



TIW GmbH ©

# PROZESSLEITTECHNIK

Wahrheitstabellen  
Funktionspläne  
GRAFCET

*timo@tiw.de*

*Kapitel aus dem IHK-Rahmenplan  
Prozessleittechnik*



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.

Grundsätzlich: Aktion gilt nur für die Dauer des Schrittes  
-> Stellglieder werden beim Weiterschalten zurückgesetzt

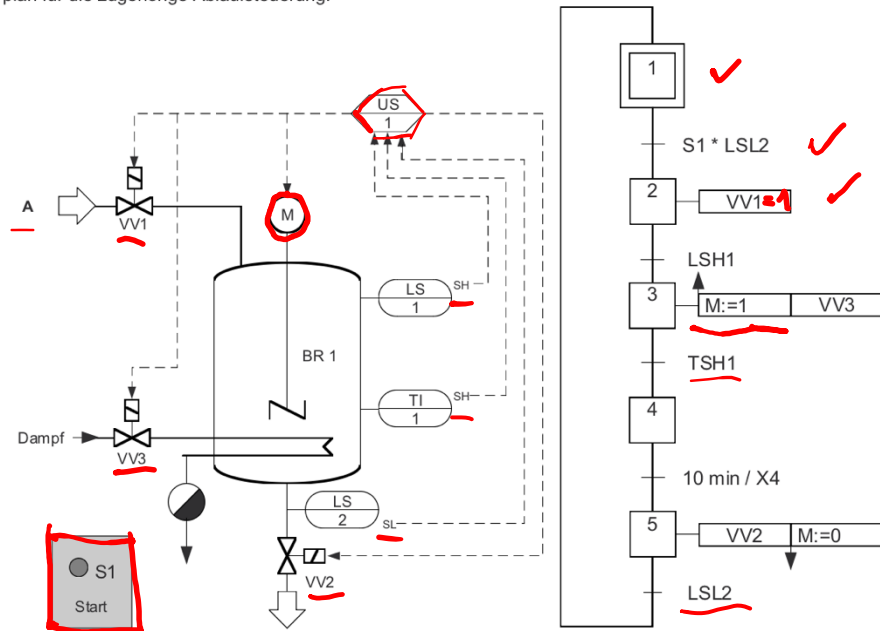
2 Aufgabentypen: Aufstellen von Funktionsplänen/Erklären von Funktionsplänen ? ? ?

Vorgehen: Schritt für Schritt  
→ Transition für Transition

**Aufgabe 5**

Mögliche Punktzahl: 18

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



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

Startschritt

Transitionsbedingungen

Starttaste S1 aktiviert UND

Füllstandsensor LSL2 gibt an dass der Behälter leer ist

Schritt 2

Ventil 1 wird geöffnet bis LSH1 erreicht wird

→ Ventil 1 schließt

Schritt 3

Rührwerk wird speichernd eingeschaltet

Ventil 3 geöffnet → Dampfeinleiter bis

TSH1 erreicht wird

Ventil 3 schließt

Schritt 4 keine Aktion

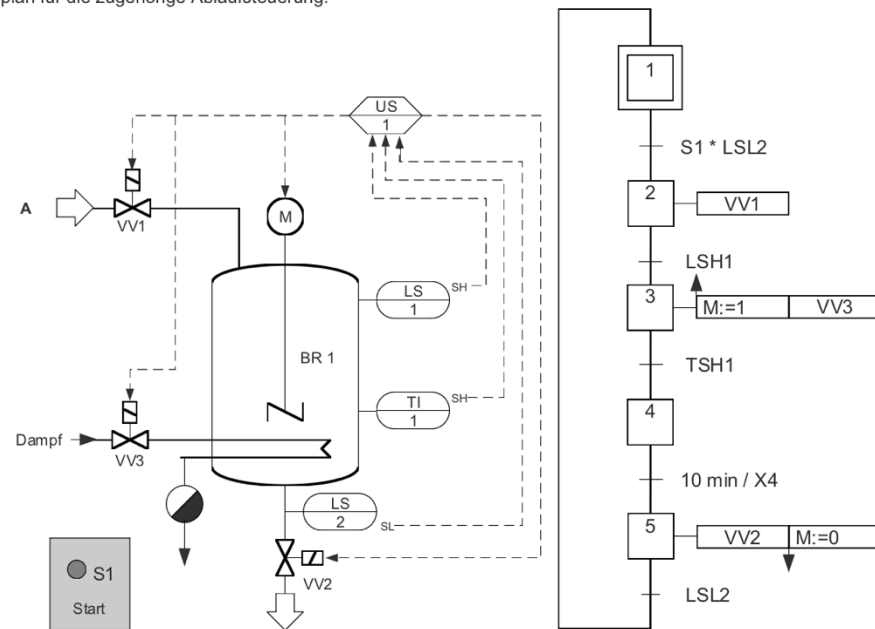
10 min warten (Rührwerk ist an)

Schritt 5 Ventil 2 auf, Motor wird speichernd abgeschaltet → bis Behälter leer

### Aufgabe 5

Mögliche Punktzahl: 18

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



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

### Lösungshinweise Aufgabe 5

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 2 c)]

Mögliche Punktzahl: 18

Funktionsbeschreibung, z. B.:

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

Der Schritt 4 hat selbst keine Aktionen.

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

### Aufgabe 6

Mögliche Punktzahl: 20

Das in Anlage 2 dargestellte Fließbild zeigt eine Batch-Anlage, in der zwei verschiedene Produkte 1 und 2 mit den unterschiedlichen Edukten A, B, C und D nach Rezept produziert werden können.

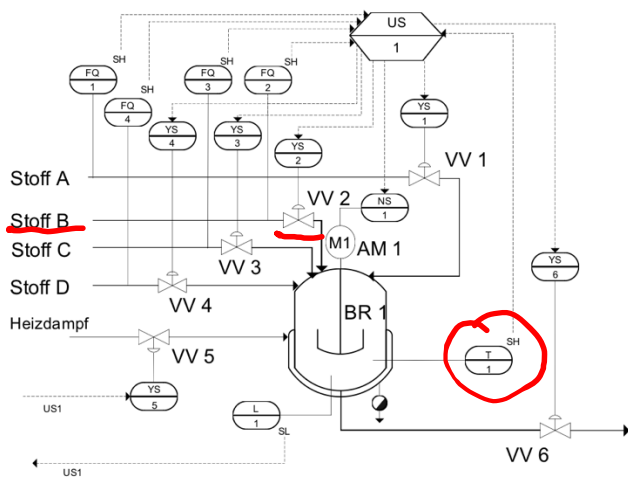
Rezeptur:

Produkt 1	Produkt 2
1.000 kg Stoff A	1.000 kg Stoff A
300 kg Stoff B	350 kg Stoff C
	200 kg Stoff D

In Anlage 3 wird der Funktionsplan nach GRAFCET dargestellt.

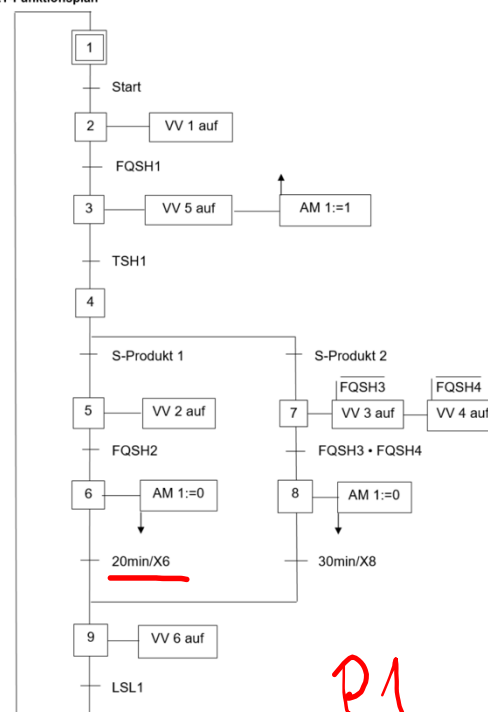
Erstellen Sie anhand des Fließbildes und des Funktionsplans eine Funktionsbeschreibung. Gehen Sie dabei insbesondere auf die Transitionen (Weiterschaltbedingungen) und die Aktionen in den einzelnen Schritten ein.

### Anlage 2 zu Aufgabe 6



### Anlage 3 zu Aufgabe 6

GRAF CET-Funktionsplan



P1

Solange Start nicht wiederholt  
sich der folgende Ablauf  
Schritt 2: Ventil 1 wird geöffnet  
bis 1000kg Stoff A in BR1 geflossen sind  
Ventil 1 wird geschlossen

Schritt 3: Ventil 5 wird geöffnet  
Rührwerk AM1 wird speichernd aktiviert  
Sobald TSH1 erreicht wird  
schließt Ventil 5

Schritt 4  
Auswahl Produkt 1 oder Produkt 2

Produkt 1 (S-Produkt 1)  
Schritt 5: Ventil 2 wird geöffnet, bis  
300kg Stoff B (FQSH2)  
Ventil 2 wird geschlossen  
Schritt 6: Nach 20min wird  
Rührwerk speichernd ausgeschaltet  
Schritt 7

### Aufgabe 6

Mögliche Punktzahl: 20

Das in Anlage 2 dargestellte Fließbild zeigt eine Batch-Anlage, in der zwei verschiedene Produkte 1 und 2 mit den unterschiedlichen Edukten A, B, C und D nach Rezept produziert werden können.

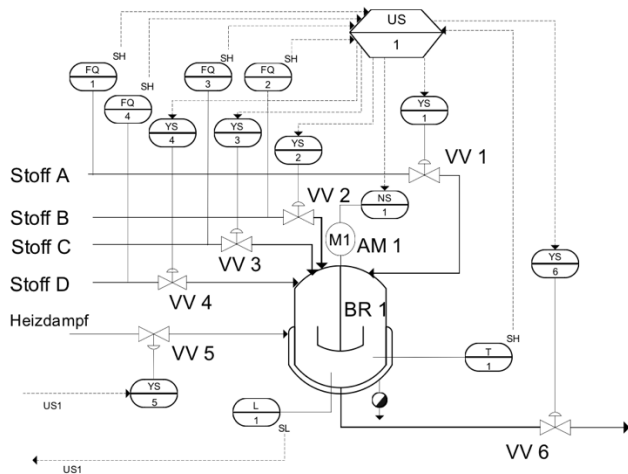
Rezeptur:

Produkt 1	Produkt 2
1.000 kg Stoff A	1.000 kg Stoff A
300 kg Stoff B	350 kg Stoff C
	200 kg Stoff D

In Anlage 3 wird der Funktionsplan nach GRAFCET dargestellt.

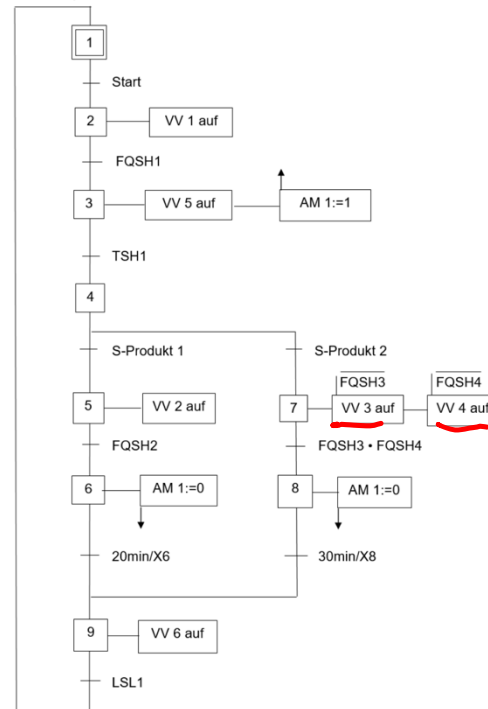
Erstellen Sie anhand des Fließbildes und des Funktionsplans eine Funktionsbeschreibung. Gehen Sie dabei insbesondere auf die Transitionen (Weiterschaltbedingungen) und die Aktionen in den einzelnen Schritten ein.

### Anlage 2 zu Aufgabe 6



### Anlage 3 zu Aufgabe 6

GRAF CET-Funktionsplan



Schritt 4: Auswahl Produkt 1 oder Produkt 2  
Produkt 2 (S-Produkt 2)

Schritt 7: Ventile 3 und 4 geöffnet, wenn FQSH 3 und FQSH 4 nicht erreicht sind.

Ventile 3 und 4 schließen sobald FQSH 3 und FQSH 4 erreicht werden  
(350 kg C) (200 kg D)

Schritt 8: Nach 30 min Homogenisierung wird das Rührwerk speichernd abgeschaltet

Schritt 9: Ventil 6 wird geöffnet bis LSL1 erreicht wird → Behälter ist leer  
Ventil 6 wird geschlossen

→ Schritt 1

### Aufgabe 6

Mögliche Punktzahl: 20

Das in Anlage 2 dargestellte Fließbild zeigt eine Batch-Anlage, in der zwei verschiedene Produkte 1 und 2 mit den unterschiedlichen Edukten A, B, C und D nach Rezept produziert werden können.

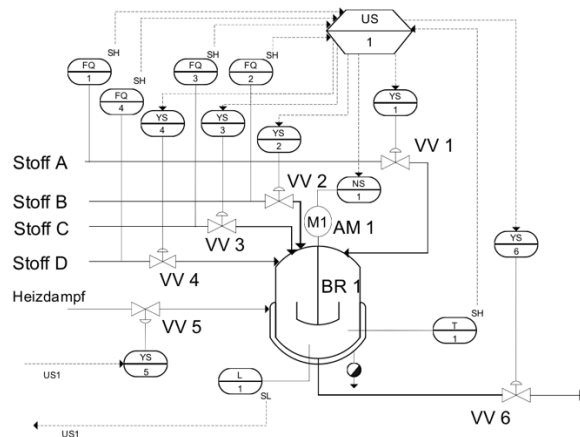
Rezeptur:

Produkt 1	Produkt 2
1.000 kg Stoff A	1.000 kg Stoff A
300 kg Stoff B	350 kg Stoff C
	200 kg Stoff D

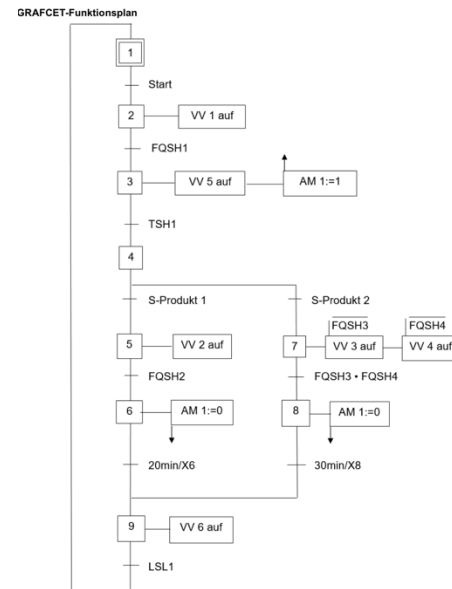
In Anlage 3 wird der Funktionsplan nach GRAFCET dargestellt.

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

### Anlage 2 zu Aufgabe 6



### Anlage 3 zu Aufgabe 6



### Lösungshinweise Aufgabe 6

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 2. c)]

Mögliche Punktzahl: 20

Solange das Signal „START“ an bleibt, wiederholt sich folgender Ablauf:

Im Schritt 2 wird das Ventil VV1 geöffnet und 1.000 kg Stoff A in den Rührkesselreaktor dosiert (FQSH1). Danach schließt das Ventil VV 1 wieder und die Steuerung schaltet in Schritt 3.

Im Schritt 3 wird der Motor des Rührers speichernd eingeschaltet und das Ventil VV 5 (Heizung) geöffnet. Ist dann eine festgesetzte Temperatur (TSH1) erreicht, schließt das Ventil VV 5 wieder und die Steuerung schaltet in Schritt 4.

Im Schritt 4 wird entweder die Herstellung von Produkt 1 (wählbar über den Schalter „S-Produkt 1“) oder die Herstellung von Produkt 2 (wählbar über den Schalter 2 „S-Produkt 2“) gewählt.

Für Produkt 1 wird VV 2 geöffnet und 300 kg Stoff B in den Rührkesselreaktor dosiert (FQSH2). Danach schließt das Ventil VV 2 wieder und die Steuerung schaltet in Schritt 6.

Für Produkt 2 werden VV 3 geöffnet, bis 350 kg Stoff C in den Rührkesselreaktor dosiert sind (FQSH3), und VV 4, bis 200 kg Stoff D dosiert sind (FQSH4). Danach schließen die Ventile VV 3 und 4 wieder und die Steuerung schaltet in Schritt 8.

30 Minuten wird im Schritt 6 und 20 Minuten im Schritt 8 mithilfe des Rührers homogenisiert. Danach wird der Rührer abgeschaltet und es geht in den Schritt 9.

Im Schritt 9 wird der Reaktor über VV 6 geleert bis zur Unterschreitung des Tiefstands LSL1. Dann wird VV 6 geschlossen und in Schritt 1 geschaltet.

# FLIEßSCHEMATA

Grundfließschema  
Verfahrensfließschema  
RI-Fließschema

Kapitel aus dem IHK-Rahmenplan  
Prozessleittechnik

Für alle relevant  
Chemische Produktion  
Technologie  
Automatisierungstechnik  
Orga-Prüfung

S. 352+353



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 Verfahrensfliessschema 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

Grafische  
Theorie

Darstellung  
352+353

342-351



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.

EMSR-  
Messstellen

382-391

Gratishe Darstellung 342-353



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.

Anlagensicherheit

## 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.

# Fließschemata

## Übersicht

Kriterium	Grundfließschema	Verfahrensfließschema	R&I-Fließschema
Details zur Anlage	Grobe Darstellung von Verfahrensschritten	Detaillierte Darstellung der Anlagenteile	Sehr detailliert, inkl. Instrumentierung - Messtechnik
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

Anlagensicherheit

### Anlage 1 zu allen Aufgaben Ausgangssituation zu allen Aufgaben

Sie sind Betriebsmeister im Aluminiumoxid-Betrieb und stellen für die Schmelzflusselektrolyse reines Aluminiumoxid nach dem Aufschlussverfahren her.

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

Zu Ihrer Betriebsmannschaft gehören ein Chemielaborant für die Rohstoff- und Qualitätskontrolle in Normal-schicht, vier Chemikanten, zwei Industriemechaniker für anfallende Umbauarbeiten sowie vier angeleitete Anlagenfahrer. Ihr Betrieb arbeitet vollkontinuierlich und ist nach der gültigen QM-Norm zertifiziert.

Das Verfahren zur Herstellung von Aluminiumoxid (siehe Anlage 2) wird wie folgt beschrieben:

Der angelieferte Rohbauxit wird mittels der Kugelmühle ZM 100 zerkleinert. Nach dem Zerkleinerungsvorgang wird die Fraktion < 1 mm durch den Siebapparat SA 100 abgetrennt und in einem Silobehälter BE 100 bis zur Verwendung gelagert. Der Siebrückstand wird zur Kugelmühle ZM 100 zurückgeführt.

Im Rührwerksautoklaven BR 100 werden 2.500 L Natronlauge,  $w(\text{NaOH}) = 0,35$ , vorgelegt. Unter Rühren werden über die Zellradschleuse ZE 100 2.000 kg gemahlener Bauxit aus dem Silobehälter BE 100 einge-tragen. Nach Beendigung des Dosiervorgangs wird der Rührwerksautoklav mit Stickstoff beaufschlagt und auf ca. 200 °C aufgeheizt. Der Aufschluss des Bauxits geschieht bei ca. 6–8 bar und dauert acht Stunden.

Nach der Reaktionszeit wird der Reaktorinhalt abgekühlt und entspannt. Die Suspension wird mit der Pumpe PL 100 zu einem Bandfilter FL 100 gepumpt. Dort werden die unlöslichen Anteile, hauptsächlich Eisen-oxide und Natriumaluminiumsilikate (Rotschlamm) abgetrennt. Der Rotschlamm wird separat gewaschen und getrocknet, bevor er deponiert wird.

Das Filtrat aus dem Badfilter FL 100 wird mit der Pumpe PL 200 in einen Rührbehälter BR 200 gepumpt.

Durch Zugabe von vollentsalztem Wasser und Aluminiumhydroxid (zum Animpfen) wird in einem weiteren Pro-zessschritt das Aluminiumhydroxid ausgefällt. Nach diesem Prozess wird die Kristallsuspension über eine Schubzentrifuge ZE 200 abgetrennt und mithilfe von vollentsalztem Wasser alkalifrei gewaschen.

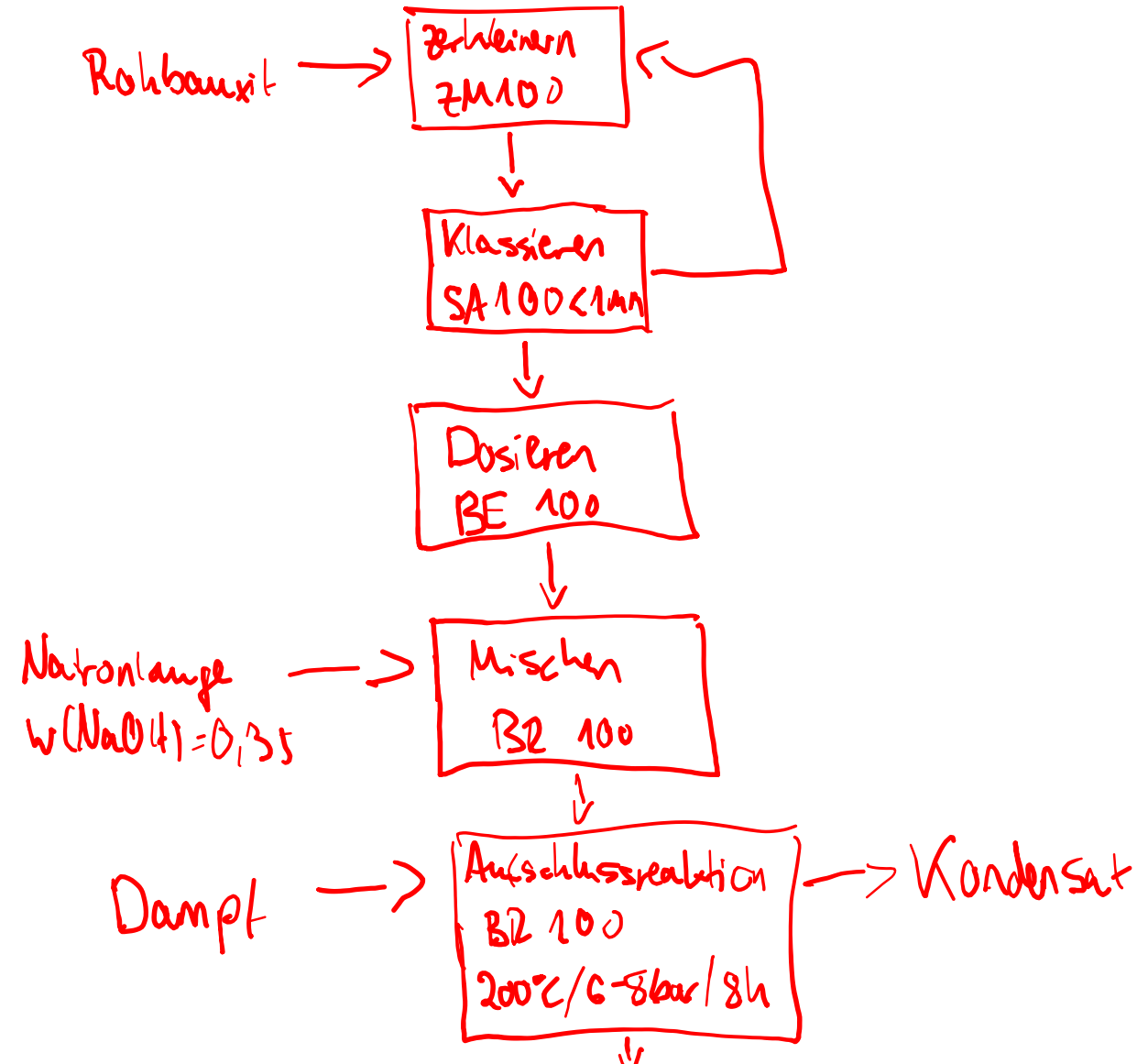
Das isolierte Aluminiumhydroxid wird anschließend bei 1.000 bis 1.200 °C im Drehrohrtrockner TR 100 zu Alu-miniumoxid umgewandelt, getrocknet und der Schmelzflusselektrolyse zugeführt.

Das Zentrifugat wird als sogenannte Dünnlauge in einen Vorratsbehälter BE 200 gepumpt und dort durch Auf-konzentrieren mit Natronlauge höheren Massenanteils, wieder in den Aufschlussprozess eingesetzt (nicht im Fließschema dargestellt).

### Aufgabe 1

Mögliche Punktzahl: 10

Erstellen Sie aus der Verfahrensbeschreibung der Ausgangssituation ein Grundfließschema mit den notwendigen Stoff- und Energieströmen sowie Apparaten.



### Anlage 1 zu allen Aufgaben Ausgangssituation zu allen Aufgaben

Sie sind Betriebsmeister im Aluminiumoxid-Betrieb und stellen für die Schmelzflusselektrolyse reines Aluminiumoxid nach dem Aufschlussverfahren her.

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

Zu Ihrer Betriebsmannschaft gehören ein Chemielaborant für die Rohstoff- und Qualitätskontrolle in Normal-schicht, vier Chemikanten, zwei Industriemechaniker für anfallende Umbauarbeiten sowie vier angelernte Anlagenfahrer. Ihr Betrieb arbeitet vollkontinuierlich und ist nach der gültigen QM-Norm zertifiziert.

Das Verfahren zur Herstellung von Aluminiumoxid (siehe Anlage 2) wird wie folgt beschrieben:

Der angelieferte Rohbauxit wird mittels der Kugelmühle ZM 100 zerkleinert. Nach dem Zerkleinerungsvorgang wird die Fraktion < 1 mm durch den Siebapparat SA 100 abgetrennt und in einem Silobehälter BE 100 bis zur Verwendung gelagert. Der Siebrückstand wird zur Kugelmühle ZM 100 zurückgeführt.

Im Rührwerksautoklaven BR 100 werden 2.500 L Natronlauge,  $w(\text{NaOH}) = 0,35$ , vorgelegt. Unter Rühren werden über die Zellradschleuse ZE 100 2.000 kg gemahlener Bauxit aus dem Silobehälter BE 100 einge-tragen. Nach Beendigung des Dosiervorgangs wird der Rührwerksautoklav mit Stickstoff beaufschlagt und auf ca. 200 °C aufgeheizt. Der Aufschluss des Bauxits geschieht bei ca. 6–8 bar und dauert acht Stunden.

Nach der Reaktionszeit wird der Reaktorinhalt abgekühlt und entspannt. Die Suspension wird mit der Pumpe PL 100 zu einem Bandfilter FL 100 gepumpt. Dort werden die unlöslichen Anteile, hauptsächlich Eisen-oxide und Natriumaluminiumsilikate (Rotschlamm) abgetrennt. Der Rotschlamm wird separat gewaschen und getrocknet, bevor er deponiert wird.

Das Filtrat aus dem Bandfilter FL 100 wird mit der Pumpe PL 200 in einen Rührbehälter BR 200 gepumpt.

Durch Zugabe von vollentsalztem Wasser und Aluminiumhydroxid (zum Animpfen) wird in einem weiteren Pro-zessschritt das Aluminiumhydroxid ausgefällt. Nach diesem Prozess wird die Kristallsuspension über eine Schubzentrifuge ZE 200 abgetrennt und mithilfe von vollentsalztem Wasser alkalifrei gewaschen.

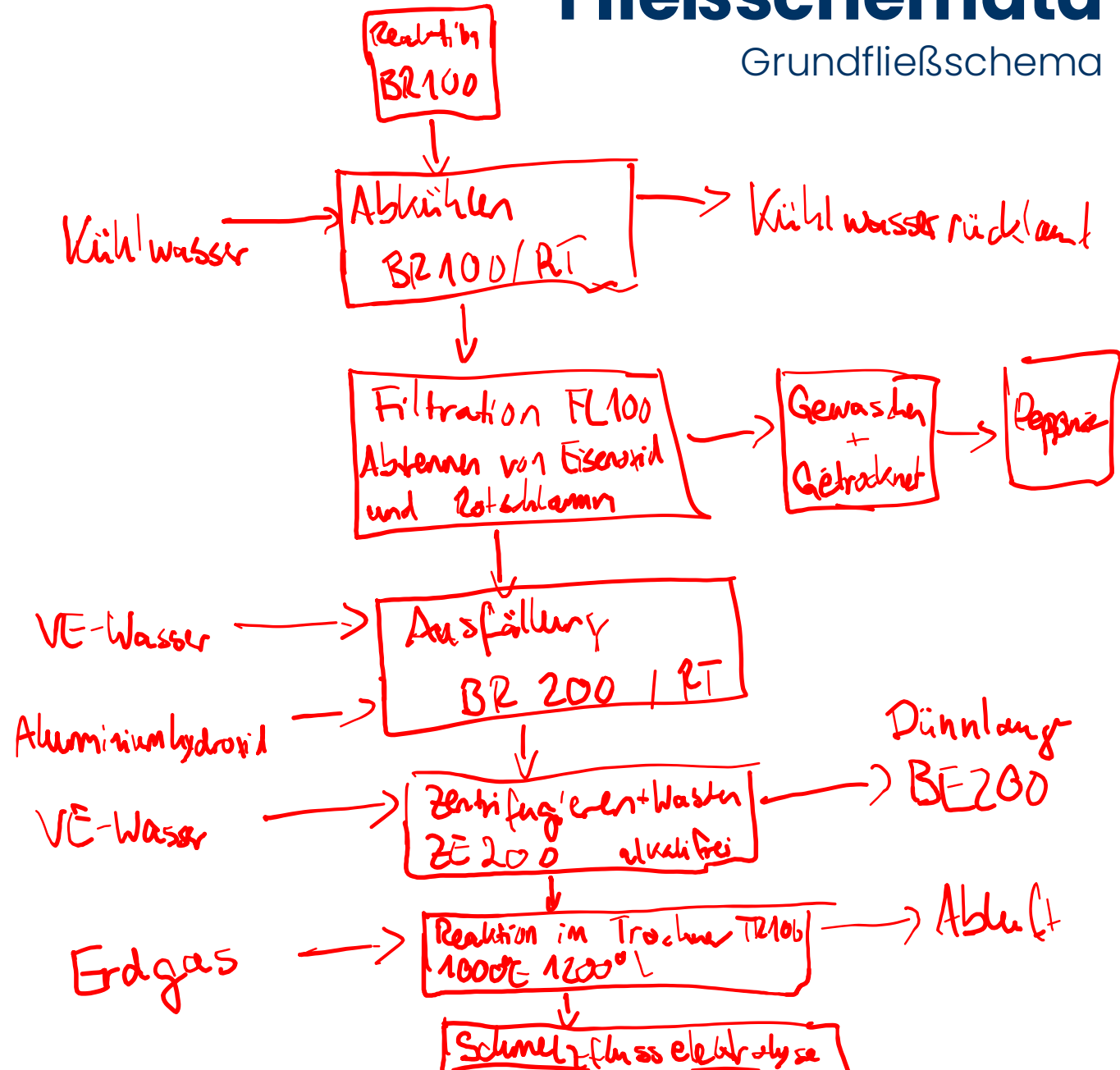
Das isolierte Aluminiumhydroxid wird anschließend bei 1.000 bis 1.200 °C im Drehrohrtrockner TR 100 zu Alu-miniumoxid umgewandelt, getrocknet und der Schmelzflusselektrolyse zugeführt.

Das Zentrifugat wird als sogenannte Dünnlauge in einen Vorratsbehälter BE 200 gepumpt und dort durch Auf-konzentrieren mit Natronlauge höheren Massenanteils, wieder in den Aufschlussprozess eingesetzt (nicht im Fließschema dargestellt).

### Aufgabe 1

Mögliche Punktzahl: 10

Erstellen Sie aus der Verfahrensbeschreibung der Ausgangssituation ein Grundfließschema mit den notwendigen Stoff- und Energieströmen sowie Apparaten.



Handwritten red checkmarks and brackets on the left side of the text, indicating that the corresponding paragraphs have been reviewed or verified.

### Anlage 1 zu allen Aufgaben

#### Ausgangssituation zu allen Aufgaben

Sie sind Betriebsmeister im Aluminiumoxid-Betrieb und stellen für die Schmelzflusselektrolyse reines Aluminiumoxid nach dem Aufschlussverfahren her.

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

Zu Ihrer Betriebsmannschaft gehören ein Chemielaborant für die Rohstoff- und Qualitätskontrolle in Normal-schicht, vier Chemikanten, zwei Industriemechaniker für anfallende Umbauarbeiten sowie vier angelernte Anlagenfahrer. Ihr Betrieb arbeitet vollkontinuierlich und ist nach der gültigen QM-Norm zertifiziert.

Das Verfahren zur Herstellung von Aluminiumoxid (siehe Anlage 2) wird wie folgt beschrieben:

Der angelieferte Rohbauxit wird mittels der Kugelmühle ZM 100 zerkleinert. Nach dem Zerkleinerungsvorgang wird die Fraktion < 1 mm durch den Siebapparat SA 100 abgetrennt und in einem Silobehälter BE 100 bis zur Verwendung gelagert. Der Siebrückstand wird zur Kugelmühle ZM 100 zurückgeführt.

Im Rührwerksautoklaven BR 100 werden 2.500 L Natronlauge,  $w(\text{NaOH}) = 0,35$ , vorgelegt. Unter Rühren werden über die Zellradschleuse ZE 100 2.000 kg gemahlener Bauxit aus dem Silobehälter BE 100 eingetragen. Nach Beendigung des Dosiervorgangs wird der Rührwerksautoklav mit Stickstoff beaufschlagt und auf ca. 200 °C aufgeheizt. Der Aufschluss des Bauxits geschieht bei ca. 6–8 bar und dauert acht Stunden.

Nach der Reaktionszeit wird der Reaktorinhalt abgekühlt und entspannt. Die Suspension wird mit der Pumpe PL 100 zu einem Bandfilter FL 100 gepumpt. Dort werden die unlöslichen Anteile, hauptsächlich Eisenoxide und Natriumaluminiumsilikate (Rotschlamm) abgetrennt. Der Rotschlamm wird separat gewaschen und getrocknet, bevor er deponiert wird.

Das Filtrat aus dem Badfilter FL 100 wird mit der Pumpe PL 200 in einen Rührbehälter BR 200 gepumpt.

Durch Zugabe von vollentsalztem Wasser und Aluminiumhydroxid (zum Animpfen) wird in einem weiteren Prozessschritt das Aluminiumhydroxid ausgefällt. Nach diesem Prozess wird die Kristallsuspension über eine Schubzentrifuge ZE 200 abgetrennt und mithilfe von vollentsalztem Wasser alkalifrei gewaschen.

Das isolierte Aluminiumhydroxid wird anschließend bei 1.000 bis 1.200 °C im Drehrohr Trockner TR 100 zu Aluminiumoxid umgewandelt, getrocknet und der Schmelzflusselektrolyse zugeführt.

Das Zentrifugat wird als sogenannte Dünnlauge in einen Vorratsbehälter BE 200 gepumpt und dort durch Aufkonzentrieren mit Natronlauge höheren Massenanteils, wieder in den Aufschlussprozess eingesetzt (nicht im Fließschema dargestellt).

#### Aufgabe 1

Mögliche Punktzahl: 10

Erstellen Sie aus der Verfahrensbeschreibung der Ausgangssituation ein Grundfließschema mit den notwendigen Stoff- und Energieströmen sowie Apparaten.

### Anlage 1 zu allen Aufgaben Ausgangssituation zu allen Aufgaben

Sie sind Betriebsmeister im Aluminiumoxid-Betrieb und stellen für die Schmelzflusselektrolyse reines Aluminiumoxid nach dem Aufschlussverfahren her.

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

Zu Ihrer Betriebsmannschaft gehören ein Chemielaborant für die Rohstoff- und Qualitätskontrolle in Normal-schicht, vier Chemikanten, zwei Industriemechaniker für anfallende Umbauarbeiten sowie vier angeleitete Anlagenfahrer. Ihr Betrieb arbeitet vollkontinuierlich und ist nach der gültigen QM-Norm zertifiziert.

Das Verfahren zur Herstellung von Aluminiumoxid (siehe Anlage 2) wird wie folgt beschrieben:

Der angelieferte Rohbauxit wird mittels der Kugelmühle ZM 100 zerkleinert. Nach dem Zerkleinerungsvorgang wird die Fraktion < 1 mm durch den Siebapparat SA 100 abgetrennt und in einem Silobehälter BE 100 bis zur Verwendung gelagert. Der Siebrückstand wird zur Kugelmühle ZM 100 zurückgeführt.

Im Rührwerksautoklaven BR 100 werden 2.500 L Natronlauge,  $w(\text{NaOH}) = 0,35$ , vorgelegt. Unter Rühren werden über die Zellradschleuse ZE 100 2.000 kg gemahlener Bauxit aus dem Silobehälter BE 100 eingetragen. Nach Beendigung des Dosiervorgangs wird der Rührwerksautoklav mit Stickstoff beaufschlagt und auf ca. 200 °C aufgeheizt. Der Aufschluss des Bauxits geschieht bei ca. 6–8 bar und dauert acht Stunden.

Nach der Reaktionszeit wird der Reaktorinhalt abgekühlt und entspannt. Die Suspension wird mit der Pumpe PL 100 zu einem Bandfilter FL 100 gepumpt. Dort werden die unlöslichen Anteile, hauptsächlich Eisenoxide und Natriumaluminiumsilikate (Rotschlamm) abgetrennt. Der Rotschlamm wird separat gewaschen und getrocknet, bevor er deponiert wird.

Das Filtrat aus dem Bandfilter FL 100 wird mit der Pumpe PL 200 in einen Rührbehälter BR 200 gepumpt.

Durch Zugabe von vollentsalztem Wasser und Aluminiumhydroxid (zum Animpfen) wird in einem weiteren Prozessschritt das Aluminiumhydroxid ausgefällt. Nach diesem Prozess wird die Kristallsuspension über eine Schubzentrifuge ZE 200 abgetrennt und mithilfe von vollentsalztem Wasser alkalifrei gewaschen.

Das isolierte Aluminiumhydroxid wird anschließend bei 1.000 bis 1.200 °C im Drehrohrtrockner TR 100 zu Aluminiumoxid umgewandelt, getrocknet und der Schmelzflusselektrolyse zugeführt.

Das Zentrifugat wird als sogenannte Dünnlauge in einen Vorratsbehälter BE 200 gepumpt und dort durch Aufkonzentrieren mit Natronlauge höheren Massenanteils, wieder in den Aufschlussprozess eingesetzt (nicht im Fließschema dargestellt).

### Aufgabe 1

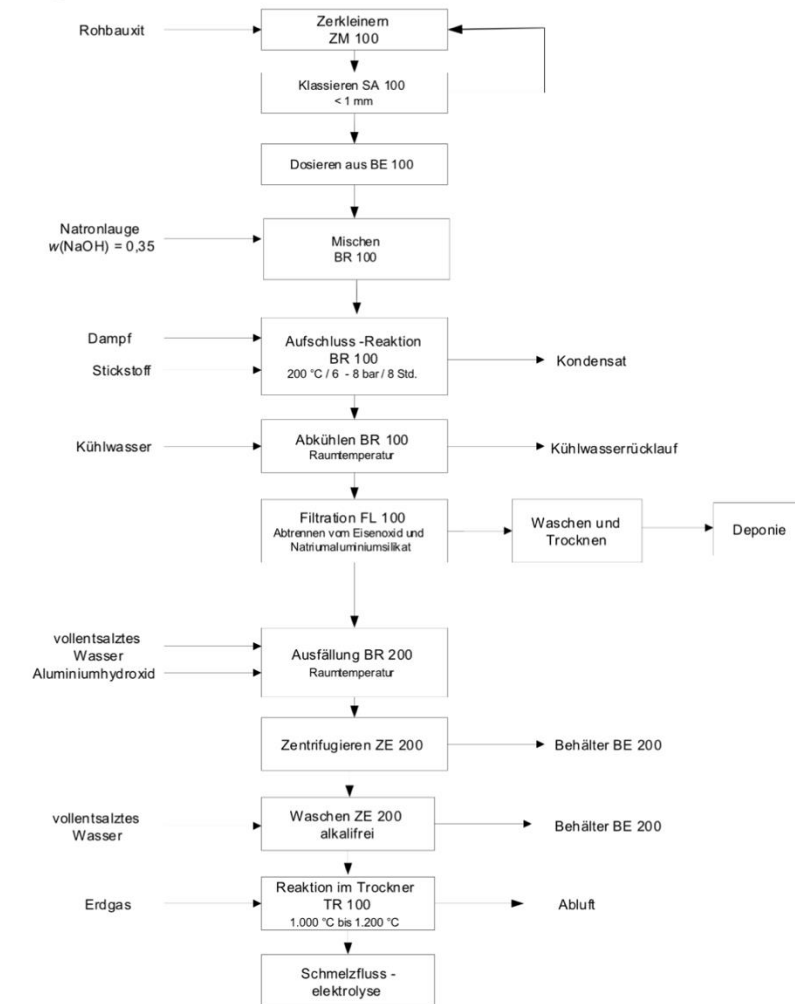
Mögliche Punktzahl: 10

Erstellen Sie aus der Verfahrensbeschreibung der Ausgangssituation ein Grundfließschema mit den notwendigen Stoff- und Energieströmen sowie Apparaten.

### Lösungshinweise Aufgabe 1

[VO: § 5 Absatz 6 Nr. 1]

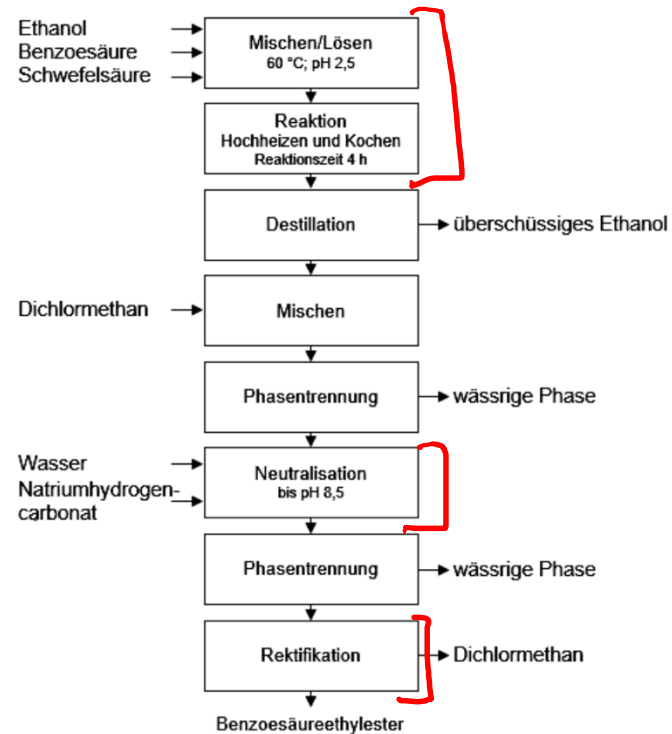
Mögliche Punktzahl: 10



### Aufgabe 5

Mögliche Punktzahl: 18

Im folgenden Grundfließschema wird die Herstellung von Benzoessäureethylester dargestellt.



Geben Sie in der beiliegenden Tabelle in Anlage 3 für die genannten Verfahrensschritte ein Apparatebeispiel mit den erforderlichen verfahrenstechnischen Einrichtungen, den notwendigen Energien und EMSR-Messstellen an.

### Anlage 3 zu Aufgabe 5

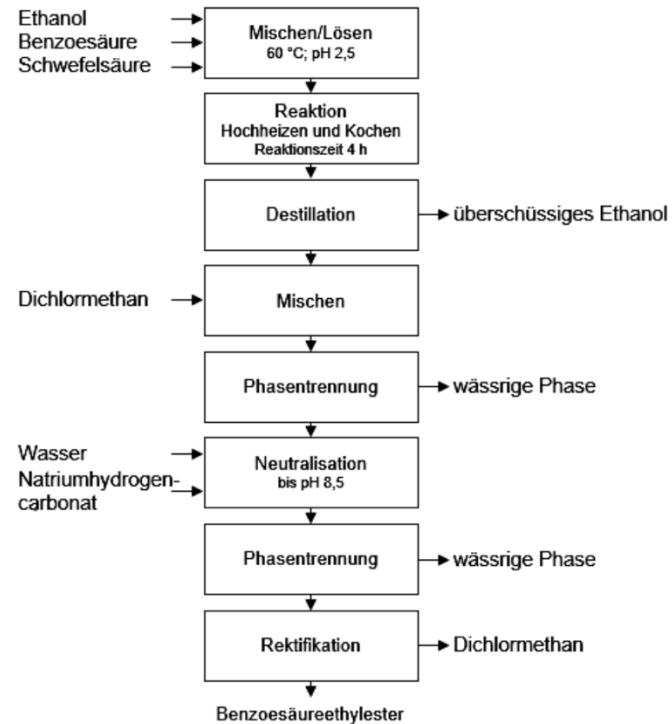
Verfahrensschritt	Apparatebeispiel, verfahrenstechnische Einrichtungen und <u>Energien</u>	EMSR-Messstellen
Beispiel: Phasentrennung	Behälter mit Schauglas und einer Abnahme für die schwere und leichte Phase drucklos mit Zwangsbelüftung	Bei richtiger Einstellung sind keine EMSR-Einrichtungen erforderlich. <i>- Druck an Vige</i>
Mischen/Lösen Reaktion	<i>- Rührreaktor mit Heizmantel - Rückflusskühler - Sicherheitsventil - Kühlwasser + Dampf</i>	<i>- Temperatur an Vige - Füllstand an Vige - Druck + Durchfluss für Belüftung - pH-Wert-Messstelle</i>
Neutralisation	<i>- Rührbehälter mit Kühlmantel - Sicherheitsventil</i>	<i>- Temperatur an Vige - Druck an Vige - pH-Wert-Messstelle - Durchfluss</i>
Rektifikation	<i>- Kühlmantel - Rektifikationsskizzen - Sumpfbehälter - Umkehrverdampfer - Wärmetauscher</i>	<i>- Durchfluss - Temperatur - Druck</i>

*- Kühlwasser + Dampf*

### Aufgabe 5

Mögliche Punktzahl: 18

Im folgenden Grundfließschema wird die Herstellung von Benzoessäureethylester dargestellt.



Geben Sie in der beiliegenden Tabelle in Anlage 3 für die genannten Verfahrensschritte ein Apparatebeispiel mit den erforderlichen verfahrenstechnischen Einrichtungen, den notwendigen Energien und EMSR-Messstellen an.

### Lösungshinweise Aufgabe 5

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 3. a)]

Mögliche Punktzahl: 18

Verfahrensschritt	Apparatebeispiel, verfahrenstechnische Einrichtungen und Energien	EMSR-Messstellen
Beispiel: Phasentrennung	Behälter mit einer Abnahme für die schwere und leichte Phase drucklos mit Zwangsbelüftung	Bei richtiger Einstellung sind keine EMSR-Einrichtungen erforderlich
Mischen/Lösen Reaktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Rührapparat</li> <li>■ Mantel mit Heiz- und Kühlmöglichkeit</li> <li>■ Rückflusskühler</li> <li>■ Sicherheitsventil oder Zwangsbelüftung</li> <li>■ Energien: Kühlwasser und Dampf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Temperaturanzeige</li> <li>■ pH-Wert</li> <li>■ Standmessung</li> <li>■ Druckanzeige</li> </ul>
Neutralisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Rührapparat</li> <li>■ Mantel mit Kühlmöglichkeit</li> <li>■ Sicherheitsventil oder Zwangsbelüftung</li> <li>■ Energie: Kühlwasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Temperaturanzeige</li> <li>■ pH-Wert</li> <li>■ Standmessung</li> <li>■ Druckanzeige</li> </ul>
Rektifikation	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Rektifikationskolonne</li> <li>■ Sumpfbehälter</li> <li>■ Rückflusskühler am Kopf</li> <li>■ Umlaufverdampfer</li> <li>■ Wärmetauscher in der Kopf- und Sumpfabnahme</li> <li>■ Energien: Kühlwasser und Dampf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Durchflussverhältnisregelung (Rücklaufteiler)</li> <li>■ Dampfregelung</li> <li>■ Standregelung im Sumpfbehälter</li> <li>■ Temperaturanzeige im Sumpfbehälter, auf den Kolonnenböden und am Kolonnenkopf</li> <li>■ Druckanzeige</li> <li>■ Anzeige der Druckdifferenz</li> </ul>

## Aufgabe 1

Mögliche Punktzahl: 20

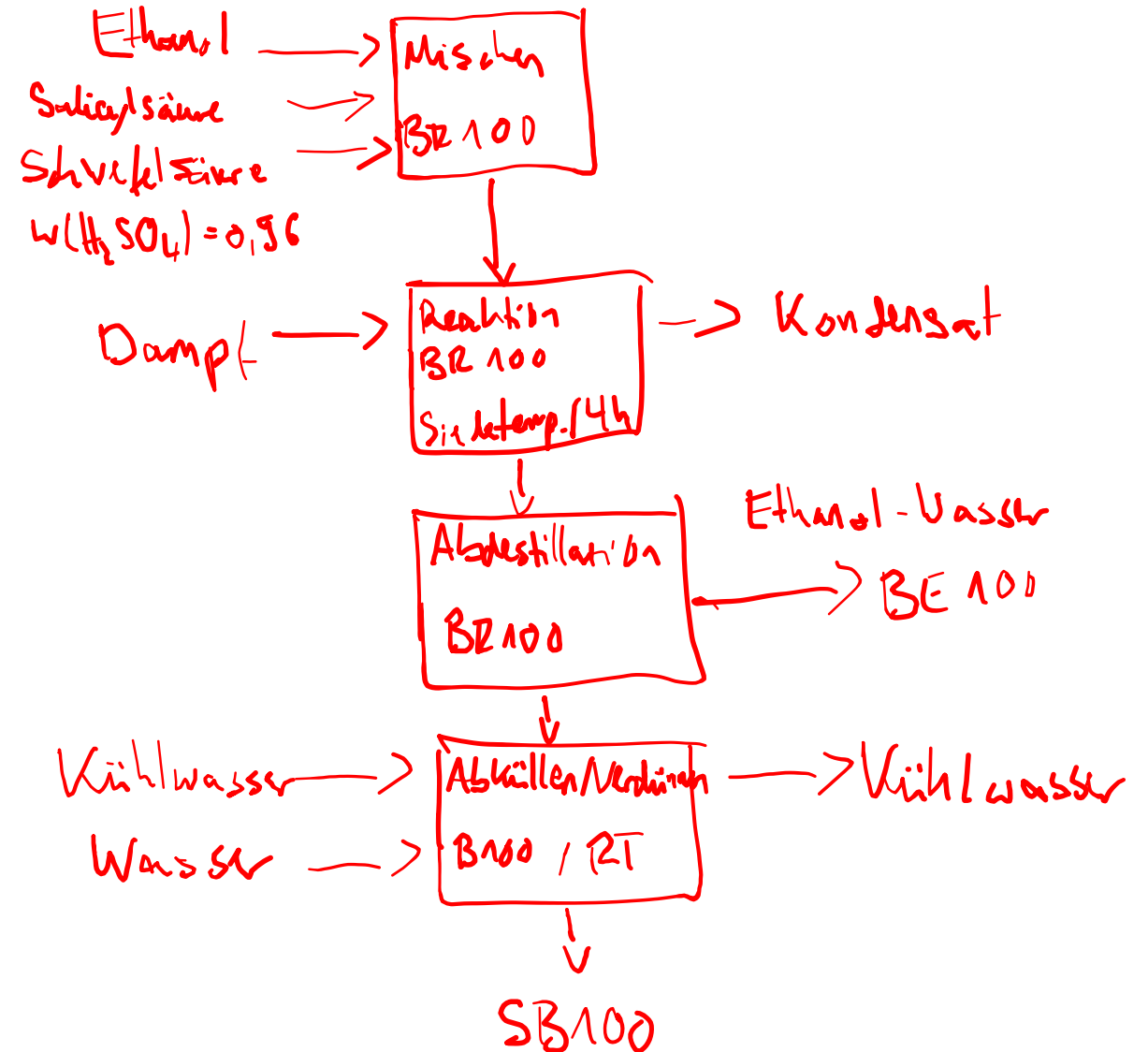
In der nachfolgend beschriebenen Anlage wird 2-Hydroxibenzoessäureethylester hergestellt.

Im Doppelmantelrührbehälter BR 100 werden 300 L Ethanol mittels der Pumpe PL 100 vorgelegt. Über den Schneckenförderer ZE 100 werden 50 kg 2-Hydroxibenzoessäure (Salicylsäure) unter Rühren in den Rührbehälter eingetragen. Nach Zugabe von Schwefelsäure,  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,96$  wird das Reaktionsgemisch zum Sieden erwärmt und dort vier Stunden gehalten. Nach Beendigung der Reaktionszeit werden 100 L Ethanol-Wasser-Gemisch abdestilliert und im Behälter BE 100 gelagert. Nach der Abdestillation wird der Inhalt auf Raumtemperatur abgekühlt und dann unter Rühren mit 50 L Wasser versetzt. Anschließend wird mittels Pumpe PL 200 das Rohester-Wasser-Gemisch zu einem Schwerkraftabscheider SB 100 gepumpt und dort werden die beiden Phasen getrennt.

Die wässrige Phase wird in einem separaten Rührbehälter mit Natriumcarbonat (Soda) neutralisiert und der Abwasserreinigungsanlage zugeführt. Die organische Phase wird über eine Extraktionskolonne mit vollentsalztem Wasser gewaschen und anschließend mit Calciumchlorid getrocknet. Das Trockenmittel wird vom Rohester durch Filtration abgetrennt und entsorgt. Der dabei anfallende Rohester wird in Fässer abgefüllt.

Als Energien stehen Kühlwasser und Dampf zur Verfügung.

Zeichnen Sie ein Grundfließschema mit Zusatzinformationen (Energie- und Stoffströme).



# Fließschemata

## Grundfließschema

### Aufgabe 1

Mögliche Punktzahl: 20

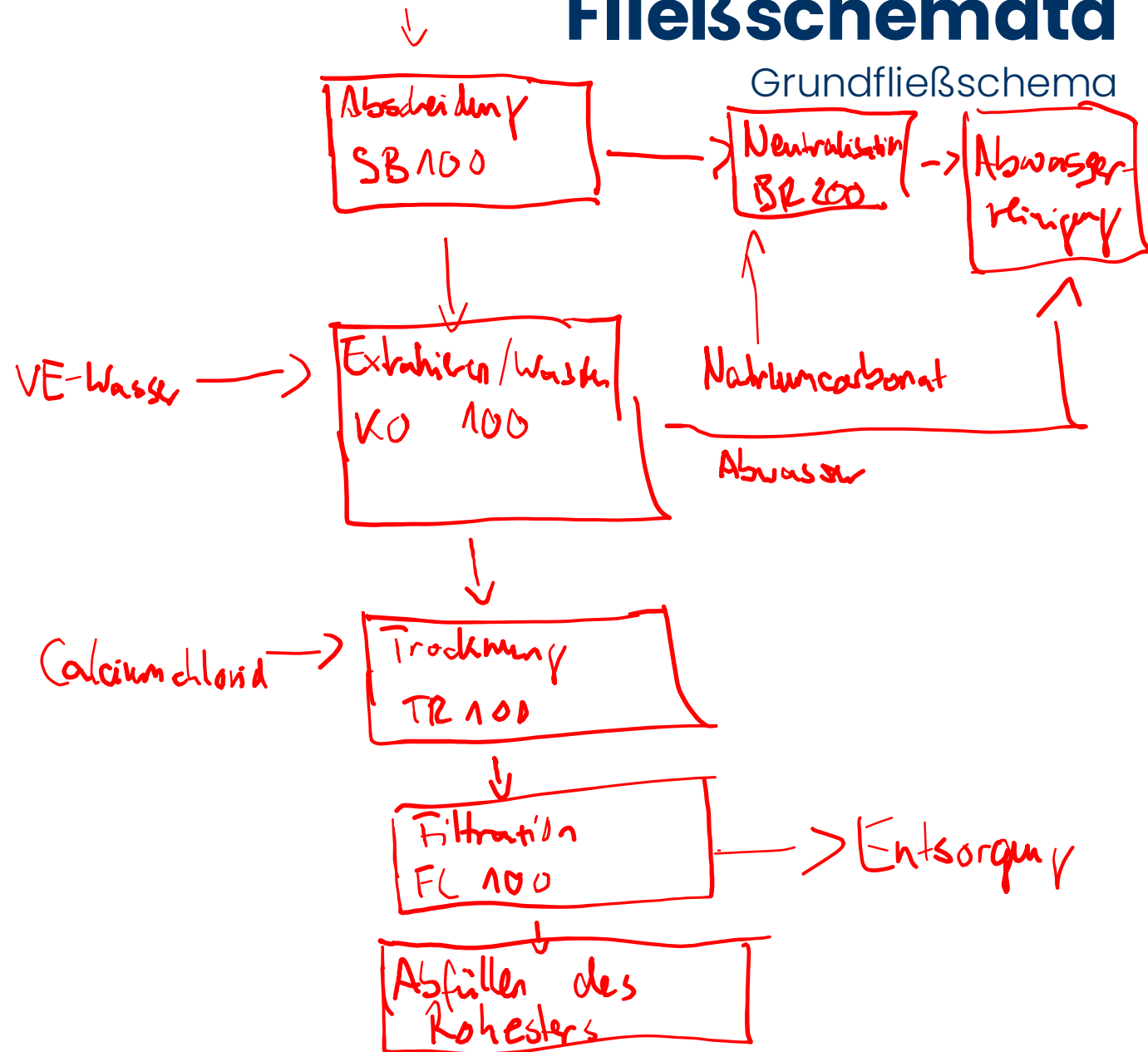
In der nachfolgend beschriebenen Anlage wird 2-Hydroxibenzoessäureethylester hergestellt.

Im Doppelmantelrührbehälter BR 100 werden 300 L Ethanol mittels der Pumpe PL 100 vorgelegt. Über den Schneckenförderer ZE 100 werden 50 kg 2-Hydroxibenzoessäure (Salicylsäure) unter Rühren in den Rührbehälter eingetragen. Nach Zugabe von Schwefelsäure,  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,96$  wird das Reaktionsgemisch zum Sieden erwärmt und dort vier Stunden gehalten. Nach Beendigung der Reaktionszeit werden 100 L Ethanol-Wasser-Gemisch abdestilliert und im Behälter BE 100 gelagert. Nach der Abdestillation wird der Inhalt auf Raumtemperatur abgekühlt und dann unter Rühren mit 50 L Wasser versetzt. Anschließend wird mittels Pumpe PL 200 das Rohester-Wasser-Gemisch zu einem Schwerekraftabscheider SB 100 gepumpt und dort werden die beiden Phasen getrennt.

Die wässrige Phase wird in einem separaten Rührbehälter mit Natriumcarbonat (Soda) neutralisiert und der Abwasserreinigungsanlage zugeführt. Die organische Phase wird über eine Extraktionskolonne mit vollentsalztem Wasser gewaschen und anschließend mit Calciumchlorid getrocknet. Das Trockenmittel wird vom Reaktor durch Filtration abgetrennt und entsorgt. Der dabei anfallende Rohester wird in Fässer abgefüllt.

Als Energien stehen Kühlwasser und Dampf zur Verfügung.

Zeichnen Sie ein Grundfließschema mit Zusatzinformationen (Energie- und Stoffströme).



## Aufgabe 1

Mögliche Punktzahl: 20

In der nachfolgend beschriebenen Anlage wird 2-Hydroxibenzoessäureethylester hergestellt.

Im Doppelmantelrührbehälter BR 100 werden 300 L Ethanol mittels der Pumpe PL 100 vorgelegt. Über den Schneckenförderer ZE 100 werden 50 kg 2-Hydroxibenzoessäure (Salicylsäure) unter Rühren in den Rührbehälter eingetragen. Nach Zugabe von Schwefelsäure,  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,96$  wird das Reaktionsgemisch zum Sieden erwärmt und dort vier Stunden gehalten. Nach Beendigung der Reaktionszeit werden 100 L Ethanol-Wasser-Gemisch abdestilliert und im Behälter BE 100 gelagert. Nach der Abdestillation wird der Inhalt auf Raumtemperatur abgekühlt und dann unter Rühren mit 50 L Wasser versetzt. Anschließend wird mittels Pumpe PL 200 das Rohester-Wasser-Gemisch zu einem Schwerkraftabscheider SB 100 gepumpt und dort werden die beiden Phasen getrennt.

Die wässrige Phase wird in einem separaten Rührbehälter mit Natriumcarbonat (Soda) neutralisiert und der Abwasserreinigungsanlage zugeführt. Die organische Phase wird über eine Extraktionskolonne mit vollentsalztem Wasser gewaschen und anschließend mit Calciumchlorid getrocknet. Das Trockenmittel wird vom Rohester durch Filtration abgetrennt und entsorgt. Der dabei anfallende Rohester wird in Fässer abgefüllt.

Als Energien stehen Kühlwasser und Dampf zur Verfügung.

**Zeichnen Sie ein Grundfließschema mit Zusatzinformationen (Energie- und Stoffströme).**

### Aufgabe 1

Mögliche Punktzahl: 20

In der nachfolgend beschriebenen Anlage wird 2-Hydroxibenzoesäureethylester hergestellt.

Im Doppelmantelrührbehälter BR 100 werden 300 L Ethanol mittels der Pumpe PL 100 vorgelegt. Über den Schneckenförderer ZE 100 werden 50 kg 2-Hydroxibenzoesäure (Salicylsäure) unter Rühren in den Rührbehälter eingetragen. Nach Zugabe von Schwefelsäure,  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,96$  wird das Reaktionsgemisch zum Sieden erwärmt und dort vier Stunden gehalten. Nach Beendigung der Reaktionszeit werden 100 L Ethanol-Wasser-Gemisch abdestilliert und im Behälter BE 100 gelagert. Nach der Abdestillation wird der Inhalt auf Raumtemperatur abgekühlt und dann unter Rühren mit 50 L Wasser versetzt. Anschließend wird mittels Pumpe PL 200 das Rohester-Wasser-Gemisch zu einem Schwerekraftabscheider SB 100 gepumpt und dort werden die beiden Phasen getrennt.

Die wässrige Phase wird in einem separaten Rührbehälter mit Natriumcarbonat (Soda) neutralisiert und der Abwasserreinigungsanlage zugeführt. Die organische Phase wird über eine Extraktionskolonne mit vollentsalztem Wasser gewaschen und anschließend mit Calciumchlorid getrocknet. Das Trockenmittel wird vom Rohester durch Filtration abgetrennt und entsorgt. Der dabei anfallende Rohester wird in Fässer abgefüllt.

Als Energien stehen Kühlwasser und Dampf zur Verfügung.

Zeichnen Sie ein Grundfließschema mit Zusatzinformationen (Energie- und Stoffströme).

### Lösungshinweise Aufgabe 1

[VO: § 5 Absatz 8 Nr. 3. a)]

Mögliche Punktzahl: 20

