

# 1. Einleitung

## 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Vorlesung: Technische Anorganische Chemie



SS 2018, Caroline Röhr

## 1.1. Bedeutung anorganisch-technischer Prozesse

## 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche/technische/chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

Stofftrennung

    Mechanische Stofftrennung

    Thermische Stofftrennung

Stoffumwandlungen

## 1.3. Inhaltsverzeichnis, Prozess-Auswahl, Literatur

## 1.1. Bedeutung anorganisch-technischer Prozesse

### 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche/technische/chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

Stofftrennung

    Mechanische Stofftrennung

    Thermische Stofftrennung

Stoffumwandlungen

### 1.3. Inhaltsverzeichnis, Prozess-Auswahl, Literatur

## 1. Einleitung

### └ 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

#### └ Wirtschaftliche/technische/chemische Aspekte

## 1.1. Bedeutung anorganisch-technischer Prozesse

## 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

### Wirtschaftliche/technische/chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

Stofftrennung

    Mechanische Stofftrennung

    Thermische Stofftrennung

Stoffumwandlungen

## 1.3. Inhaltsverzeichnis, Prozess-Auswahl, Literatur

## Wirtschaftliche/technische/chemische Aspekte der Projektierung

- ▶ **Wirtschaftliches**
  - ▶ Kosten-Nutzen-Analyse, Gesamtkosten, Rentabilität
  - ▶ Patentlage, Genehmigungen (Umweltauflagen)
  - ▶ Verfügbarkeit der Rohstoffe und Betriebsmittel
  - ▶ Marktlage, Absatz
  - ▶ Anlagenstandort, Verkehrswege, Personal
- ▶ **Prozeßtechnisches** für die Projektierung (Verfahrensauswahl, Kosten)
  - ▶ Energie/Impuls/Stoff-Bilanzen (Kreisläufe!)
  - ▶ Rohstoffe (Verfügbarkeit, Aufarbeitung)
  - ▶ Betriebsmittel (Energie: Wärme, Kälte, Strom; Wasser; Gase)
  - ▶ Umweltverträglichkeit (Emissionen, Wasser- und Luft-Reinhaltung, ...)
- ▶ **Technische/chemische Teilschritte**
  1. Rohstoff-Förderung, Transport, Vorbereitung und Lagerung
  2. ev. Stofftrennungen vorab<sup>1</sup>
  3. Stoffumwandlungen (chem. Reaktionstechnik)<sup>2</sup>
    - ▶ Energie/Impuls/Stoff-Bilanzen
    - ▶ Reaktoren: Bedingungen (T, P, Atmosphäre, pH, Katalysatoren, Materialien etc.)
  4. ggf. weitere nachgeschaltete Stofftrennungen<sup>1</sup>
  5. Lagerung, Transport und Weiterverwertung des Endproduktes

---

<sup>1</sup>, <sup>2</sup>: in dieser Vorlesung

## 1. Einleitung

### 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

#### Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

## 1.1. Bedeutung anorganisch-technischer Prozesse

## 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche/technische/chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

Stofftrennung

Mechanische Stofftrennung

Thermische Stofftrennung

Stoffumwandlungen

## 1.3. Inhaltsverzeichnis, Prozess-Auswahl, Literatur

# Rohstoffe

Rohstoffe sind ....

- ▶ **OC** ... praktisch nur **Erdöl** (l)
  - ▶ einfache und einheitliche Vorbereitung/Aufarbeitung (Rektifikation)
- ▶ **AC** ... i.A. **Feststoffe** (s)
  - ▶ bergmännischer Abbau
    - ▶ Übertage
    - ▶ Untertage
  - ▶ seltener speziellere Abbau/Förder-Verfahren
    - ▶ Aussolung (für lösliche Stoffe wie z.B. NaCl, KCl)
    - ▶ Schmelze (z.B. Schwefel nach Frash-Verfahren)
  - ▶ Erfordern häufig spezielle Vorbereitung/Aufarbeitung ↓↓

## Zerkleinern, Agglomerieren, Klassieren, Fördern und Lagern

### 1. Zerkleinern

▶ Ziele:

- ▶ Erzeugen günstiger Korngrößenverteilungen (auch für Handel)
- ▶ Oberflächenvergrößerungen (für Weiterverarbeitung)
- ▶ Aufschluß der Wertstoffe

▶ **Apparate:** Brech- und Mahlanlagen ( $Z^1$ )

- ▶ Backen-, Walzen-, Kegel-Brecher usw.
- ▶ Prall-, Kugel-, Schüssel-Mühle usw.

▶ **Betrieb:** meist mehrstufige Zerkleinerung mit Zwischentrennung

### 2. Agglomeration (Kornvergrößerung)

▶ Ziele: hohe Schüttdichte, Optimierung der Fließeigenschaften

▶ Verfahren:

- ▶ Pelletieren
- ▶ Brikettieren und Tablettieren (Preßagglomeration)
- ▶ Sintern

### 3. Klassierung

▶ Ziel: Auftrennung in Korngrößenbereiche

▶ Verfahren:

- ▶ Siebklassierung: Roste und Siebe ( $F^1$ )
- ▶ Stromklassierung: Schwerkraft- oder Zentrifugalklassierung (nass), Windsichtung

### 4. Förderung und Lagerung von Feststoffen ( $B, H^1$ )

---

<sup>1</sup>: Kennbuchstabe



# 1. Einleitung

## 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

### Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

## Kennbuchstaben für Apparaturen und Armaturen (nach DIN 28004)

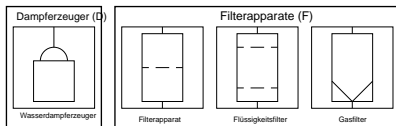
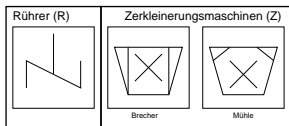
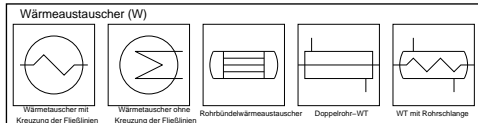
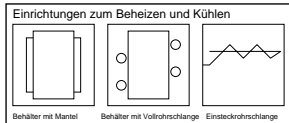
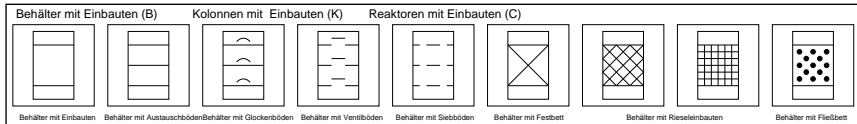
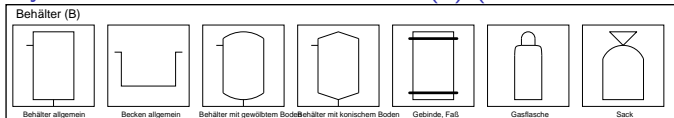
| Apparate, Maschinen und Geräte |   | Armaturen |                                 |
|--------------------------------|---|-----------|---------------------------------|
| KBS                            | Benennung   | KBS       | Benennung                       |
| A                              | Apparate, Maschinen, soweit nicht in eine der nachstehenden Gruppen einzuordnen     | A         | Ableiter (Kondensatableiter)    |
| B                              | Behälter, Tank, Bunker, Silo  | F         | Filter, Sieb, Schmutzfänger     |
| C                              | Chemischer Reaktor  | G         | Schauglas                       |
| D                              | Dampferzeuger, Gasgenerator, Ofen   | H         | Hahn                            |
| F                              | Filterapparat, Flüssigkeitsfilter, Gasfilter, Siebapparat, Siebmaschine, Abscheider | K         | Klappe                          |
| G                              | Getriebe  | R         | Rückschlagarmatur               |
| H                              | Hebe-, Förder-, Transporteinrichtung  | S         | Schieber                        |
| K                              | Kolonne   | V         | Ventil                          |
| M                              | Elektromotor  | X         | Sonstige Armatur                |
| P                              | Pumpe   | Y         | Armatur mit Sicherheitsfunktion |
| R                              | Rührwerk, Rührbehälter mit Rührer, Mischer, Knetter                                 |           |                                 |
| S                              | Schleudermaschine, Zentrifuge   |           |                                 |
| T                              | Trockner  |           |                                 |
| V                              | Verdichter, Vakuumpumpe, Ventilator   |           |                                 |
| W                              | Wärmeaustauscher  |           |                                 |
| X                              | Zuteil-, Zerteileinrichtung, sonstige Geräte  |           |                                 |
| Y                              | Antriebsmaschine außer Elektromotor   |           |                                 |
| Z                              | Zerkleinerungsmaschine  |           |                                 |

## 1. Einleitung

### 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

└ Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

## Normsymbole in Verfahrensfliessbildern (1) (nach EN ISO 10628)

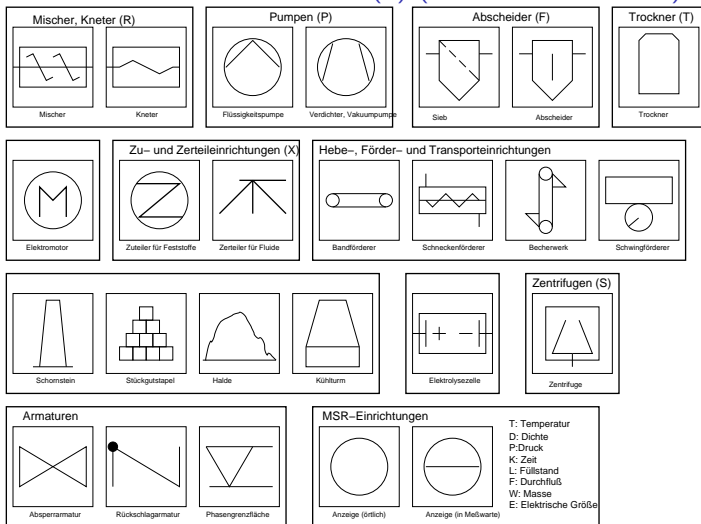


# 1. Einleitung

## 1.2. Allgemeines zur Projektierung chemischer Anlagen

↳ Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

## Normsymbole in Verfahrensfliessbildern (2) (nach EN ISO 10628)



## 1.1. Bedeutung anorganisch-technischer Prozesse

## 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche/technische/chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

### **Stofftrennung**

Mechanische Stofftrennung

Thermische Stofftrennung

Stoffumwandlungen

## 1.3. Inhaltsverzeichnis, Prozess-Auswahl, Literatur

## Mechanische Stofftrennungen (s-s, s-l, s-g)

nach Aggregatzuständen:

- ▶ **s-s: Sortierverfahren**
  - ▶ Dichtesortierung
  - ▶ Sortierung im Magnetfeld
  - ▶ Sortierung im elektrischen Feld
  - ▶ Flotation
- ▶ **s-l: Sedimentation**
  - ▶ Filtration ( $F^1$ )
  - ▶ Zentrifugen (Hydrozyklone)
  - ▶ Trocknen ( $T$ )
- ▶ **s-g: Entstaubung**
  - ▶ Zyklone ( $F$ )

## Thermische Stofftrennung (l-l, g-g, l-g)

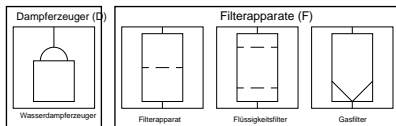
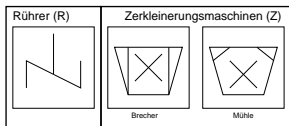
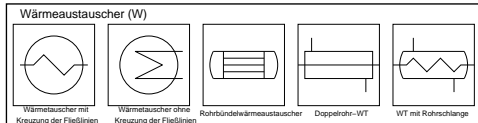
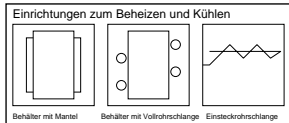
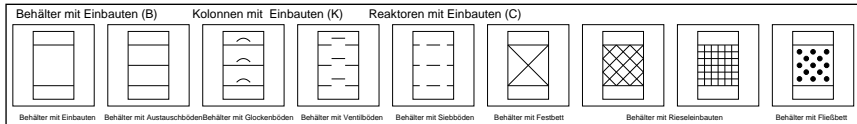
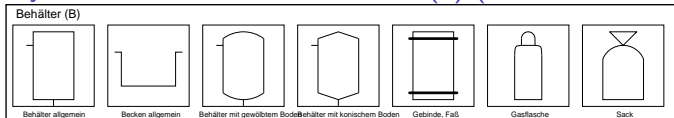
- ▶ wichtig vor allem bei Verarbeitung von Gasen/Flüssigkeiten (Organik)
- ▶ gelegentlich auch bei AC-Prozessen wichtig
- ▶ **PC**: Mischphasenthermodynamik
- ▶ nach Trennprinzip:
  - ▶ Rektifikation (**A**: Rektifikations-Kolonnen, ( $K^1$ ))
  - ▶ l-l-Extraktionen (**A**: Kolonnen oder Mischer/Scheider-Batterien)
  - ▶ Lösen
  - ▶ Kristallisation und Fällung
  - ▶ Adsorption
  - ▶ Ionenaustausch
  - ▶ Trennung mit Membranen

# 1. Einleitung

## 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

### └─ Stofftrennung

## Normsymbole in Verfahrensfliessbildern (1) (nach EN ISO 10628)



## 1. Einleitung

### 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

#### Stoffumwandlungen

## 1.1. Bedeutung anorganisch-technischer Prozesse

## 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche/technische/chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

Stofftrennung

Mechanische Stofftrennung

Thermische Stofftrennung

**Stoffumwandlungen**

## 1.3. Inhaltsverzeichnis, Prozess-Auswahl, Literatur



## Stoffumwandlungen/Reaktionen

### 1. Gasreaktionen

- ▶ meist als Druckreaktionen
- ▶ häufig mit heterogenen Katalysatoren
- ▶ **Reaktortyp**: Strömungsrohr ( $C^1$ )

### 2. Reaktionen in flüssiger Phase

- ▶ Fällungen
- ▶ reziproke Umsetzungen
- ▶ Neutralisationen
- ▶ Redoxreaktionen
- ▶ homogen-katalysierte Reaktionen
- ▶ **Reaktortyp**: meist Rührkessel(kaskade) ( $R^1$ )

### 3. Hochtemperaturreaktionen (Spezialität der AC)

- ▶ ... in Öfen (z.B. Drehrohrofen für Zement; Hochofen bei Fe/Stahl) ( $D^1$ )
- ▶ ... in Flammen (Pyritrösten, 'Carbon-Black'-Herstellung usw.)

### 4. Elektrochemische Prozesse (Elektrolysen) (Redox!)

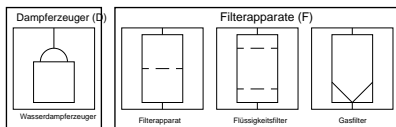
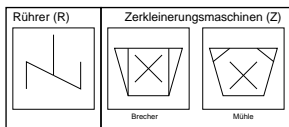
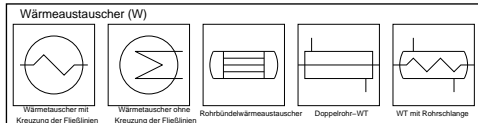
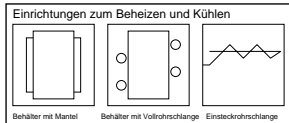
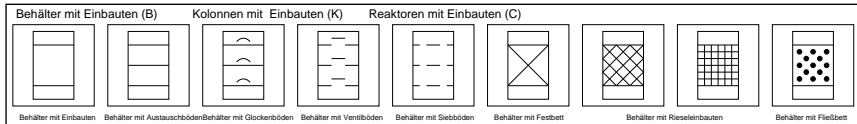
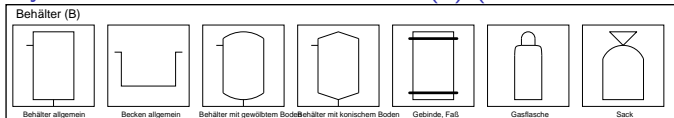
- ▶ Schmelzfluss-Elektrolysen (Gewinnung unedler Metalle wie z.B. Al, Na, ..)
- ▶ wässrige Elektrolysen
  - ▶ zur Metallgewinnung (z.B. Zn) oder Feinreinigung (Cu, Edelmetalle)
  - ▶ Nichtmetall(Verbindungen) mit hohen/niedrigen Oxidationsstufen (z.B. Chlor-Alkalielektrolyse)

## 1. Einleitung

### 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

#### └ Stoffumwandlungen

## Normsymbole in Verfahrensfliessbildern (1) (nach EN ISO 10628)



## 1.3. Inhaltsverzeichnis, Prozess-Auswahl

### 1. Einleitung

### 2. Gase

- ▶ Edelgase,  $N_2$ ,  $O_2$  Luftzerlegung (Trennverfahren, ohne Stoffumwandl.)  $\Leftarrow$
- ▶ Ammoniak (inkl. Wasserstoff; Gasreaktion)  $\Leftarrow$

### 3. Salze

- ▶ KCl (ohne Stoffumwandlung)  $\Leftarrow$
- ▶  $Na_2CO_3$  (reziproke Umsetzung)  $\Leftarrow$
- ▶ Phosphate (Neutralisations- und Verdrängungsreaktionen)
- ▶ Chlorate und Perchlorate (elektrochemische Oxidation)

### 4. Säuren

- ▶ Schwefelsäure (über Gasreaktionen)
- ▶ Essigsäure (homogene Katalyse)  $\Leftarrow$
- ▶ Phosphorsäure (durch Verdrängungsreaktionen)

### 5. Basen

- ▶ Chloralkali-Elektrolyse  $\Leftarrow$

### 6. Metalle

- ▶ Eisen, Stahl
- ▶ Kupfer  $\Leftarrow$
- ▶ Aluminium

### 7. ... ?

- ▶ Silicate, Dünger, Hochtemperaturwerkstoffe, Halbleiter, Pigmente, ... .