

# Systemanalyse

## Integration von Power to Gas in Kläranlagen

### Analysen möglicher Synergieeffekte

---

14. Symposium Energieinnovation Graz

**Michaela Huemer, M.Sc.**

**EnInnov2016**

14. Symposium Energieinnovation | 10.02.–12.02.2016

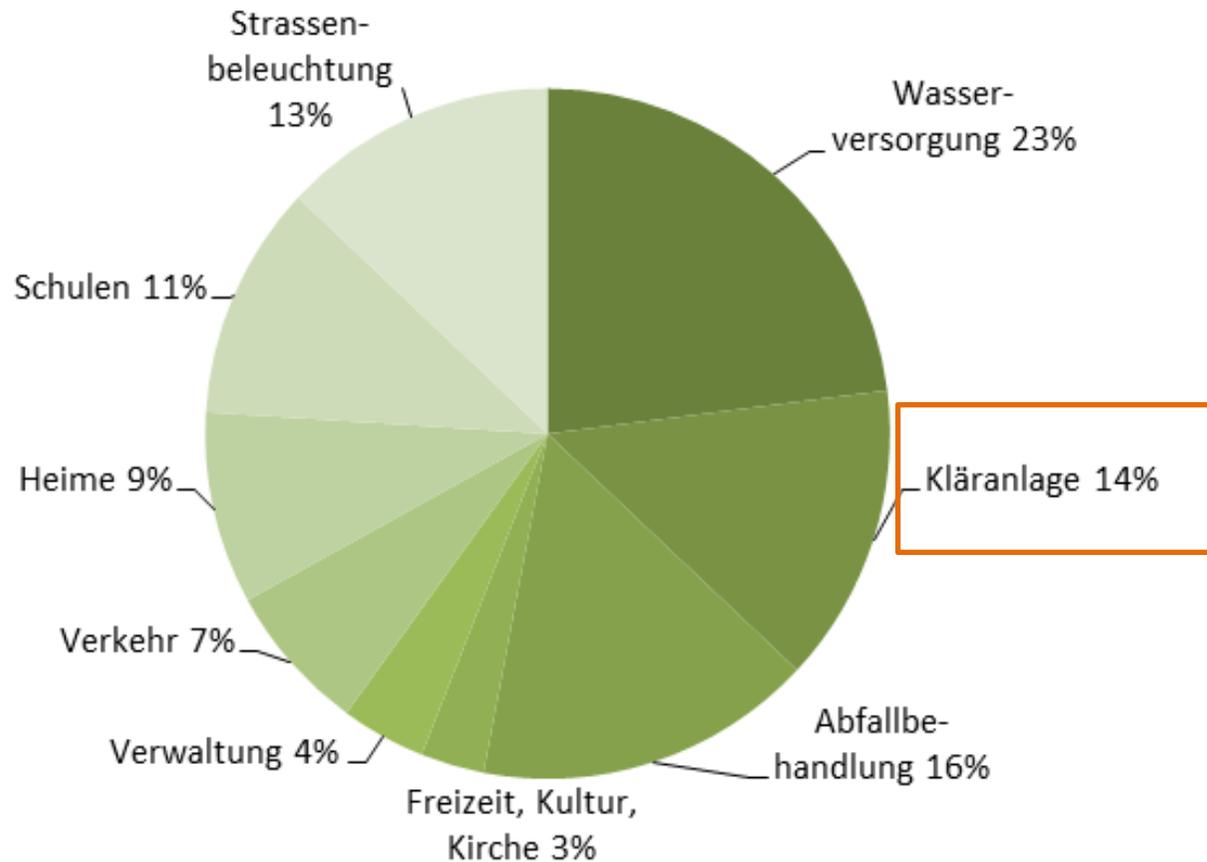
Graz, 12. Februar 2016

# GLIEDERUNG

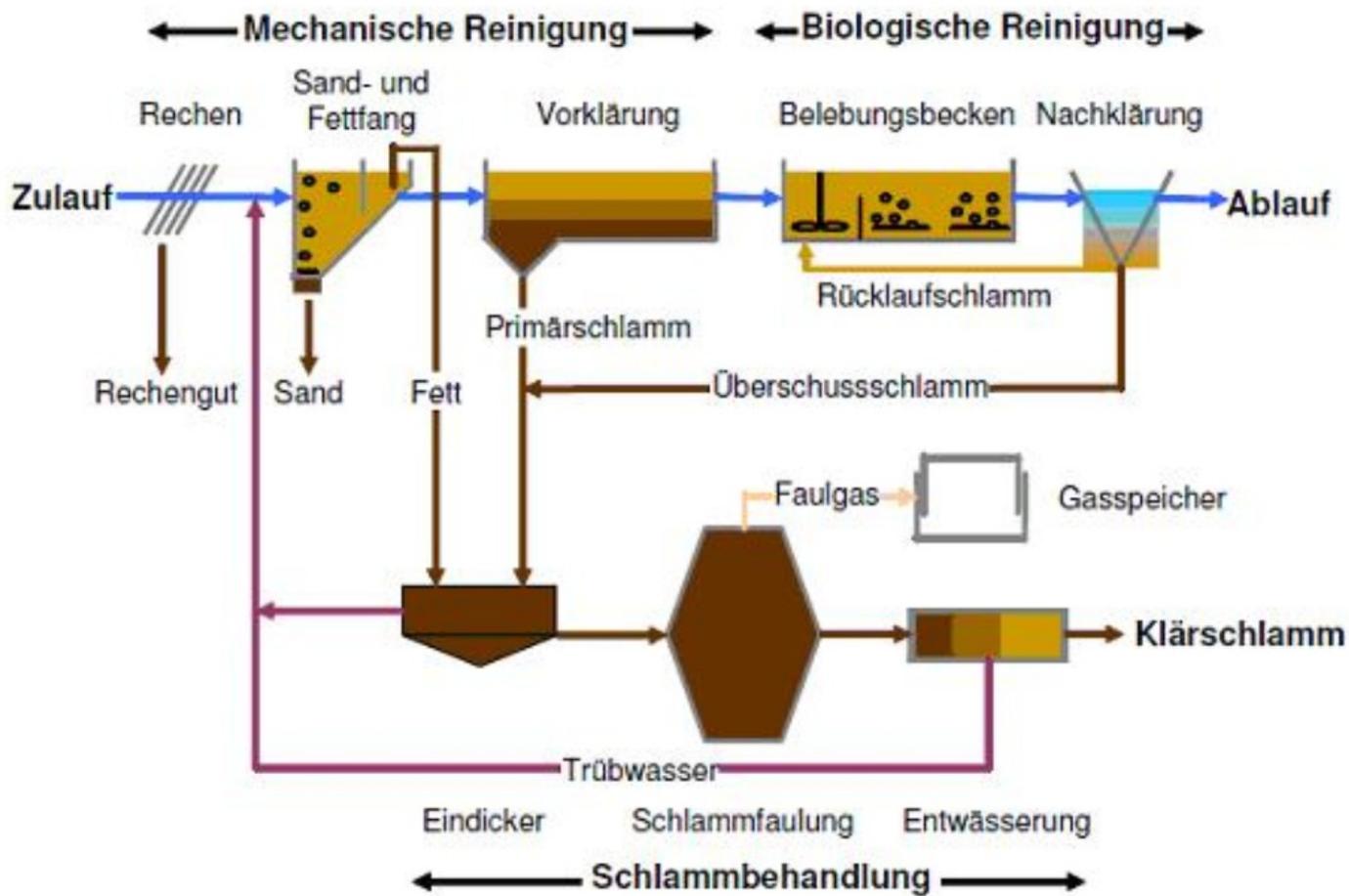
---

- Energetische Situation in kommunalen Kläranlagen
- Anaerobe Gasproduktion aus Klärschlamm
- Power to Gas – System und möglicher Nutzen
- Schnittpunkte von Power to Gas und Kläranlagen
- Abschätzung einer Integration von Power to Gas an einer Kläranlage
  - Technische Integration von Power to Gas
  - Potential für Methanproduktion
  - Gesteuerungskostenberechnung
- Fazit

# VERTEILUNG DES ANTEILS AM STROMVERBRAUCH KOMMUNALER EINRICHTUNGEN



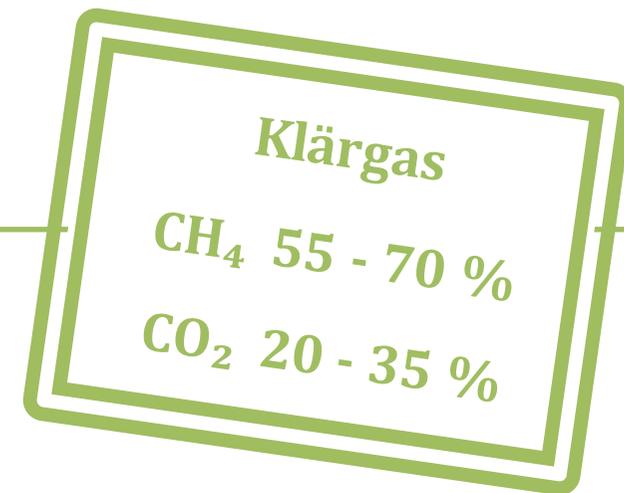
# KOMMUNALE KLÄRANLAGEN: DERZEITIGE STRUKTUREN



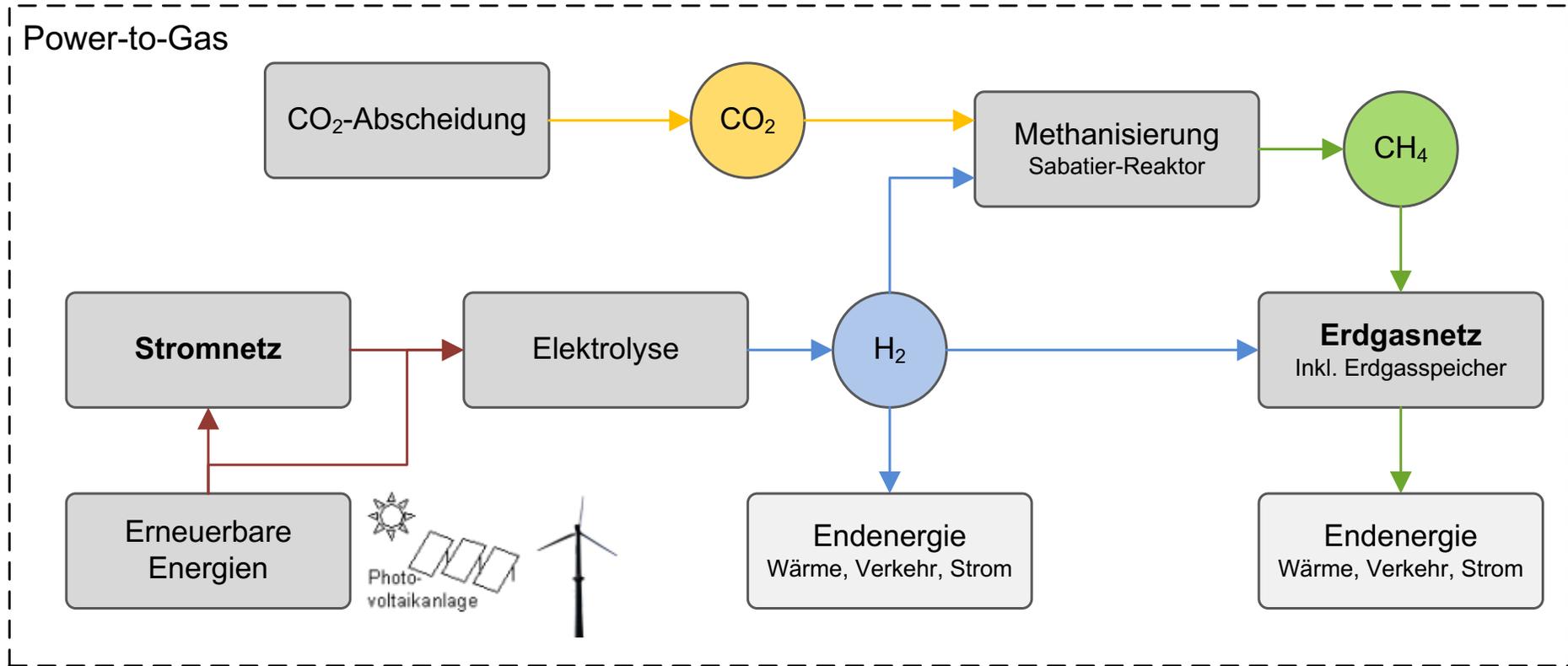
Quelle: BMLFUW, 2012

## RELEVANZ BZW. POTENZIAL

- 1.574 kommunale Kläranlagen in Ö
- 215 KA > 15.000 EW
- Klärgasproduktion an Kläranlagen?
- Anaerobe Gasproduktion
- 2013: 238.200 t/a Klärschlamm
  - je kg org. Trockensubstanz 800 – 1.000 L Klärgas
  - 585 TJ/a Klärgasproduktion
    - Potential bei weitem nicht ausgeschöpft
- 364 Biogasanlagen als zusätzliches Potential



# POWER TO GAS



# NUTZEN VON POWER TO GAS

---

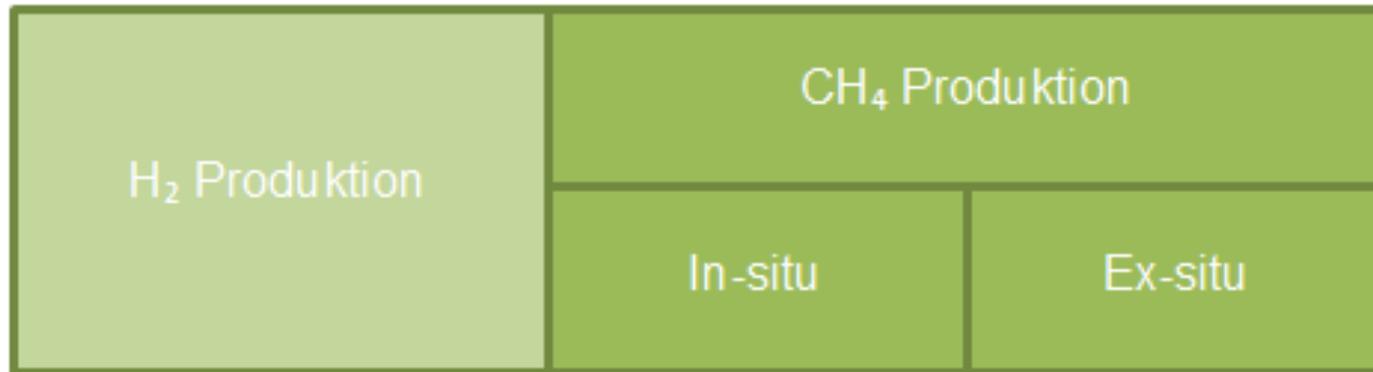
- **Verlagerung des Energietransportes** vom Strom- auf das Gasnetz
- Möglichkeit zur **Erhöhung des Anteils an Erneuerbaren** in allen Anwendungssegmenten
- Bereitstellung eines **Langzeitspeichers**
- Gründung von autarken Energielösungen in abgelegenen bzw. topografisch schwierig gelegenen Regionen
- **Bindung des klimawirksamen Kohlendioxids** durch den zweiten Prozessschritt der Methanisierung

# HERAUSFORDERUNGEN FÜR POWER TO GAS

---

- H<sub>2</sub> Einspeisung in das Erdgasnetz
- Passende **Kohlenstoffquellen** benötigt
- Methanisierungsprozess muss flexibel, einfach und robust sein
- Weiterentwicklung in der Prozessintegration zur **Effizienzsteigerung**
- **Produktionskosten senken**
- **Politischen Rahmen** für Power to Gas schaffen

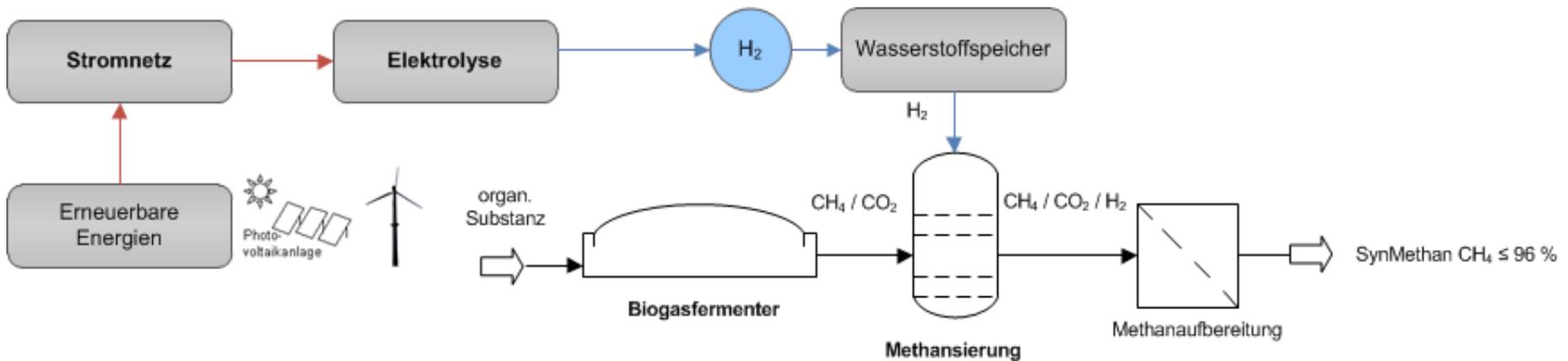
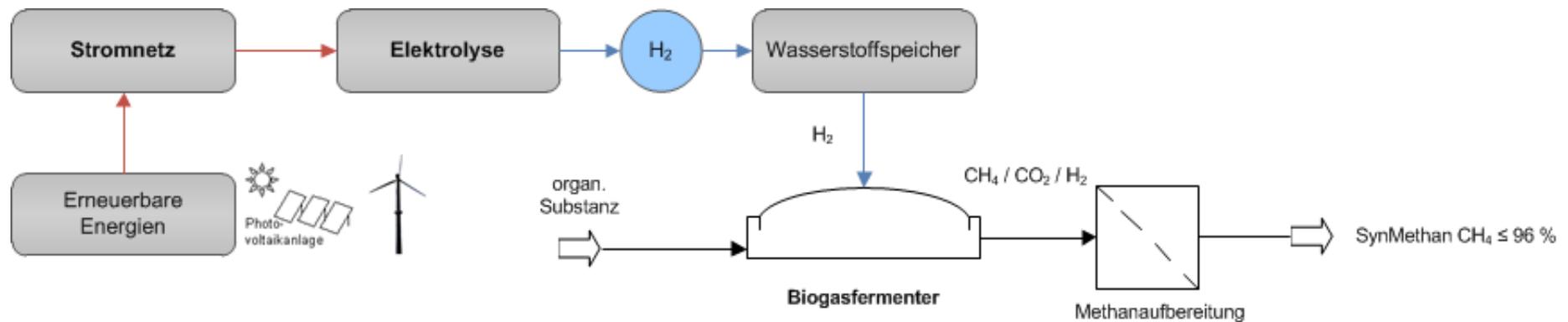
# INTEGRATIONSMÖGLICHKEITEN POWER TO GAS



- Biologische Methanisierung
- Chemisch-katalytische Methanisierung (z.B. Ni-Kat.)

Quelle: Eigene Darstellung

# IN-SITU & EX-SITU METHANISIERUNG



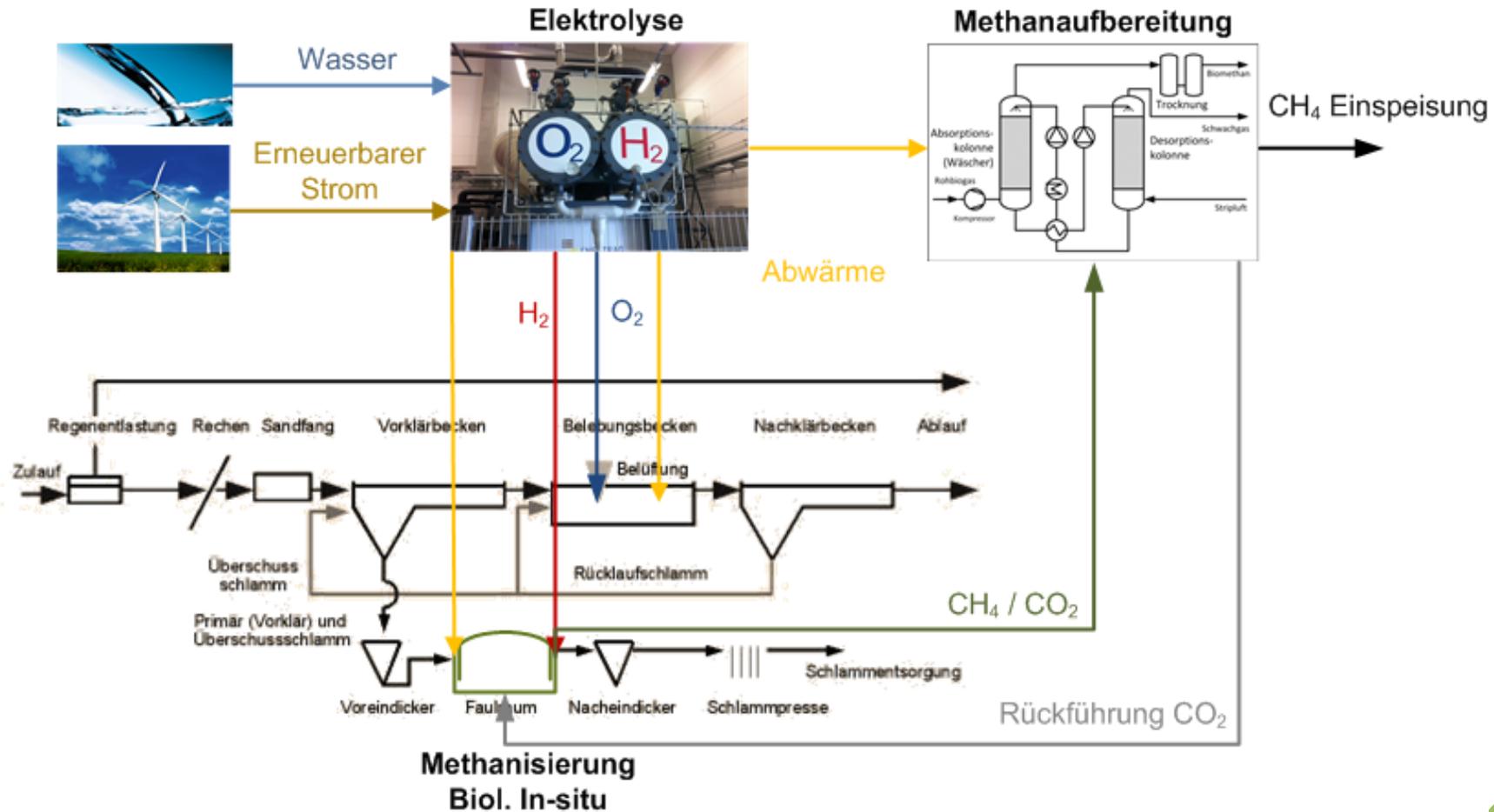
Quelle: Eigene Darstellung

# STATUS QUO DER BIOLOGISCHEN METHANISIERUNG

---

- Spezialkultur
- Etablierung der richtigen Biozönose im Fermenter notwendig, um Methanisierung zu ermöglichen
- Bisherige berichtete Erfahrungen:
  - Keine Verschlechterung der Produktgasqualität
  - Bessere Verfügbarkeit von H<sub>2</sub> für die MO bei höheren Drücken
  - Etablierung der richtigen Biozönose im Fermenter notwendig, um Methanisierung zu ermöglichen
  - Keine zusätzliche Nährstoffzufuhr notwendig
  - - CH<sub>4</sub> und andere Begleitgase im Eduktgas beeinflussen die Methanisierungsreaktion nicht

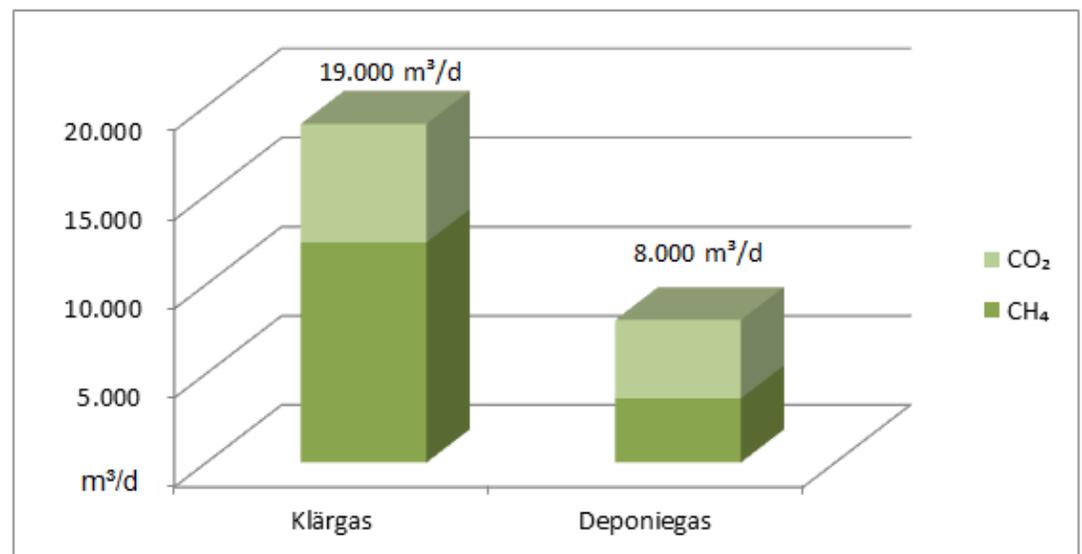
# TECHNOLOGIESCHNITTPUNKTE VON POWER TO GAS MIT KLÄRANLAGEN



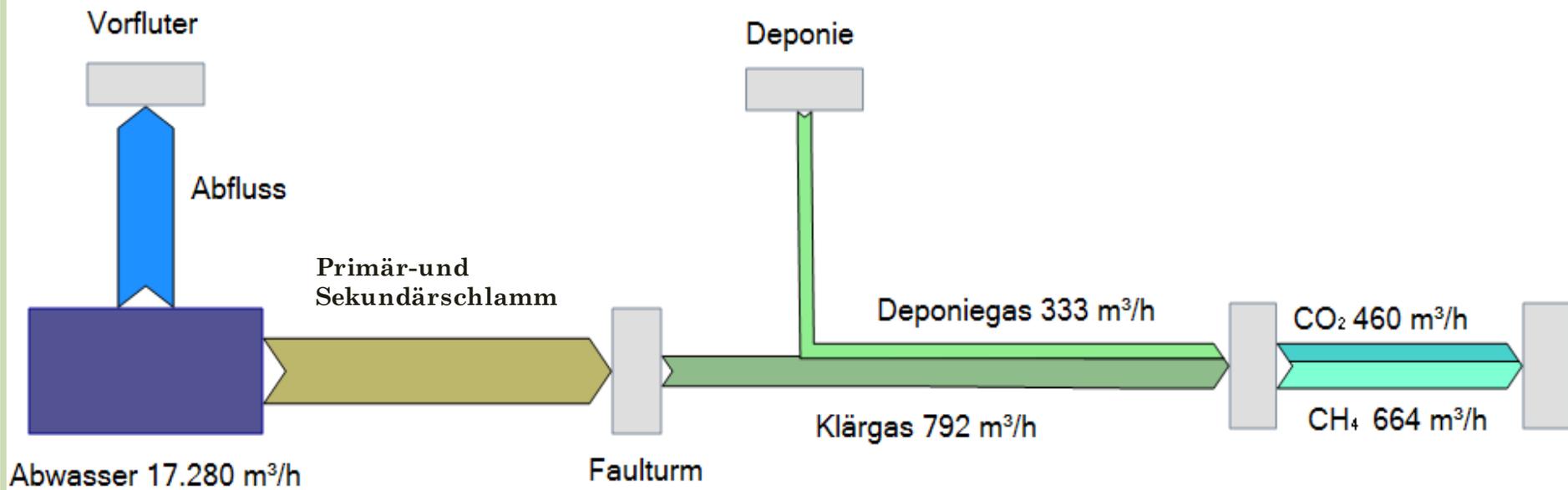
Quelle: Eigene Darstellung

# ABSCHÄTZUNG EINER INTEGRATION VON POWER TO GAS AN EINER GROSSKLÄRANLAGE

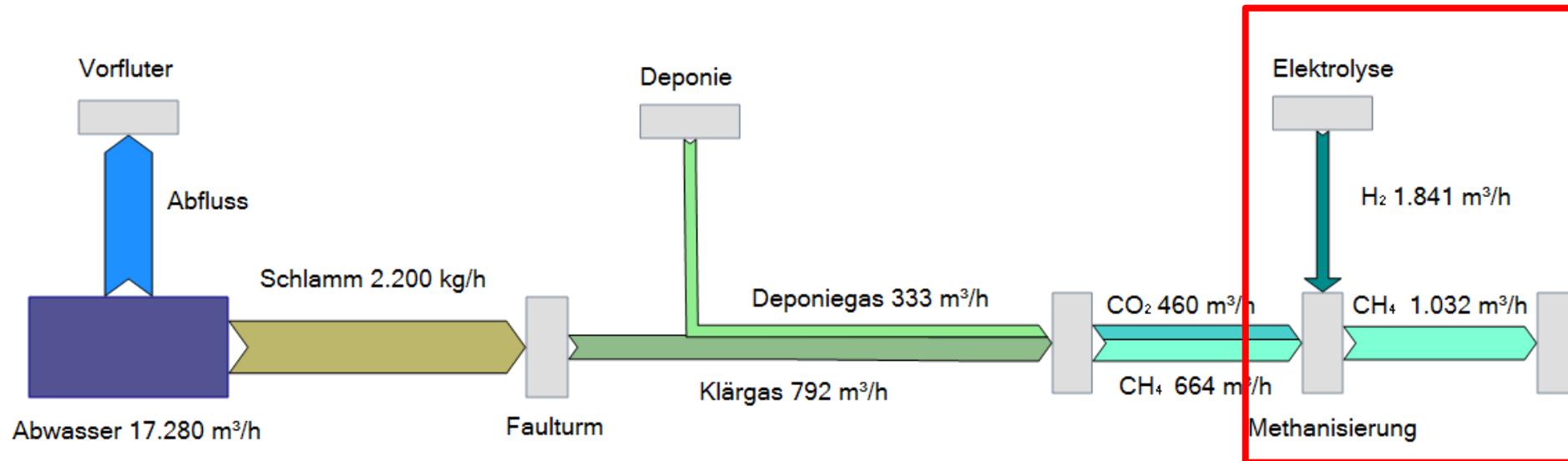
- Anschlusswert: 950.000 EW
- Einzugsgebiet: 900 km<sup>2</sup>
- 60 % kommunale Abwässer
- 40 % biologisch abbaubare industrielle Abwässer
- Klärschlamm wird aktuell in Faultürmen vergoren
- Nutzung des anfallenden Klärgas + Deponiegas
  - Verstromung (6 BHKWs)
  - Einspeisung Gasnetz (4 bar)
  - Zwischenspeicherung (5.000 m<sup>3</sup>)



# MASSESTRÖME IM AKTUELLEN BESTAND DER KLÄRANLAGE



# MASSESTRÖME AN DER KLÄRANLAGE INKL. POWER TO GAS

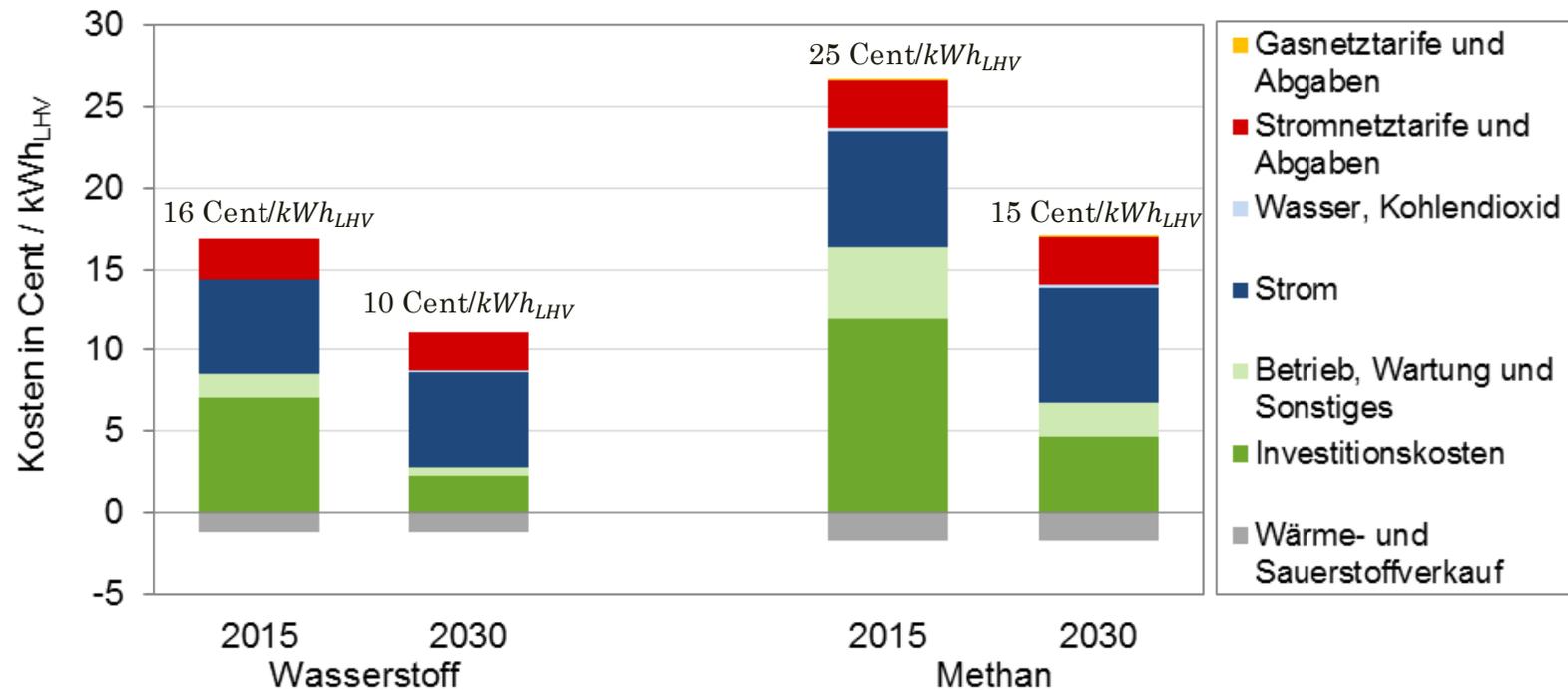


Quelle: Eigene Darstellung

- Erhöhung des Methanoutputs um ~ **30 %\*** und damit Maximierung der Kohlenstoffausbeute
- Zusätzliche Effekte durch O<sub>2</sub> aus Elektrolyse & Abwärme aus Power to Gas

\* bei vereinfacht angenommenem stöchiometrischem Umsatz

# GESTEHUNGSKOSTENBERECHNUNG H<sub>2</sub> UND CH<sub>4</sub>



- Trade-off zwischen Strominputkosten der Elektrolyse & Vollaststunden der Power to Gas Anlage
- Geringerer Effekte durch O<sub>2</sub> & Abwärmenutzung ⇒ Geschäftsmodelle mit negativer Regelenenergie usw.

Quelle: Eigene Berechnung & Darstellung

# ZUSAMMENFASSUNG

---

- Derzeit: Kläranlagen singulär zur Reinigung von Abwasser
- Ausblick: **Drehscheibe kommunaler Energieverbraucher**
- Verstärkter anaerobe Klärschlammnutzung - Klärgas (1/3 CO<sub>2</sub>)
- PtG - Umwandlung des Stromes in Gas als Speicheroption & Erhöhung der Kohlenstoffeffizienz
- Laufende Forschung: ex-situ vs. in-situ Methanisierung
- **Synergieeffekte & Nutzen**
  - Klärschlamm, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Abwärme & Energieinfrastruktur
- **Integrationsbeispiel - 1/3 mehr CH<sub>4</sub> Output;**
  - hohe Gestehungskosten bedingen weitere Optimierungsnotwendigkeit

# AKTUELLE FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN

## INTEGRATION VON POWER TO GAS IN KLÄRANLAGEN

Unternehmen	Projektname	Anmerkung
MicrobEnergy;	Mikrobielle Methanisierung	Methanisierung als in-situ und ex-situ Verfahren. Pilotbetrieb an der Kläranlage Schwandorf, Deutschland.
Stadtwerke Emden; Hochschule Emden-Leer	Kläranlagen als Energiespeicher	Chemische Methanisierung. Untersuchung auch der Auswirkungen einer schwankenden Belüftung der Kläranlage zur effizienten Nutzung fluktuierender Energieträger
Electrochaea.dk ApS	BioCat	Erste kommerzielle Power to Gas Anlage mit biologischer Methanisierung. Realisierung einer 1MW Anlage in Avedøre, Dänemark

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

**Michaela Huemer, M.Sc.**

Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz

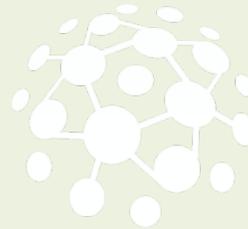
Altenberger Straße 69

4040 Linz, AUSTRIA

Tel: +43 732 2468 5661

Fax: + 43 732 2468 5651

e-mail: huemer@energieinstitut-linz.at



# QUELLEN

---

**BMLFUW, 2012** (Abgerufen am 20.01.2016 von <https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasserqualitaet/abwasserreinigung/klaeranlage.html>)

**dena, 2015** (Strategieplattform Power to Gas. Aberufen am 22.10.2015 von <http://www.powrtogas.info/roadmap/pilotprojekte-im-ueberblick/?nocache=1>)

**electrochaea, 2015** (Abgerufen am 22.10.2015 von <http://www.electrochaea/technology.html>)

**HS Emden Leer, 2014** (Aberufen am 21.10.2015 von <http://www.hs-emden-leer.de/forschung-transfer/institute/eutec/laufende-projekte/klaeranlagen-als-energiespeicher.html>)

**Reinhofer-Gubisch, 2014** (*Lastverschiebung bei kommunalen Kläranlagen und Wasserversorgungssystemen, Projektbericht 7/9.* Wien: Joanneum Research, Resources - Institut für Wasser, Energie und Nachhaltigkeit/ TU Wien.)

**Biogas Netzeinspeisung, 2014** (Abgerufen am 05. 11 2015 von <http://www.biogas-netzeinspeisung.at/technische-planung/funktionsprinzip-einer-biogasanlage/zusammensetzung-von-rohbiogas.html>)

**Tichler, 2013** (*FTI-Roadmap Power to Gas für Österreich.* Linz: Energieinstitut.)

# TECHNISCHE DATEN DER ABGESCHÄTZTEN INTEGRATION VON POWER TO GAS

- PEM Elektrolyseur
  - Nennleistung 1  $MW_{el}$
  - Strombedarf 5,6 kWh/Nm<sup>3</sup>
  - Umwandlungseffizienz ~ 70 %
  - Wärmenutzung ~ 35 %
- Methanisierung
  - Katalytisch – ex-situ
  - Strombedarf 0,3 kWh/Nm<sup>3</sup>
  - Umwandlungseffizienz ~ 80 %
  - Abwärmenutzung ~ 90 %
- 8.300 Betriebsstunden/ Jahr
- Strompreis 2015 31,7 €/MWh
- Strompreis 2030 20 €/MWh

# TECHNISCHE DATEN ZU METHANISIERUNGSPROZESSEN

Technische Daten	CO <sub>2</sub> Methanisierung	biologische Methanisierung
<b>grundlegende Reaktion</b>	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
<b>Katalysatoren</b>	Ni (Ru, Ir, Rh, Co, Pt, Fe, Mo, Pd, Ag)	Biokatalysatoren (Mikroorganismen der Familie der Archaeen - Methanobacteria, Methanococci, Methanomicrobia)
<b>Druckbereich</b>	6-8 bar	1-3 bar
<b>Temperatur</b>	180-350 °C	30-60 °C
<b>Umwandlungseffizienz</b>	70-85 %	85-95 %
<b>Stand der Entwicklung</b>	Demonstrationsmaßstab	Labor-/Demonstrationsmaßstab

# REAKTORKONZEPTE FÜR DIE METHANISIERUNG

Technische Daten	Festbett	Wirbelschicht	strukturierte Packung (Waben)	Drei-Phasen (Blasensäule)
<b>Katalysator</b>	Festbett mit Katalysator	Kleinere Katalysatorpartikel (Fluidisierung)	Katalysator auf Struktur aufgebracht	Katalysator in mineralischem Öl aufgeschwemmt; Gasblasen
<b>Stufen</b>	2-6	1	n/a	1
<b>Druckbereich</b>	25-80 bar	20-60 bar	n/a	70 bar
<b>Temperatur</b>	230-780 °C	350-500 °C	n/a	340 °C
<b>Edukte</b>	Kohle, Biomasse, Petrolkoks, Schweröl, Naphtha	Kohle, Biomasse	n/a	n/a
<b>Stand der Entwicklung</b>	kommerziell (Lurgi, TREMP)	halb-kommerziell (Comflux)	Labormaßstab	Pilotmaßstab

Quelle: Eigene Darstellung

# VERGLEICH BIOLOGISCHE VS. CHEMISCHE METHANISIERUNG

Parameter	Biologische Methanisierung	Chemische Methanisierung
Katalysator	Enzyme der Mikroorganismen	z.B. Ni
Reaktor Betriebsweise	Rührkessel, Perkolatreaktor, Membranreaktor isotherm	Festbett, Wirbelbett, Blasensäule, Waben adiabat, isotherm, polytrop
Temperatur	40 - 70 °C	300 - 500 °C
Druck	> 1 bar	> 10 bar
Entwicklungsstand	Pilot	Kommerziell (CO-Meth.)
GHSV (Raumgeschwindigkeit)	Messdaten: 0,05 - 150 h <sup>-1</sup> Berechnungen: max. 335 h <sup>-1</sup>	500 - 5.000 h <sup>-1</sup>
max. vol.-spez. Methanbildungsrate	67 l/(lh)	1.000 l/(lh)
Limitierung	Gas-flüssig Stofftransport	Thermodynamik Blasensäule: Gas-flüssig Stofftransport
Erzeugung einspeisefähiges Gas (y <sub>CH<sub>4</sub></sub> ,max > 95 mol-%)	möglich	möglich
Schwefeltoleranz	hoch	gering
Lastwechseltoleranz	flexibel	mäßig flexibel
Hilfsstoffe	Spurenstoffe	-
Abwärmenutzung	bedingt möglich	sehr gut möglich

Quelle: Eigene Darstellung