



# Power to Methanol

Machbarkeitsstudie des Masterstudienganges MCUI13

24. November 2014

**MCUI13**  
**Masterstudiengang Chemie- und Umweltingenieurwesen**  
**Entwicklungsprojekt**

**HOME**  
HOCHSCHULE  
MERSEBURG<sup>TH</sup>  
University of  
Applied Sciences

FACHBEREICH  
INGENIEUR- UND  
NATURWISSEN-  
SCHAFTEN

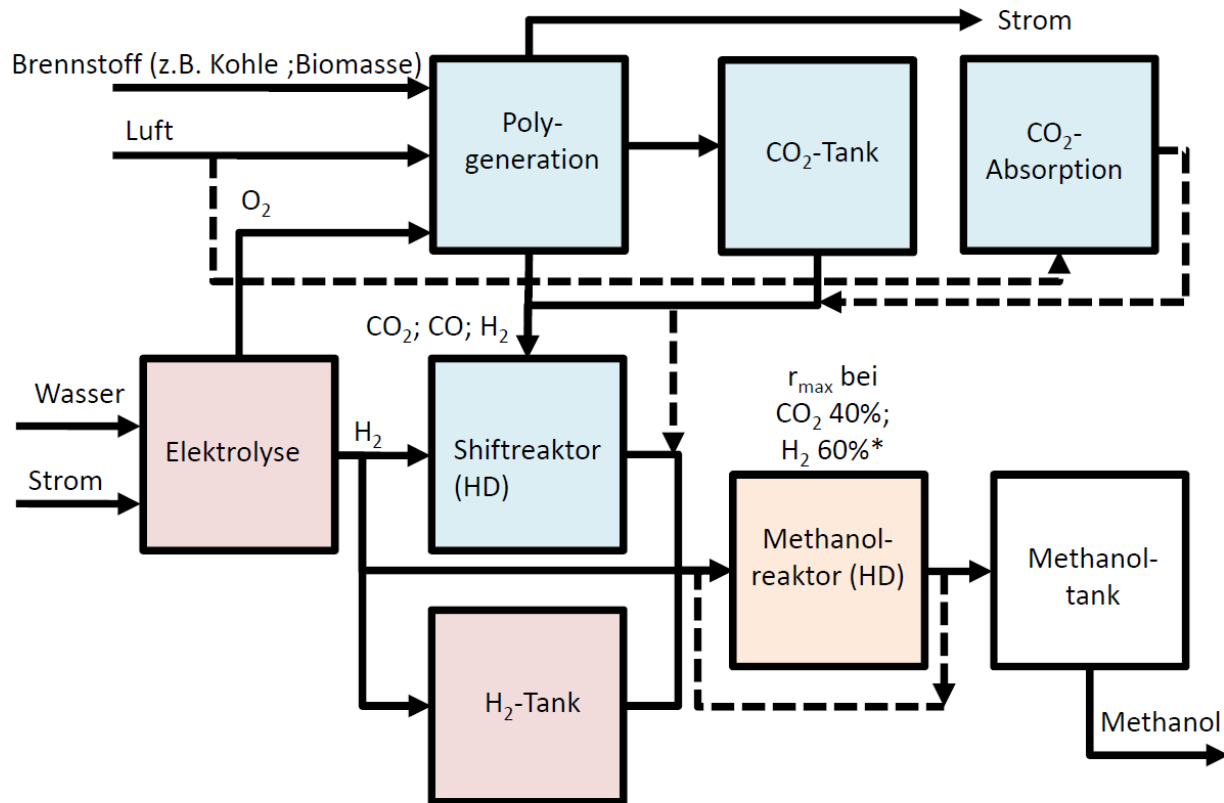
# GLIEDERUNG

1. Aufgabenstellung
2. Aktuelle Strombetrachtungen
3. Elektrolyse
4. Reverse Wasser-Gas-Shift
5. Methanolsynthese
6. CO<sub>2</sub>-Absorption
7. Polygeneration
8. Forschungs- und Innovationsbedarf

# 1. AUFGABENSTELLUNG

- ▶ Problemstellung: Speicherung von Überschussstrom aus regenerativen Energiequellen
- ▶ Produktion von elektrolytischem Wasserstoff als erste Speichermöglichkeit
- ▶ Methanolherstellung aus dem gewonnenen Wasserstoff für eine sichere Lagerung der gewonnenen Energie

# 1. AUFGABENSTELLUNG



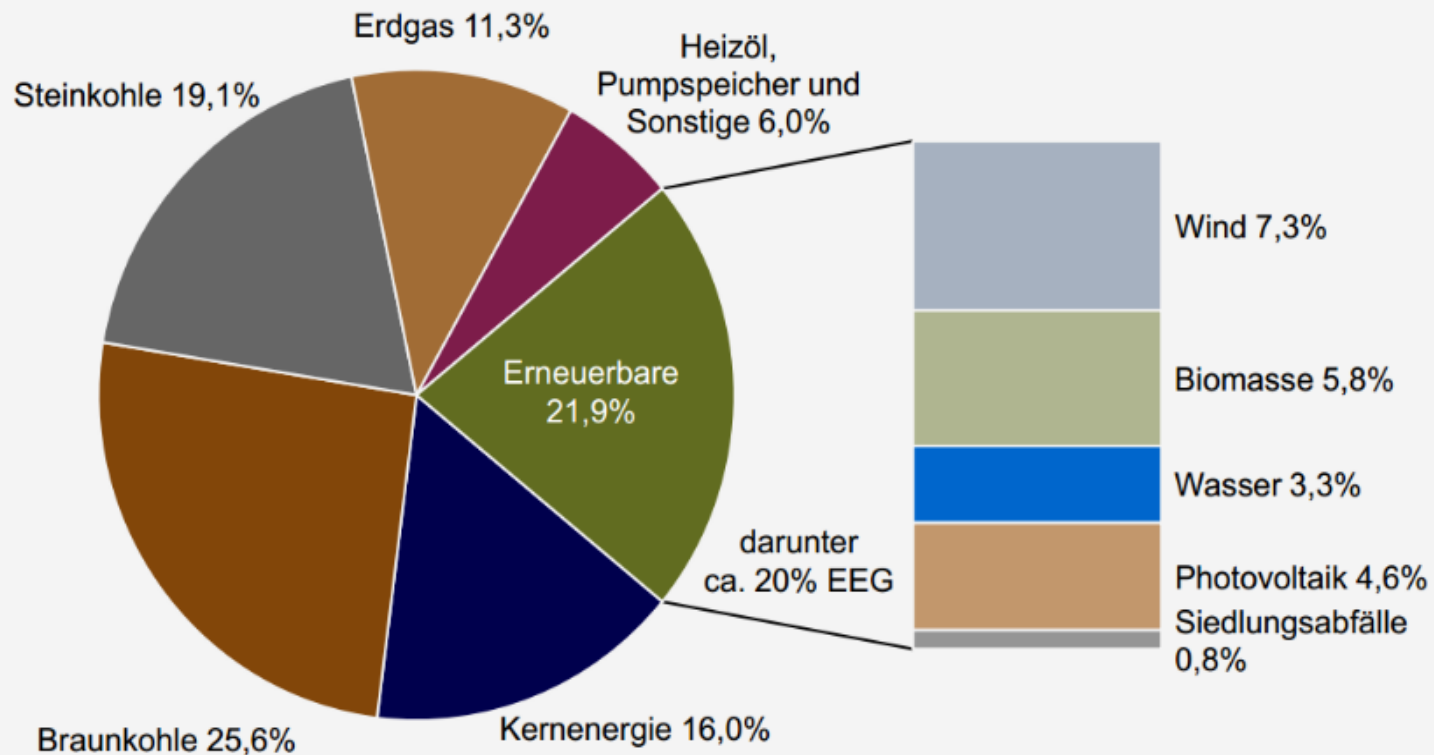
\*I. Chorkendorff, J.W. Niemantsverdriet; Concepts of Modern Catalysis and Kinetics; S.315. ff

# 1. AUFGABENSTELLUNG

- ▶ Szenarienbetrachtung:
  - ▶ Wasserstoffherstellung (10.000 Nm<sup>3</sup>/h) mit anschließendem Verkauf
  - ▶ Methanolherstellung (500.000 t/a) mit CO<sub>2</sub> aus der chemischen Industrie (kostenlos)
  - ▶ Methanolherstellung (500.000 t/a) mit CO<sub>2</sub> aus Polygeneration/ CO<sub>2</sub>-Absorption aus Luft

## 2. AKTUELLE STROMBETRACHTUNG

Brutto-Stromerzeugung 2012 in Deutschland: 617 Mrd. Kilowattstunden\*



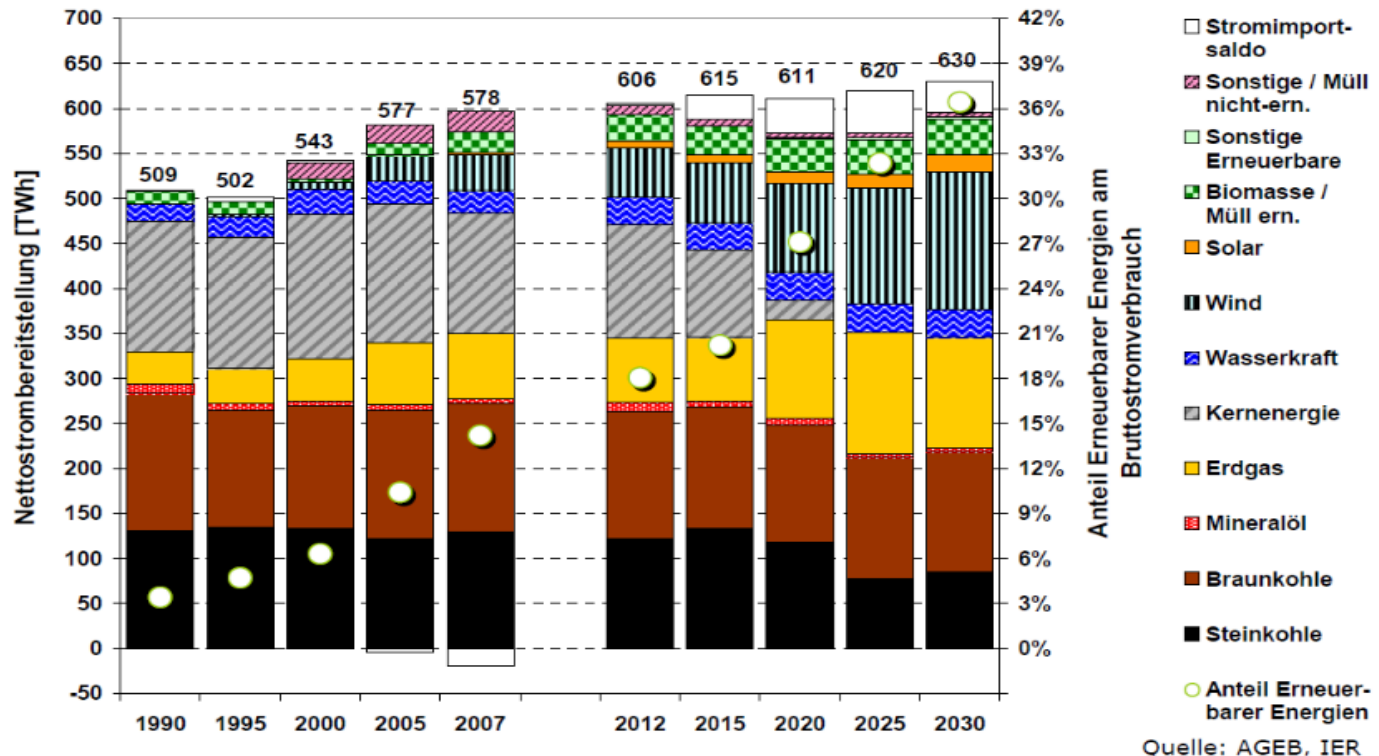
Quellen: BDEW, AG Energiebilanzen Stand: 12/2012

\* vorläufig, teilweise geschätzt

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft. 2013. „Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken“.

## 2. AKTUELLE STROMBETRACHTUNG

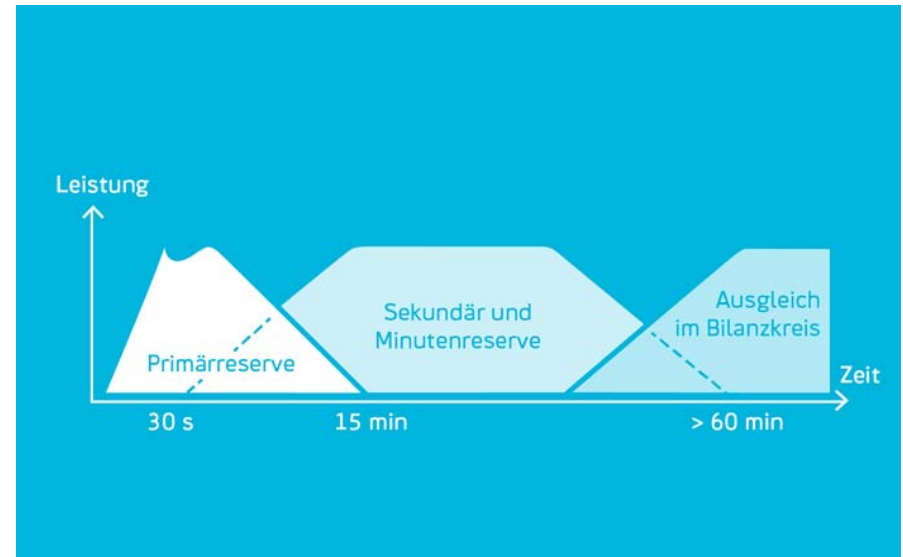
### Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch steigt bis 2020 auf 27 %



IER, RWI, ZEW. 2010. „Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030“.

## 2. AKTUELLE STROMBETRACHTUNG

- ▶ europäische Netzfrequenz von 50 Hz
- ▶ Schwankungen werden durch verschiedene Regelsysteme ausgeglichen
- ▶ durch diese drei Regelstufen wird der eigentliche Überschussstrom vermieden

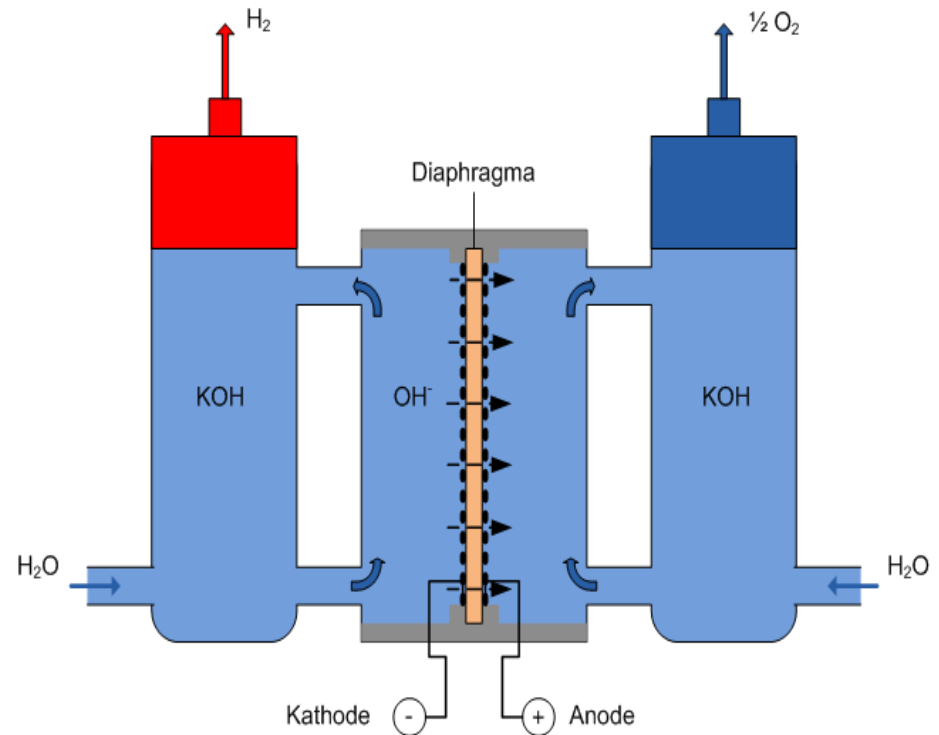


Statkraft Markets GmbH. 2014. „Energiewissen“. Online-Zitat: 29.Juni 2014  
<http://www.statkraft.de/produkte-und-dienstleistungen/direktvermarktung/energiewissen/>



# ELEKTROLYSE – ALKALISCHE ELEKTROLYSE

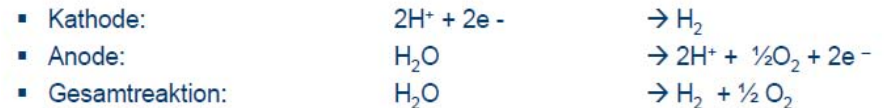
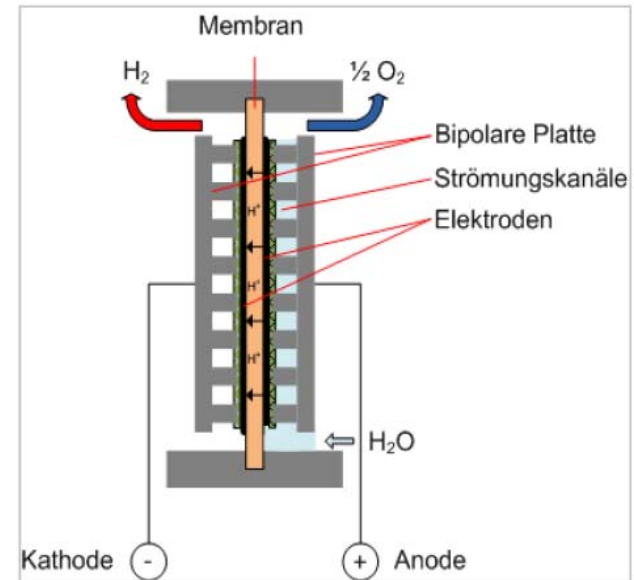
- ▶ Dauerbetrieb
- ▶ Vorteile:
  - einfacher Aufbau
  - geringe Anschaffungskosten
  - großtechnisch etabliert
- ▶ Nachteile:
  - empfindlich auf Zustandsänderungen
  - erhöhte Anfahrzeiten durch nachgeschaltete Systemkomponenten
  - Nachbereitung erforderlich



Wenske, Michael. 2008. „Wasserstoff - Herstellung per Elektrolyse“.  
Gut Dauerthal: Enertrag AG

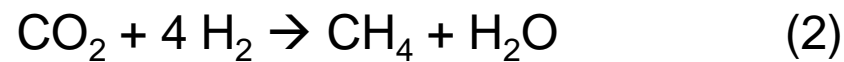
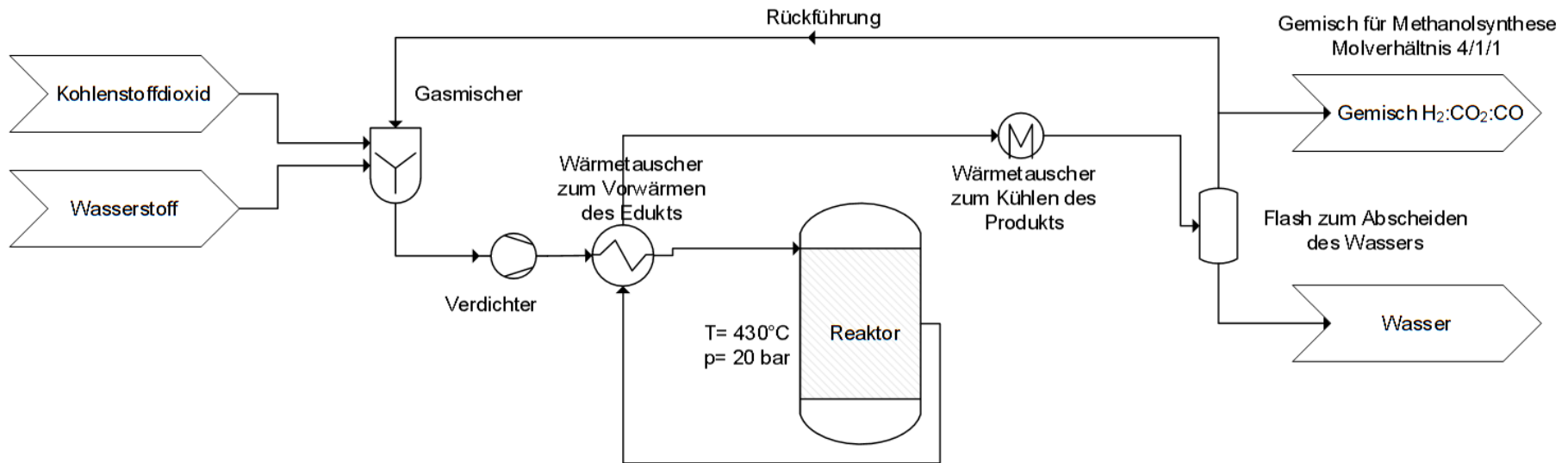
# ELEKTROLYSE - PEM

- ▶ Wechsellastbetrieb
- ▶ Vorteile:
  - keine Gefahrenstoffe
  - weitestgehend wartungsfrei
  - geringe Anfahrzeiten
  - keine Nachbereitung notwendig
- ▶ Nachteile:
  - hohe Investitionskosten
  - zu früher Forschungsstand für großtechnische Umsetzung

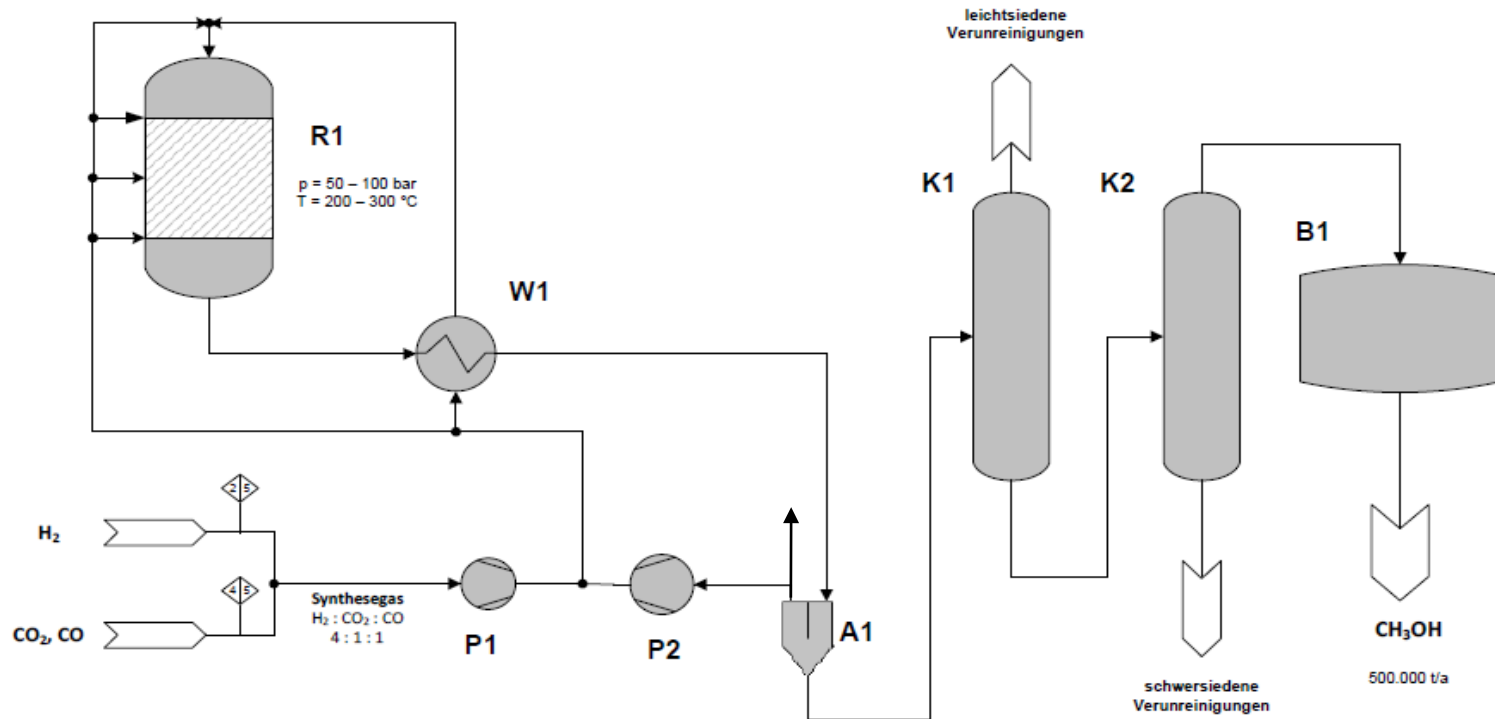


Wenske, Michael. 2008. „Wasserstoff - Herstellung per Elektrolyse“.  
Gut Dauerthal: Enertrag AG

## 4. REVERSE WASSER-GAS-SHIFT

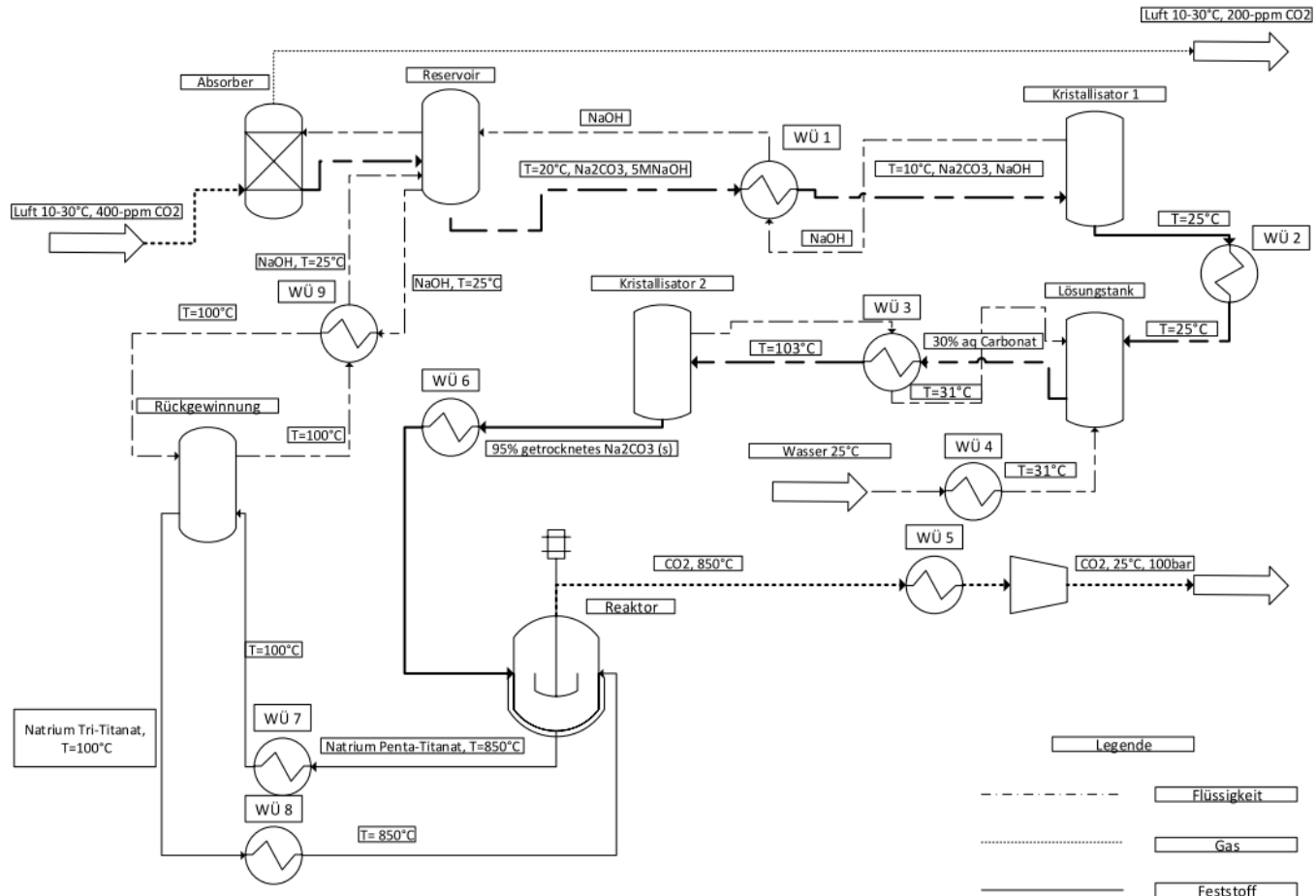


# 5. METHANOLSYNTHESE



A Abscheider	Titel <b>Methanolsynthese nach dem ICI - Niederdruckverfahren</b>	Dokumentart <b>Verfahrensfließbild</b>			
B Behälter		Erteilt durch Gruppe 5	Studiengang MCUI13		
K Destillationskolonne		Zuletzt geändert 2014-10-21	Änderung 00	Änderungsdatum 2014-10-21	Blatt 1/1
P Verdichter					
R Reaktor					
W Wärmetauscher					

# 6. CO<sub>2</sub> – ABSORPTION AUS LUFT



David Keith, Maryam Mahmoudkhani. 2009. „Carbon dioxide capture“. US8119091 B2.

# 7. POLYGENERATION

- ▶ Polygeneration:
  - Produktion von mehreren Produkten aus einem Edukt
  - CO<sub>2</sub> als Nebenprodukt von Kraftwerken
  
- ▶ CO<sub>2</sub> aus Kraftwerken benötigt eine starke und bislang nicht vorhandene Aufbereitungen des Rauchgases:
  - im Kraftwerk möglich: Post-Combustion, Oxyfuel-Verfahren, Pre-Combustion

→ **ca.10% Wirkungsgradverlust**
  
- ▶ moderne Möglichkeit der Kraftwerke durch Kohlevergasung (IGCC)

## 8. FORSCHUNGS- UND INNOVATIONSBEDARF

- ▶ **Elektrolyse:**
  - hohe Investitionskosten
  - großer Platzbedarf
  - viel Abwärme (~125 MW) bei geringen Temperaturen (60-80 °C)
- ▶ **PEM-Elektrolyse:**
  - einzige Elektrolyse die Wechsellastbetrieb ermöglicht
- ▶ **Hochtemperatur-Elektrolyse ?**
- ▶ **CO<sub>2</sub> – Absorption aus Luft**
  - bislang keine großtechnische Umsetzung möglich