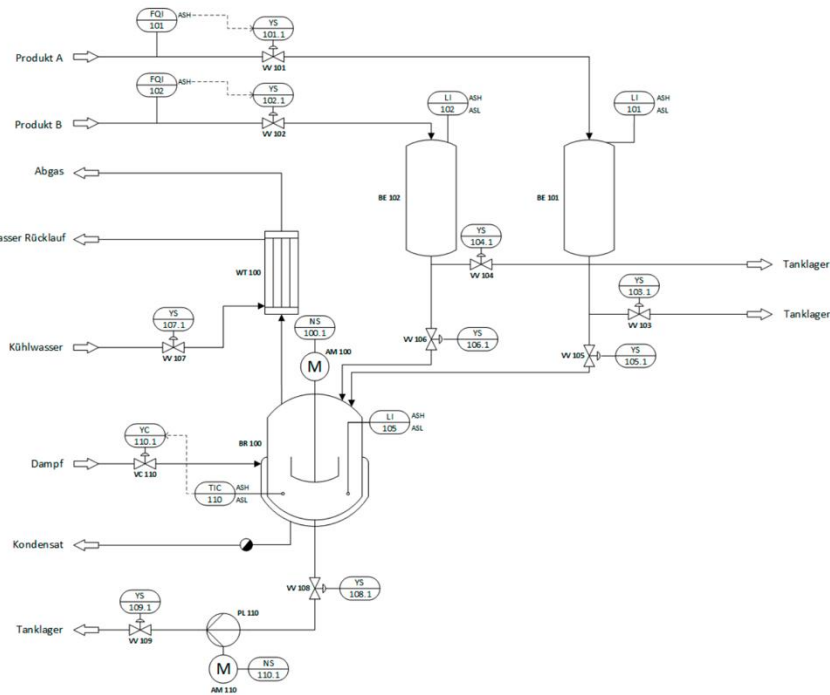
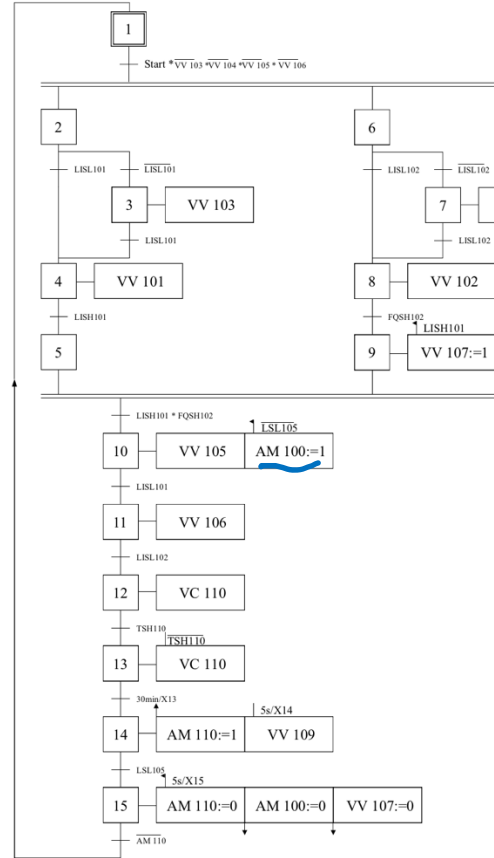
Das dargestellte Fließschema in Anlage 3 zeigt einen diskontinuierlich betriebenen Reaktionsapparat (BR 100).

Die Anlage läuft automatisiert. Die Automatisierung erfolgt mithilfe eines Ablaufplans nach Grafset (Anlage 4).

Beschreiben Sie für eine Schulung der Betriebsmitarbeiter den Ablauf des Prozesses.

Gehen Sie dabei auf die einzelnen Aktionen und Weberschaltbedingungen ein.

Anlage 4 zu Aufgabe 6 (Grafset-Plan)



Wenn Behälter 101 und 102 voll und
Kühlwasser an
→ Zufuhr von Produkt A über V105, wenn
BE 100 nicht leer dann wird speichernd
das Rührwerk angeschaltet
→ Zufuhr bis BE 101 leer ist
→ Zufuhr von Produkt B über V106,
bis BE 102 leer ist
→ Dampfzufuhr über VC 110 bis
Reaktionstemperatur TSH 110 erreicht ist
→ Reaktion findet findet für 30min
bei Temperatur TSH 110 statt
- Pumpe wird spürend eingeschaltet
5s danach Ventil 105 geöffnet
Reaktionsgemisch ins Tanklager bis
BR 100 leer ist

15) 5s nach Beginn Pumpe aus, Motor
aus, Kühlwasser aus
→ zurück zum Start

Aufgabe 6

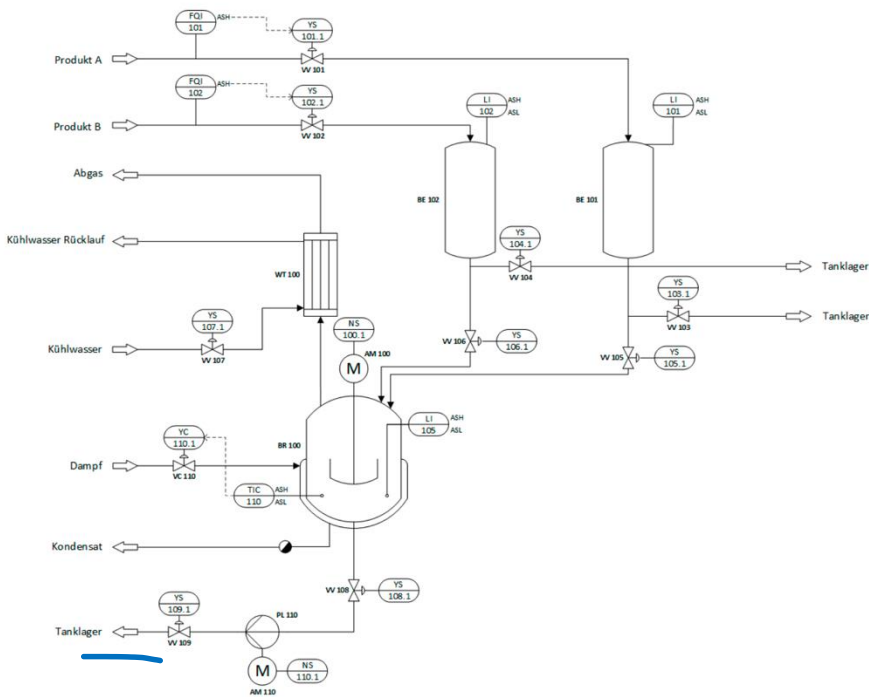
Mögliche Punktzahl: 25

Das dargestellte Fließschema in Anlage 3 zeigt einen diskontinuierlich betriebenen Reaktionsapparat (BR 100).

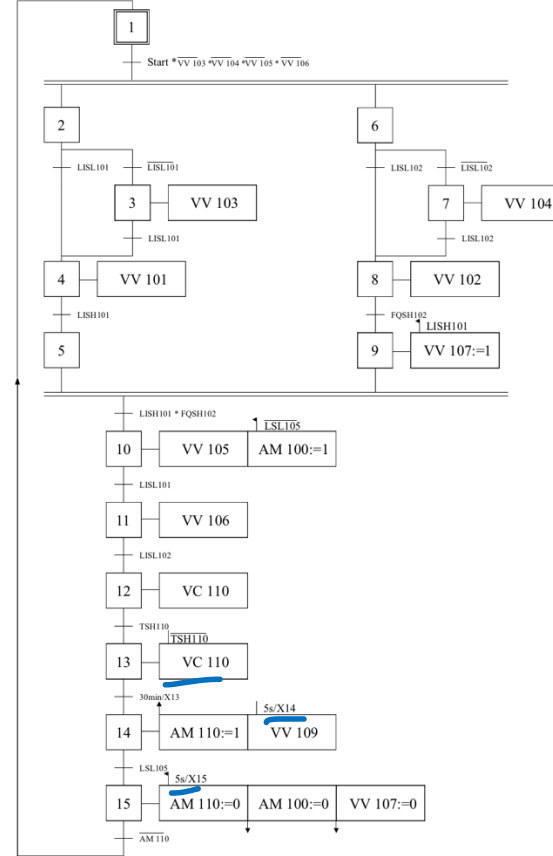
Die Anlage läuft automatisiert. Die Automatisierung erfolgt mithilfe eines Ablaufplans nach Grafcet (Anlage 4).

Beschreiben Sie für eine Schulung der Betriebsmitarbeiter den Ablauf des Prozesses.

Gehen Sie dabei auf die einzelnen Aktionen und Weberschaltbedingungen ein.



Anlage 4 zu Aufgabe 6 (Grafcet-Plan)



Lösungshinweise Aufgabe 6

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 2 c)]

Mögliche Punktzahl: 25

Um den Prozess zu starten, muss ein Taster „Start“ betätigt werden. Der Vorgang darf dann nur starten, wenn alle Ablassarmaturen der Vorlagenbehälter BE 101 und BE 102 geschlossen sind.

Der Behälter BE 101 soll bis zum oberen Grenzwert mit Produkt A gefüllt werden.

Zeitgleich wird der Behälter BE 102 mit einem vorgegebenem Volumen befüllt.

Befindet sich in einem der Behälter noch Restprodukt, wird dieses ins Tanklager abgelassen werden.

Nur wenn beide Vorlagenbehälter gefüllt sind, öffnet das Kühlwasservertil VV 107 zum WT 100.

Dann wird zuerst Produkt A in den BR 100 abgelassen.

Sobald der Stand im BR 100 über den unteren Grenzwert (LISL105) steigt, startet der Rührmotor AM 100.

Wenn der Behälter BE 101 vollständig in den Rührreaktor abgelassen wurde, wird der Inhalt des Behälters BE 102 auch in den BR 100 entleert.

Um die Reaktion zu starten, wird der Behälterinhalt des BR 100 bis zur Reaktionstemperatur aufgeheizt (TSH110).

Sobald die Temperatur erreicht ist, läuft die Reaktionszeit von 30 Minuten ab.

Wenn während dieser Zeit die Temperatur fällt, soll das Dampfventil wieder öffnen und bis zum Erreichen der Reaktionstemperatur geöffnet bleiben.

Sobald die Reaktionszeit abgelaufen ist, wird der gesamte Inhalt des BR 100 in das Tanklager gepumpt.

Um die Kreiselpumpe PL 110 vor Beschädigungen zu schützen, wird diese fachgerecht in Betrieb genommen. Dafür öffnet die Druckseite der Pumpe erst 5 Sekunden nach dem Starten der Pumpe. Bei Deaktivierung der Pumpe läuft die Pumpe ebenso 5 Sekunden gegen die geschlossene Druckseite.

Nach der Entleerung werden der Rührer sowie der Rückflusskühler WT 100 außer Betrieb genommen.

Der Prozess startet unter erneutem Betätigen des Starttasters und der oben angegebenen Bedingungen.



TIW GmbH ©

FLIEßSCHEMATA

Grundfließschema
Verfahrensfließschema
RI-Fließschema

*Kapitel aus dem IHK-Rahmenplan
Prozessleittechnik*



Ein **Grundfließschema** (auch Grundfließbild genannt) ist die einfachste Form eines Fließschemas in der Verfahrenstechnik. Es dient als erster Überblick über den Aufbau, den Ablauf und die wesentlichen Schritte eines verfahrenstechnischen Prozesses. Das Grundfließschema stellt die grundlegenden Prozessschritte und Apparate einer Anlage grafisch vereinfacht dar und liefert somit eine Übersicht über den Stoff- und Energiefluss im System.

Zweck des Grundfließschemas:

- Gibt eine klare Übersicht über den gesamten Prozessablauf.
- Dient als Ausgangspunkt für detailliertere Fließschemata, wie das Verfahrensfliesschema oder das Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (R&I-Schema).
- Ermöglicht die Kommunikation zwischen verschiedenen Abteilungen (Planung, Betrieb, Instandhaltung) und erleichtert das Verständnis komplexer Prozesse.

Charakteristik eines Grundfließschemas:

- **Vereinfachte Darstellung:** Es zeigt den Prozess auf einem groben Niveau, wobei die Details der technischen Ausführung, Rohrleitungen und Instrumentierungen noch nicht spezifiziert werden.
- **Symbole:** Die verwendeten Symbole sind relativ einfach gehalten (z. B. Rechtecke für Apparate), wodurch der Fokus auf den Hauptprozessen liegt.
- **Hauptstoff- und Energieflüsse:** Es stellt die Fließwege der Stoffe und Energien (z. B. Dampf, Kühlwasser) im Prozess dar



Ein **Verfahrensfließschema** (auch Verfahrensfließbild genannt) ist eine grafische Darstellung des Prozesses in einer verfahrenstechnischen Anlage. Es zeigt den detaillierten Ablauf des Verfahrens und gibt dabei einen Überblick über die Abfolge der einzelnen Schritte und Komponenten. Im Vergleich zum Grundfließschema enthält das Verfahrensfließschema detailliertere Informationen, insbesondere über die Art der Apparate, die beteiligten Stoffströme und grundlegende Betriebsbedingungen. Allerdings ist es weniger detailliert als ein R&I-Fließschema, da es keine exakten Angaben zu Rohrleitungen, Instrumentierung oder Steuerungseinrichtungen macht.

Zweck des Verfahrensfließschemas:

- **Planung:** Hilft bei der Planung und Entwicklung des gesamten Verfahrensablaufs und dient als Grundlage für die technische Auslegung der Anlage.
- **Übersicht:** Bietet einen Überblick über den Prozessfluss, die verwendeten Apparate und Maschinen sowie die zu verarbeitenden Stoffe.
- **Optimierung:** Dient als Basis für die Analyse und Optimierung der Produktionsprozesse.
- **Kommunikation:** Wird verwendet, um technische Abläufe zwischen Ingenieuren, Technikern und Anlagenbetreibern zu besprechen und zu kommunizieren.

Charakteristik des Verfahrensfließschemas:

- **Grobe Darstellung:** Im Vergleich zum R&I-Fließschema zeigt das Verfahrensfließschema die Apparate und Anlagenkomponenten auf einer eher abstrakten Ebene.
- **Einsatz von Symbolen:** Verwendet standardisierte Symbole (z. B. gemäß DIN EN ISO 10628) für Apparate, Maschinen und Prozessströme.
- **Hauptstoff- und Energieflüsse:** Bildet die wichtigsten Stoff- und Energieflüsse im Prozess ab, inklusive der Kennzeichnung der Hauptrohstoffe, Zwischenprodukte und Endprodukte.



Ein **R&I-Fließschema** (Rohrleitungs- und Instrumentierungsfließschema) ist eine detaillierte technische Zeichnung, die den gesamten Ablauf eines verfahrenstechnischen Prozesses in einer Industrieanlage darstellt. Es dient dazu, die Struktur, Komponenten und Funktionsweise der Anlage genau zu beschreiben und liefert dabei wichtige Informationen über alle Rohrleitungen, Instrumente, Apparate, und Steuerungseinrichtungen.

Zweck des R&I-Fließschemas:

- Das R&I-Fließschema stellt die **komplexen Zusammenhänge** in einer Anlage übersichtlich dar und dient als Planungs- und Dokumentationsgrundlage.
- Es wird genutzt, um den **Gesamtprozess** und dessen Automatisierung zu überwachen, zu steuern, und sicher zu betreiben.
- Im Kontext der Anlagenplanung, Instandhaltung und Fehlersuche ist es ein zentrales Werkzeug.

Charakteristik eines R&I-Fließschemas:

- **Höchster Detailgrad:** Es zeigt alle wichtigen technischen Details der Anlage, einschließlich der Apparate, Rohrleitungen, Armaturen, Mess- und Steuerinstrumente.
- **Normierte Symbole:** Verwendet standardisierte grafische Symbole gemäß DIN EN ISO 10628 (Fließschemata für verfahrenstechnische Anlagen). Jedes Symbol repräsentiert ein spezifisches Anlagenteil oder Instrument, z. B. Ventile, Pumpen, Sensoren.
- **Informationsfülle:** Enthält eine Vielzahl von Informationen, darunter Betriebsparameter (Druck, Temperatur, Durchfluss), Medienkennzeichnungen, Werkstoffangaben sowie Identifikationsnummern der Komponenten.

S. 352-354

Kriterium	Grundfließschema	Verfahrensfließschema	R&I-Fließschema
Details zur Anlage	Grobe Darstellung von Verfahrensschritten	Detaillierte Darstellung der Anlagenteile	Sehr detailliert, inkl. Instrumentierung
Darstellungsmittel	Rechtecke und Linien	Grafische Symbole nach DIN EN ISO 10628	Grafische Symbole, Linien, Bezeichnungen
Hauptinformationen	Hauptstoffströme, Energieflüsse	Art der Apparate, Fließwege, Betriebsbedingungen	Alle Apparate, Rohrleitungen, Instrumente
Zweck	Überblick des Prozesses	Konkrete Darstellung des Verfahrensablaufs	Technische Planung, Wartung, Instandhaltung

Fließschemata

Aufgabe

Sie sind Tagschichtmeister in der Soda-Produktion eines kleineren Chemieunternehmens, welches sich auf die Absatzmärkte Pharma und Lebensmittel konzentriert hat.

Zu Ihren Aufgaben gehören Steuerung und Überwachung des Produktionsprozesses, Qualitätsmanagement, Arbeitssicherheit, Kostenverantwortung sowie Personalführung.

Die Produktion wird im Schichtbetrieb geführt. Die Schichtmannschaft besteht jeweils aus einem Schichtmeister, zwei Chemikanten und zwei angeleiteten Anlagenfahrern. Für die Rohstoff- und Qualitätskontrolle haben Sie noch eine Chemielaborantin und zwei Industriemechaniker für anfallende Instandhaltungsarbeiten beschäftigt. Ihr Betrieb ist nach der gültigen QM-Norm zertifiziert.

Die Herstellung des hochreinen Natriumcarbonats (Soda) verläuft wie folgt beschrieben:

Eine aus Kochsalz hergestellte gesättigte NaCl-Lösung (Sole) wird zunächst mit Calciumhydroxid und Natriumcarbonat behandelt, um die störenden Calcium- und Magnesium-Ionen als schwerlösliches Calciumcarbonat und Magnesiumhydroxid zu entfernen. Nach der Filtration wird die Sole in einer ersten Absorptionskolonne KO 1 mit Ammoniakgas gesättigt.

In der zweiten Absorptionskolonne KO 2 wird bei ca. 40 °C die ammoniakalische Sole im Gegenstromprinzip mit Kohlenstoffdioxid versetzt. Die Fällung des Natriumhydrogencarbonats ist exotherm, sodass die Temperatur rasch auf ca. 60 °C ansteigt.

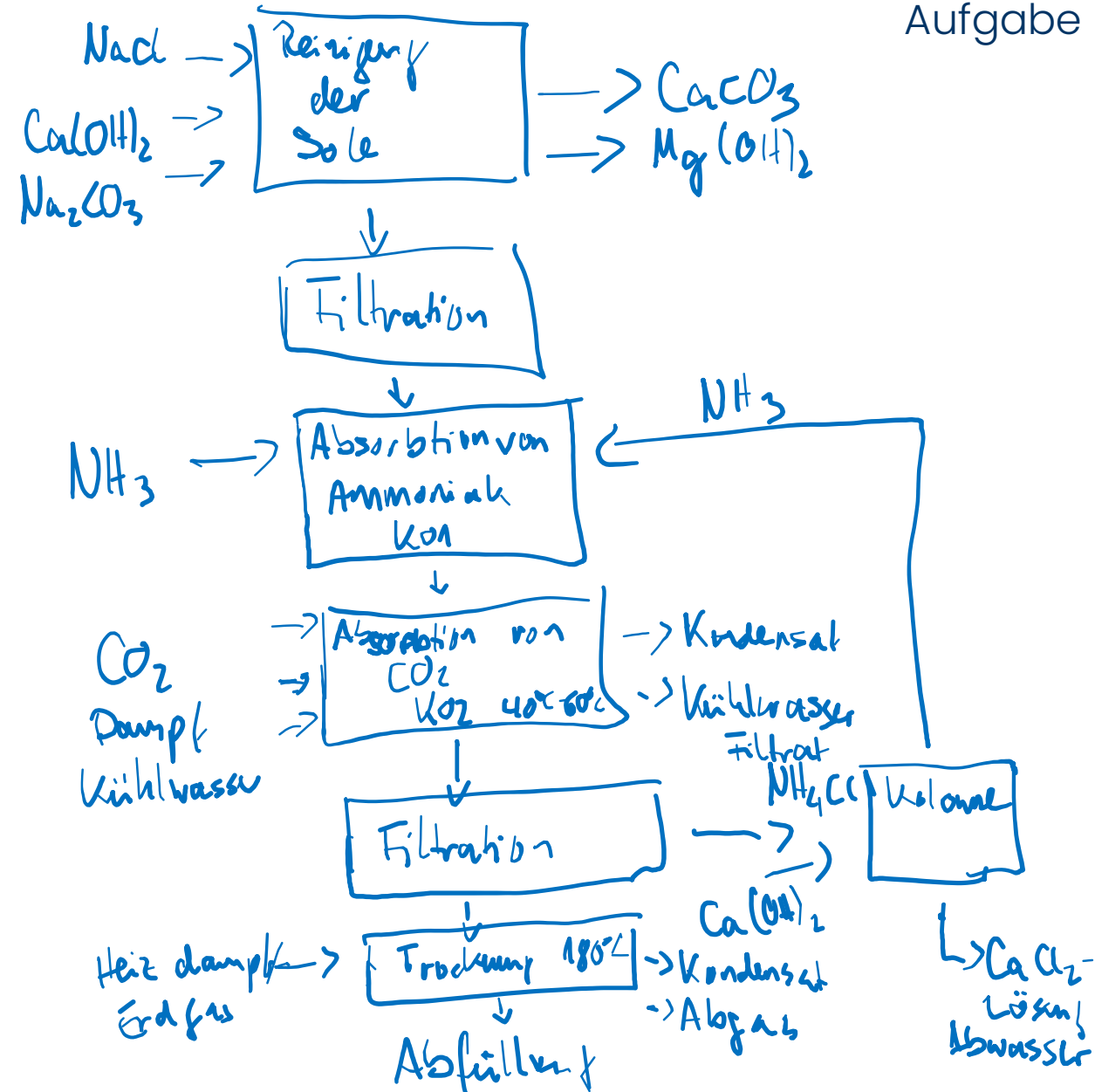
Das ausgefallene Natriumhydrogencarbonat wird in einem Vakuumdrehfilter isoliert und dann bei ca. 180 °C in einem Drehrohtrockner zu Soda umgewandelt und anschließend in 25-kg-Säcken konfektioniert.

Das ammoniumchloridhaltige Filtrat aus dem Vakuumdrehfilter wird am Kopf einer beheizbaren Kolonne eingespeist, mit Calciumhydroxid-Lösung gemischt und mittels Dampf erhitzt. Dabei zersetzt sich das in der Lösung enthaltene Ammoniumchlorid zu gasförmigem Ammoniak, was als Kreisgas in die erste Absorptionskolonne zurückgeführt wird. Die entstehende kalziumchloridhaltige Lösung wird in das Abwasser abgegeben.

Aufgabe 1

Mögliche Punktzahl: 15

Erstellen Sie aus der Verfahrensbeschreibung ein Grundfließschema mit Zusatzinformationen.



Sie sind Tagschichtmeister in der Soda-Produktion eines kleineren Chemieunternehmens, welches sich auf die Absatzmärkte Pharma und Lebensmittel konzentriert hat.

Zu Ihren Aufgaben gehören Steuerung und Überwachung des Produktionsprozesses, Qualitätsmanagement, Arbeitssicherheit, Kostenverantwortung sowie Personalführung.

Die Produktion wird im Schichtbetrieb geführt. Die Schichtmannschaft besteht jeweils aus einem Schichtmeister, zwei Chemikanten und zwei angelernten Anlagenfahrern. Für die Rohstoff- und Qualitätskontrolle haben Sie noch eine Chemielaborantin und zwei Industriemechaniker für anfallende Instandhaltungsarbeiten beschäftigt. Ihr Betrieb ist nach der gültigen QM-Norm zertifiziert.

Die Herstellung des hochreinen Natriumcarbonats (Soda) verläuft wie folgt beschrieben:

Eine aus Kochsalz hergestellte gesättigte NaCl-Lösung (Sole) wird zunächst mit Calciumhydroxid und Natriumcarbonat behandelt, um die störenden Calcium- und Magnesium-Ionen als schwerlösliches Calciumcarbonat und Magnesiumhydroxid zu entfernen. Nach der Filtration wird die Sole in einer ersten Absorptionskolonne KO 1 mit Ammoniakgas gesättigt.

In der zweiten Absorptionskolonne KO 2 wird bei ca. 40 °C die ammoniakalische Sole im Gegenstromprinzip mit Kohlenstoffdioxid versetzt. Die Fällung des Natriumhydrogencarbonats ist exotherm, sodass die Temperatur rasch auf ca. 60 °C ansteigt.

Das ausgefallene Natriumhydrogencarbonat wird in einem Vakuumdrehfilter isoliert und dann bei ca. 180 °C in einem Drehrohr Trockner zu Soda umgewandelt und anschließend in 25-kg-Säcken konfektioniert.

Das ammoniumchloridhaltige Filtrat aus dem Vakuumdrehfilter wird am Kopf einer beheizbaren Kolonne eingespeist, mit Calciumhydroxid-Lösung gemischt und mittels Dampf erhitzt. Dabei zersetzt sich das in der Lösung enthaltene Ammoniumchlorid zu gasförmigem Ammoniak, was als Kreisgas in die erste Absorptionskolonne zurückgeführt wird. Die entstehende kalziumchloridhaltige Lösung wird in das Abwasser abgegeben.

Aufgabe 1

Mögliche Punktzahl: 15

Erstellen Sie aus der Verfahrensbeschreibung ein Grundfließschema mit Zusatzinformationen.

