

# Chemisches Gleichgewicht

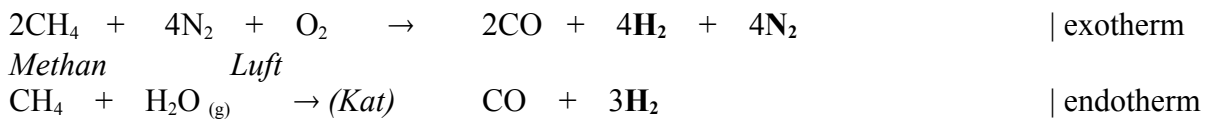
## Großtechnische Ammoniakherstellung

### DAS HABER-BOSCH-VERFAHREN<sup>1</sup>

#### 1. Herstellung der Ausgangsstoffe - „Rohstoffe“:

Verwendet wird:

- Methan:  $\text{CH}_4$
- Wasser:  $\text{H}_2\text{O}$
- Luft:  $\text{N}_2 / \text{O}_2$



Reinigung der Gase (Entfernen des CO – Konvertierung (Umwandlung) von CO):



#### 2. Synthesereaktion:

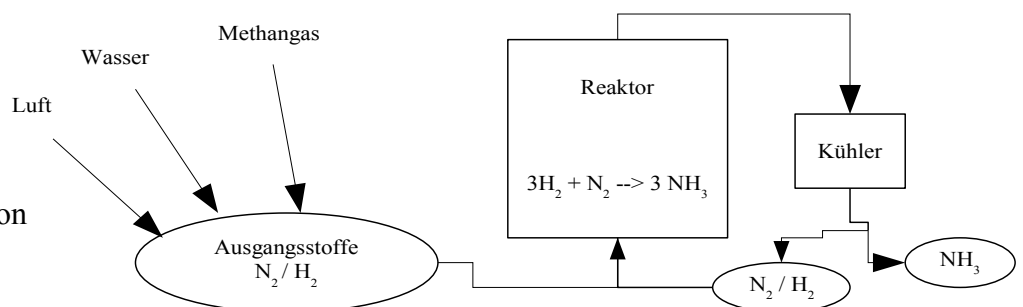


Bedingungen nach Le Chatelier für eine hohe Ausbeute an  $\text{NH}_3$ :

- Niedrige Temperatur Problem: Zu geringe Reaktionsgeschwindigkeit  
'Lösung': Einsatz eines Katalysators ( $\text{FeO}_x$ ,  $\text{AlO}_x$ ,  $\text{KO}_x$ )
- Hoher Druck Problem: Technisch schwer durchführbar
- laufende Entfernung von  $\text{NH}_3$

Tatsächliche Bedingungen:

- ➔ Katalysator
- ➔  $\vartheta \approx 450^\circ\text{C}$
- ➔  $p \approx 200 - 300 \text{ bar}$   
( $\cong 20 - 30 \text{ Mpa}$ )
- ➔ ständiges Abführen von  $\text{NH}_3$



Problem: Bei dem hohen Druck reagiert  $\text{H}_2$  mit dem Kohlenstoff im Stahl. Deshalb verwendet man eine Schutzschicht aus kohlenstoffarmem Stahl, um die tragende Stahlschicht zu schützen.

Das Gas aus der Reaktion wird abgeleitet und abgekühlt →  $\text{NH}_3$  wird schneller flüssig als die anderen Bestandteile. Diese werden wieder in den Reaktor geführt.



<sup>1</sup> Benannt nach Fritz Haber und Carl Bosch

<sup>2</sup>  $\Delta H = -92 \text{ kJ/mol}$  Veränderung der Reaktionsenthalpi negativ → Energie wird frei