

1. Einleitung

Vorlesung: Technische Anorganische Chemie



WS 24/25, Burkhard Butschke, Caroline Röhr

1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffumwandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.4. Literatur

1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

- Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte
- Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung
- Stofftrennung
 - Mechanische Stofftrennung
 - Thermische Stofftrennung
- Stoffumwandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.4. Literatur

1.1.

Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.

Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

- 1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen
 - Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte
 - Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung
 - Stofftrennung
 - Mechanische Stofftrennung
 - Thermische Stofftrennung
 - Stoffumwandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.4. Literatur

1.1.
Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.
Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

- ▶ typische Massengüter als Fertigprodukte (z.B. Düngemittel, Glas, Baustoffe, Stahl)
- ▶ Zwischenprodukte mit hoher Einsatzbreite (z.B. Chlor, Säuren, div. Metalle)
- ▶ z.T. extrem hohe Tonagen (in 10^3 t/a) (klassische chemische Industrie)

	Welt (2023)	Deutschland VCI (2023)	weitere Einzelangaben
Chlor (Cl ₂)	65 000	2 351	7 289 Europa, 2023
Ammoniak (NH ₃)	146 000	1 719	
NaCl	270 000	17 500	
NaOH	50 000	2 490	
Soda	52 000	2 125	
HCl	20 000	1 527	
H ₂ SO ₄ (SO ₃)	231 000	2 831	19 000 China, 2023
Essigsäure (CH ₃ COOH)	12 100	29	
N-Düngemittel	90 800	5 216	
P-Düngemittel (P ₂ O ₅)	43 000		
Kalisalze (K ₂ O)	29 100	2 962	
Al ₂ O ₃		727	
TiO ₂	6 560	245	

1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch
thermisch

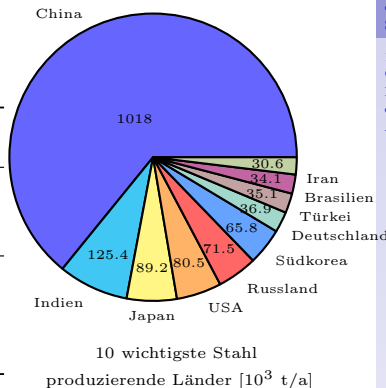
Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff- Auswahl)

1.4. Literatur

- noch höhere Tonagen (in 10^3 t/a) jenseits der klassischen chemischen Industrie

	Welt (2023)	Deutschland VCI (2023)
H ₂ [Mio. m ³]	50 000	3 036
O ₂ [Mio. m ³]		5 389
N ₂ [Mio. m ³]		6 922
Stahl (roh)	1 892 562	35 400
Al (primär)	70 000	1 066
Glas	107 000	1 981
Zement	4 100 000	30 000



Besonderheiten Anorganika:

- ▶ viele Grund-Produkte mit sehr geringen Selbstkosten:
 - ▶ NaOH: 300-450 €/t ('caustic soda', 1.2024)
 - ▶ Na_2CO_3 : 300 €/t ('soda ash')
 - ▶ Stahl: 730 €/t (4.2024)
 - ▶ Cu: 8.800 €/t (4.2024)
 - ▶ Al: 2.400 €/t (11.10.2024)
 - ▶ Sn: 30.300 €/t (11.10.2024)
 - ▶ Poly-Si: 6.600 €/t (10.2024)
 - ▶ Zement-Klinker: 10-70 €/t (10.2024)
- ▶ Wertstoffgehalt des Rohstoffs bestimmt Preise (geringe Wertschöpfung)
- ▶ große Bedeutung von Feststoffen (Edukte und Produkte)
- ▶ extreme Reaktionsbedingungen
(T , pH -Werte, Redox-Eigenschaften, Drücke, etc.)
⇒ hohen Anforderungen an Werkstoffe
- ▶ größere Prozessvielfalt als bei Organika/Pharmazeutika etc.

1.1.

Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.

Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt

(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

Chemische Industrie (inkl. Pharma)

- ▶ Jahresumsatz: 225.5 Milliarden Euro (2023)
 - ▶ Inland: 85.5 Milliarden (−16 % gegen Vorjahr)
 - ▶ Ausland 140.0 Milliarden (−12.2 % gegen Vorjahr)
- ▶ 479 542 Beschäftigte

+ weitere (AC-)Industrie-Bereiche

- ▶ Stahl: 50.6 Milliarden Euro (Umsatz 2023), 80 000 Beschäftigte
- ▶ Zement: 3.05 Milliarden Euro (Umsatz 2021), 8 000 Beschäftigte
- ▶ Glas: 12.28 Milliarden Euro (Umsatz 2023), 54 000 Beschäftigte

1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.1.
Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

Stofftrennung

- Mechanische Stofftrennung
- Thermische Stofftrennung

Stoffumwandlungen

1.2.
Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

1.4. Literatur

1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.1.
Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

Stofftrennung

- Mechanische Stofftrennung
- Thermische Stofftrennung

Stoffumwandlungen

1.2.
Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

1.4. Literatur

Projektierung: wirtschaftliche/technische/chemische Aspekte

► Wirtschaftliches

- Kosten-Nutzen-Analyse, Gesamtkosten, Rentabilität
- Patentlage, Genehmigungen, Umweltauflagen, Nachhaltigkeit
- 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 ggf. **Stofftrennungen** vorab ✗
- 3 **Stoffumwandlungen** (chem. Reaktionstechnik) ✗
 - Energie/Impuls/Stoff-Bilanzen
 - Reaktoren: Bedingungen (T , P , Atmosphäre, pH , Katalysatoren, Materialien etc.)
- 4 ggf. weitere nachgeschaltete **Stofftrennungen** ✗
- 5 Lagerung, Transport und Weiterverwertung des Endproduktes

1. Einleitung

1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

Stofftrennung

mechanisch

thermisch

Stoffumwandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.4. Literatur

1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.1.
Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

1.2.
Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

Stofftrennung

Mechanische Stofftrennung

Thermische Stofftrennung

Stoffumwandlungen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung

mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

1.4. Literatur

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 ↓

1.1.

Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.

Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung

mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

Zerkleinern, Agglomerieren, Klassieren, Fördern und Lagern

1. Einleitung

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
- Brikkettieren 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)

1.1.

Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.

Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung

mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

Kennbuchstaben für Apparaturen u. Armaturen (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

1.1.

Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.

Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung

mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

Normsymbole in Verfahrensfliessbildern (1) (EN ISO 10628)

1. Einleitung

1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

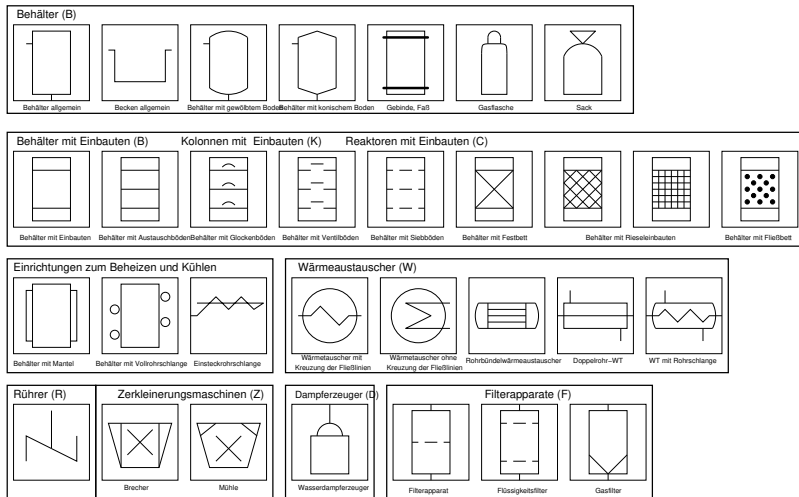
Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffumwandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.4. Literatur



Normsymbole in Verfahrensfliessbildern (2) (EN ISO 10628)

1. Einleitung

1.1.

Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.

Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung

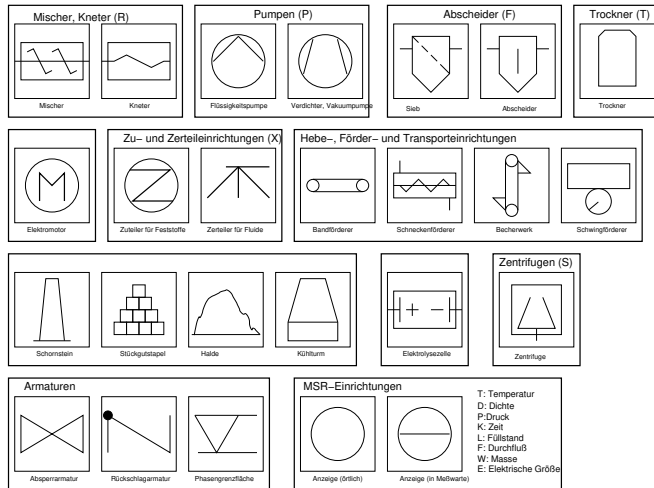
mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur



1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

Stofftrennung

Mechanische Stofftrennung

Thermische Stofftrennung

Stoffumwandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.4. Literatur

1.1.

Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.

Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung

mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

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)

1.1.

Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.

Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung
Stofftrennung

mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

- ▶ 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

1.1.

Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.

Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

Normsymbole in Verfahrensfliessbildern (1) (EN ISO 10628)

1. Einleitung

1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

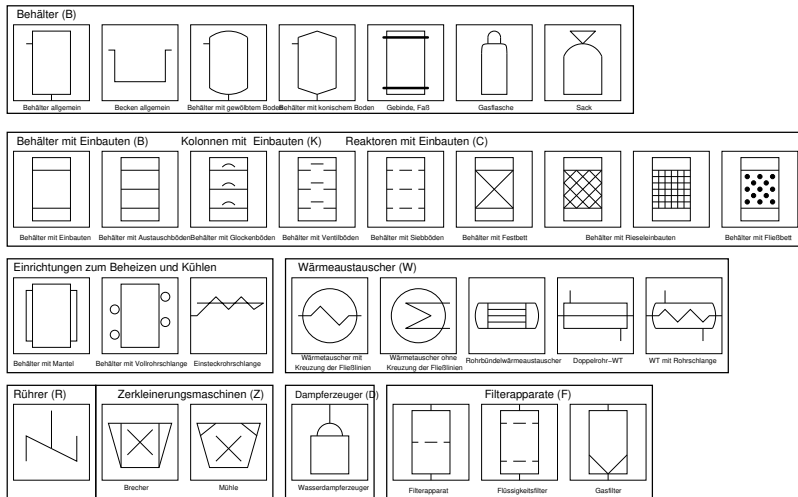
Stofftrennung mechanisch

thermisch

Stoffumwandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.4. Literatur



1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

Stofftrennung

Mechanische Stofftrennung

Thermische Stofftrennung

Stoffumwandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.4. Literatur

1.1.

Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.

Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch
thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

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, 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)

1.1.

Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.

Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch
thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

Normsymbole in Verfahrensfliessbildern (1) (EN ISO 10628)

1. Einleitung

1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte

Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung

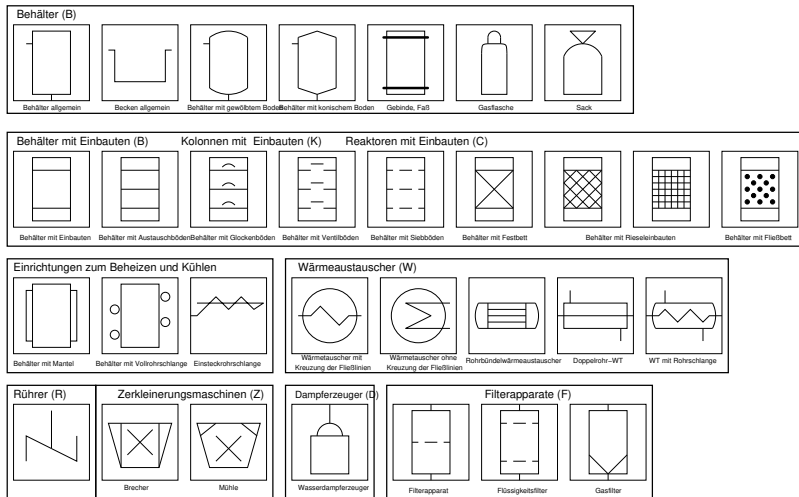
Stofftrennung mechanisch

thermisch

Stoffumwandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.4. Literatur



1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.1.
Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

- Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte
- Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung
- Stofftrennung
 - Mechanische Stofftrennung
 - Thermische Stofftrennung
- Stoffumwandlungen

1.2.
Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

1.4. Literatur

1.3. Inhalt, Prozess/Stoff-Auswahl (für Vorlesung)

1 Einleitung ✓

2 Gase

- ▶ Edelgase, N_2 , O_2 (Luftzerlegung, Trennverfahren, ohne Stoffumw.) ✗
- ▶ Ammoniak (inkl. Wasserstoff; Gasreaktion) ✗

3 Salze

- ▶ KCl (Feststoffprozessierung ohne Stoffumwandlung) ✗
- ▶ Na_2CO_3 (reziproke Umsetzung) ✗
- ▶ Phosphate (Neutralisations- und Verdrängungsreaktionen)
- ▶ Chlorate und Perchlorate (elektrochemische Oxidation)

4 Säuren

- ▶ Schwefelsäure (über Gasreaktionen)
- ▶ Essigsäure (homogene Katalyse) ✗
- ▶ Phosphorsäure (durch Verdrängungsreaktionen)
- ▶ Salpetersäure

5 Basen

- ▶ Chloralkali-Elektrolyse ✗

6 Metalle

- ▶ Eisen, Stahl ✗
- ▶ Kupfer ✗
- ▶ Aluminium

7 Weitere Anorganische Grund- und Wertstoffe

- ▶ Zementklinker, Gläser, Düngemittel, Hochtemperaturwerkstoffe, Explosivstoffe, Halbleiter (Si), Pigmente (Carbon-Black, TiO_2), ...

1. Einleitung

1.1.
Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.
Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

1.1. Bedeutung anorganisch-chemischer Stoffe

1.1.
Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2. Generelles zur Projektierung chemischer Anlagen

- Wirtschaftliche, technische und chemische Aspekte
- Rohstoffe: Vorkommen, Förderung und Aufarbeitung
- Stofftrennung
 - Mechanische Stofftrennung
 - Thermische Stofftrennung
- Stoffumwandlungen

1.2.
Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt (Prozess/Stoff-Auswahl)

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

1.4. Literatur

- ▶ Web-Links auf ruby
- ▶ Nachschlagewerke (fortlaufend aktualisiert, leider kein Zugang in FR)
 - ▶ „Ullmann“: *Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH [6. Auflage, Bände 1-40 (2002)].
 - ▶ „Winnacker-Küchler“: *Chemische Technik*, Wiley-VCH [TC 3/1: 5. Auflage 2005, Bd. I - III, VIa,b (Metallurgie), VII]
 - ▶ „Kirk-Othmer“: *Encyclopedia of Chemical Technology*, Wiley-VCH [HB 10/14a]
- ▶ Anorganische Verfahren (nach Stoffklassen, ältere Auflagen s. [Bibl.])
 - ▶ K. H. Büchel, H.-H. Moretto, P. Woditsch: *Industrial Inorganic Chemistry*, Wiley VCH (2000).
 - ▶ M. Bertau, A. Müller, P. Fröhlich, M. Katzberg: *Industrielle Anorganische Chemie*, Wiley VCH, (2013). [AC 570/6a]
 - ▶ M. A. Benvenuto: *Industrial Inorganic Chemistry*, deGruyter (2015).
 - ▶ H.-H. Emmons et. al. *Grundlagen der Technischen Anorganischen Chemie*, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig (1983). [AC 570/7]
 - ▶ weitere Literatur bei den einzelnen Verfahren

1.1.
Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.
Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur

1.4. Literatur (Forts.)

► Prozeßkunde, Reaktionstechnik (E-Books zugänglich)

- G. Emig, E. Klemm, H. Freund: *Chemische Reaktionstechnik*, Springer Vieweg (2024).
- M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken: *Technische Chemie*, Wiley-VCH, Weinheim (2023).
- R. Güttel, Th. Turek, *Chemische Reaktionstechnik*, Springer Spektrum (2021).
- A. Behr, D. W. Agar, J. Jörissen, A. J. Vorholt: *Einführung in die Technische Chemie*, Springer Spektrum, Heidelberg (2016).
- U. Onken, A. Behr: *Chemische Prozeßkunde*, Thieme (1996) [TC 2/3] (Kap. 10, 11, und 12)

► Thermische Trennverfahren, Kristallisation

- B. Lohrengel: *Thermische Trennverfahren: Trennung von Gas-, Dampf- und Flüssigkeitsgemischen* deGruyter Studium (2023).
- V. Gnielinski, A. Mersmann, F. Thurner: *Verdampfung, Kristallisation, Trocknung*, Springer Fachmedien (2013).
- P. Grassmann, F. Widmer, H. Sinn: *Einführung in die thermische Verfahrenstechnik* deGruyter (1997) [TC 300/4].

►

1. Einleitung

1.1.

Bedeutung
anorganisch-
chemischer
Stoffe

1.2.

Generelles zur
Projektierung
chemischer
Anlagen

Wirtschaftliche,
technische und
chemische
Aspekte

Rohstoffe:
Vorkommen,
Förderung und
Aufarbeitung

Stofftrennung
mechanisch

thermisch

Stoffum-
wandlungen

1.3. Inhalt
(Prozess/Stoff-
Auswahl)

1.4. Literatur