

# Power to Gas: Direkte Methanisierung von Biogas im Werdhölzli

HSR Expertengespräche 12.01.2017

Andreas Kunz: Energie 360°; Leiter Projektrealisierung

Tilman Schildhauer: PSI; Senior Scientist, Labor für Thermische Prozesse

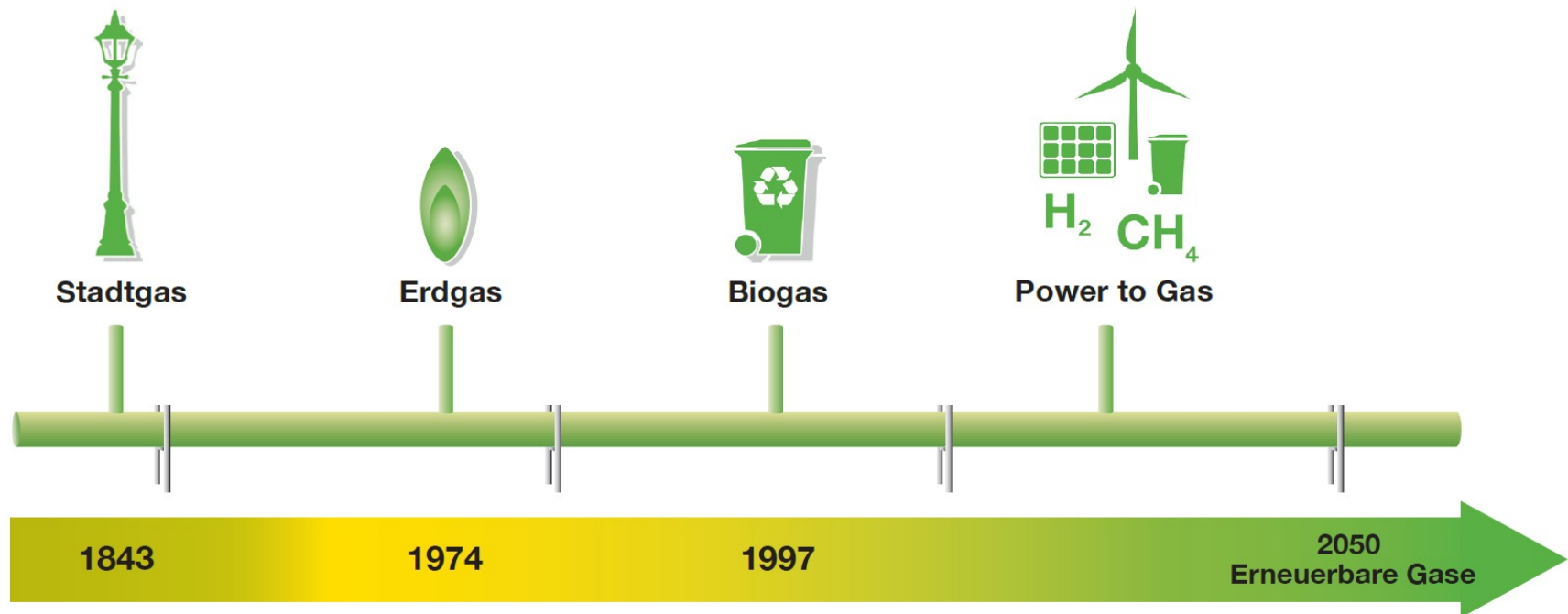
# Power to Gas: Direkte Methanisierung von Biogas

## Agenda

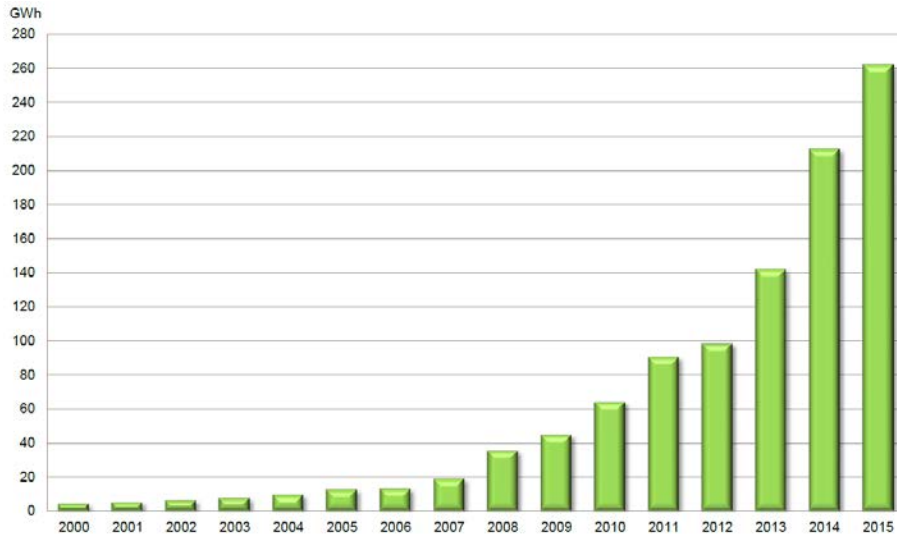
1. Entwicklung Erneuerbares Gas in der Schweiz
2. Vision: Produktionssteigerung Erneuerbares Gas mit Power to Gas
3. Wirtschaftlichkeit P-t-G im Vergleich zu konventioneller Biogas-Aufbereitung
4. Potential in der Schweiz
5. Direkte Methanisierung von Biogas, Demonstrationsanlage
6. Wirbelschicht Methanisierung: Funktionsweise und Vorteile

# Entwicklung eines Energieträgers

Seit über 150 Jahren dem Fortschritt verpflichtet



# Erneuerbares Gas steht erst am Anfang



Biogas aus Schweizer Produktion (2015)

Gas-Verbrauch CH (2015) : 34'620 GWh

Total Biogas (2015) : 365 GWh

Biogas Energie 360°(2015) : 147 GWh

Biomasse-Potential CH (Studie BFE 2004)

Theoretisch: 39'000 GWh

Realistisch Nutzbar ca. 25 %

Weiteres Potential durch

Power to Gas

# Von Biogas-Aufbereitung zu Power to Gas

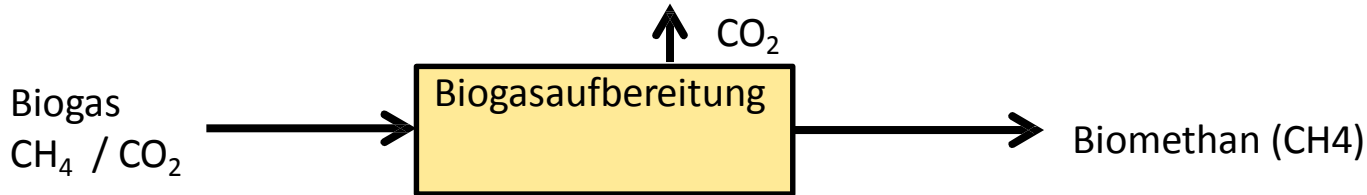
- CO<sub>2</sub> wird heute in Biogas-Aufbereitungs-Anlagen abgetrennt
- CO<sub>2</sub> soll zur Methanisierung von erneuerbarem H<sub>2</sub> genutzt werden
- Mit Power to Gas kann künftig mehr Erneuerbares Gas hergestellt werden

Einspeisefähiges Biogas CH<sub>4</sub>

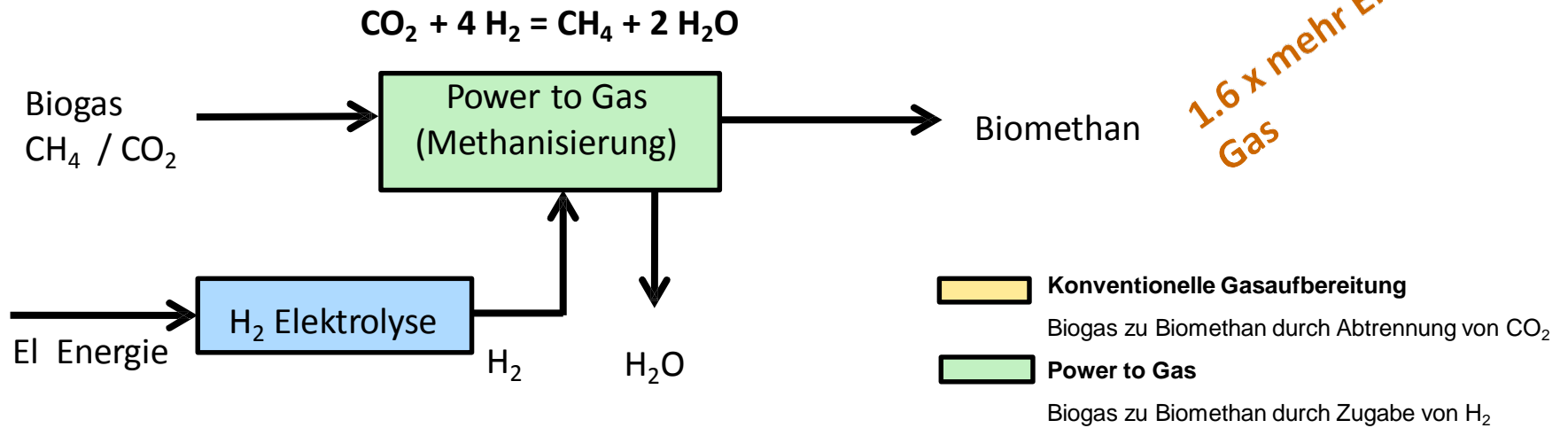


# Mehr Erneuerbares Gas

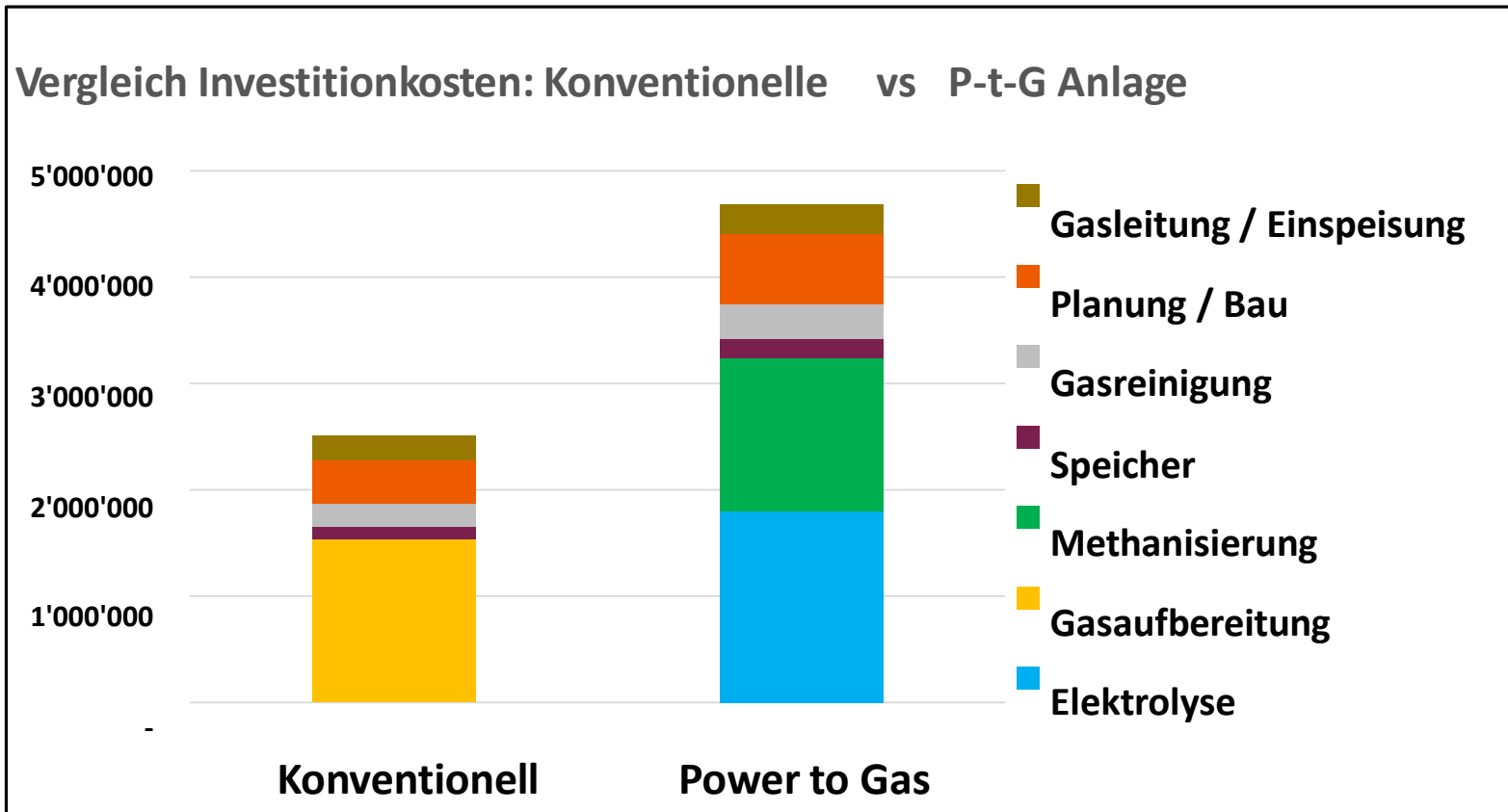
## Konventionelle Gasaufbereitungsanlage



## Power to Gas Technologie



# Investitionskosten

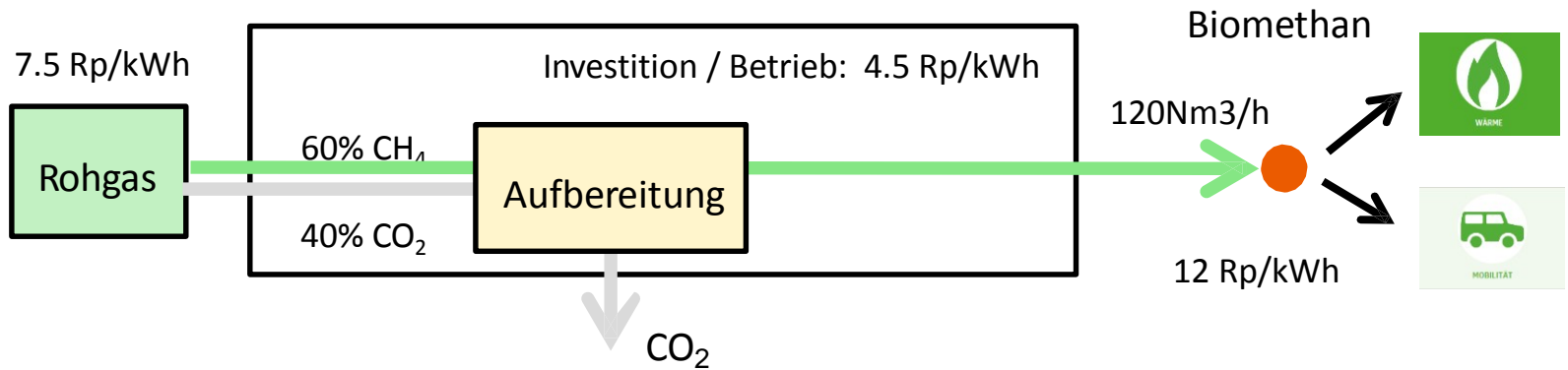


<b>2.2 Rp</b>	<b>2.5 Rp</b>	<b>spezifisch pro kWh</b>
---------------	---------------	---------------------------

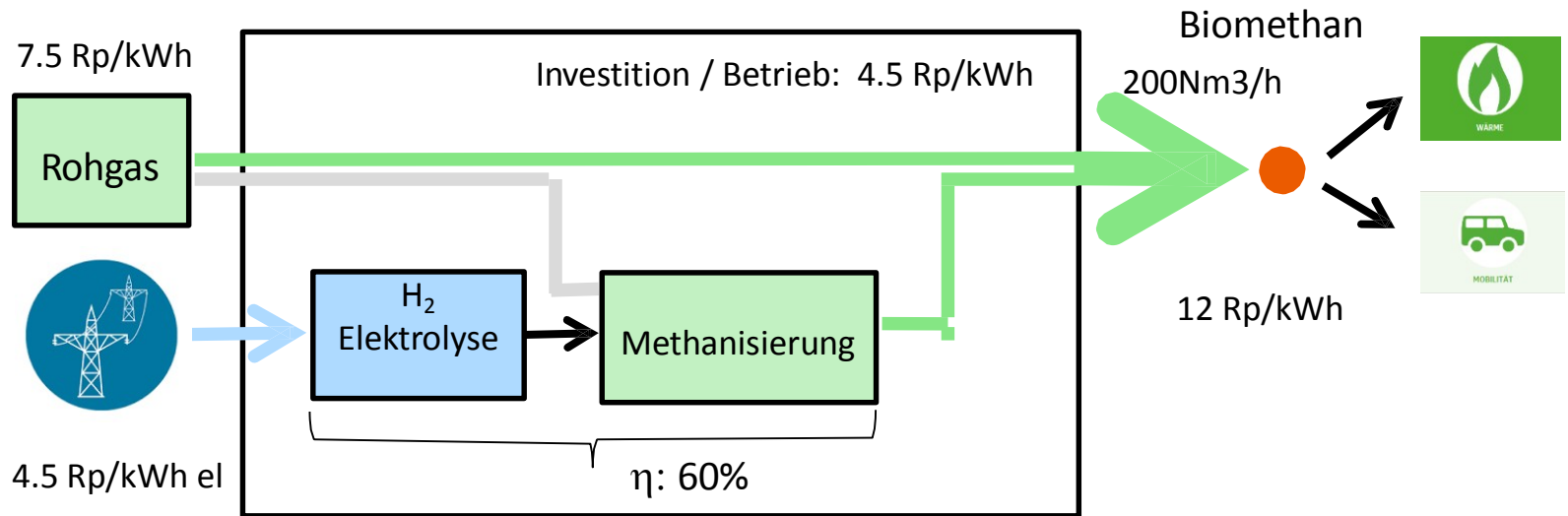
Anlagegrösse 200Nm<sup>3</sup>/h Rohgas, 1.4 MW Elektrolyse, kontinuierlicher Betrieb

# Wirtschaftlichkeit im Vergleich

## Konventionelle Biogas-Aufbereitung

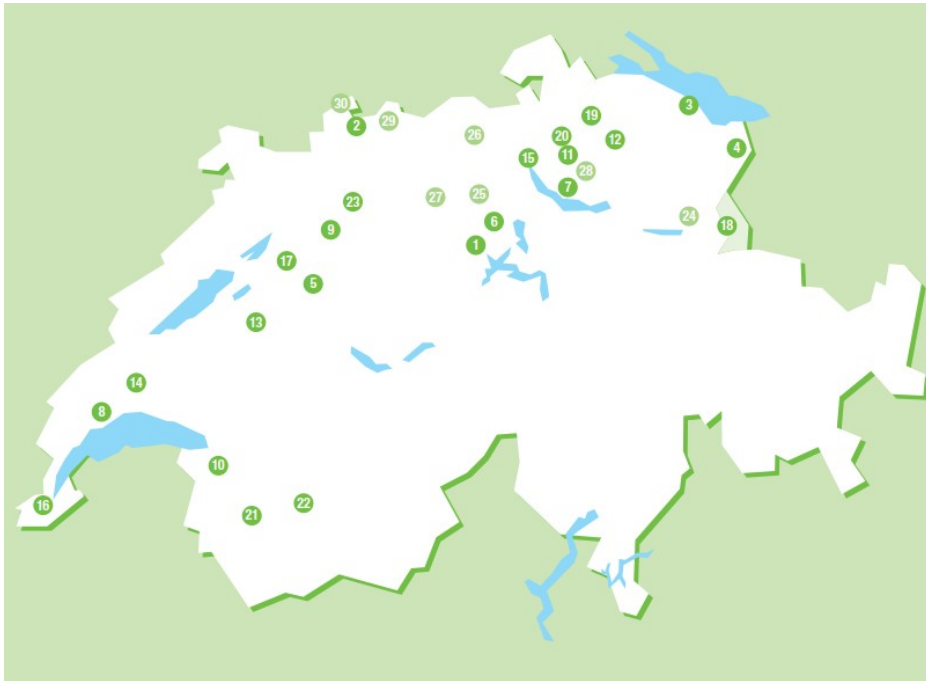


## P-t-G





# Grosses Potenzial in der Schweiz



Biogasanlagen mit Einspeisung ins Gasnetz (2015)

## Power to Gas Potenzial

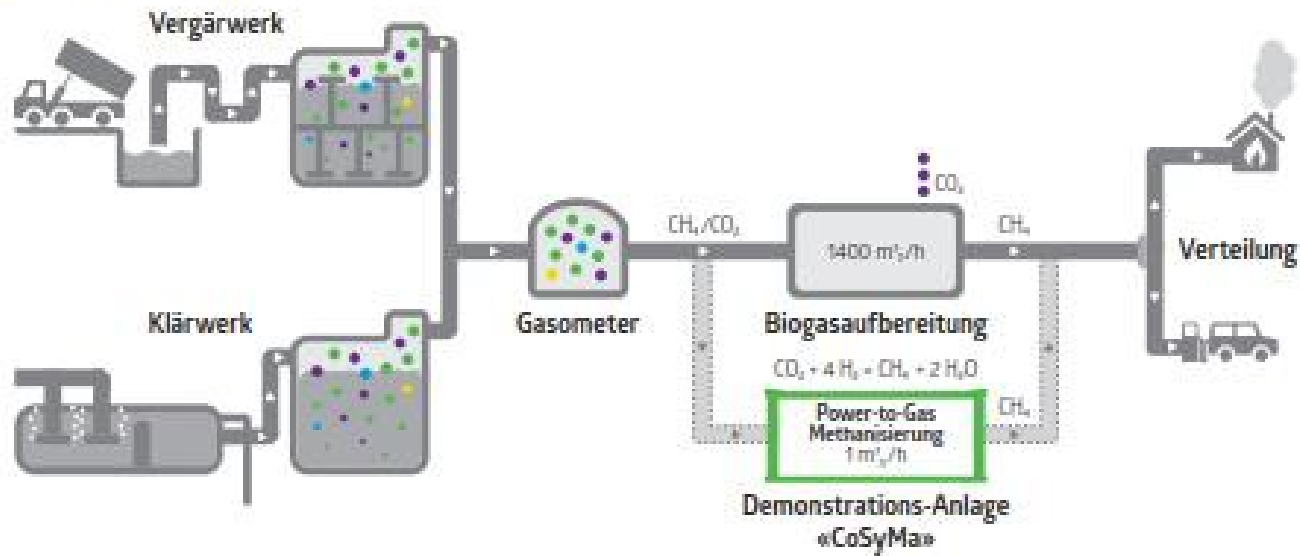
Anzahl Anlagen	Einspeisung bestehend	Potenzielle Strom-Erzeugenden Anlagen	Total Potenzial Power to Gas
Klärwerk (ARA)	15	64	79
Vergärwerke	8	9	17
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>73</b>	<b>96</b>

- 180 GWh: Umbau der bestehenden Biogas-Einspeise-Anlagen auf Power to Gas Technologie
- 955 GWh: Umbau der Strom-Erzeugenden-Biogas-Anlagen in Gasnetz Nähe auf Einspeisung mit Power to Gas Technologie

**Erneuerbare Gasproduktion von 262 GWh auf 1.4 TWh steigern**

# Direkte Methanisierung von Biogas Demonstrationsanlage

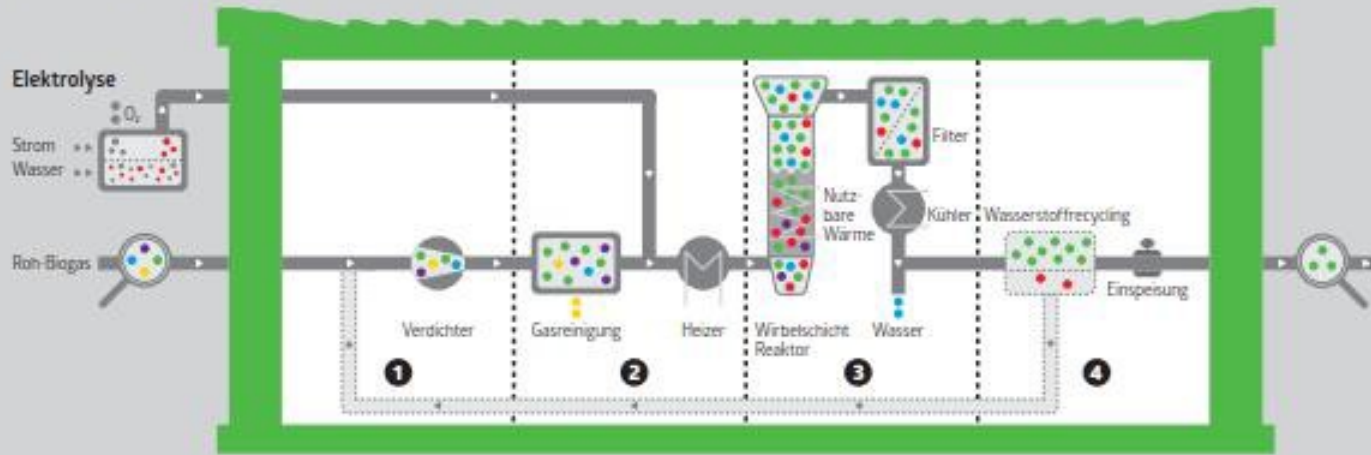
## Biogas-Anlage Werdhölzli



- Demonstrationsanlage 1 - 2  $\text{Nm}^3/\text{h}$  Gas Produktion
- Katalytische Methanisierung Wirbelschicht Reaktor
- 1'000 Stunden Versuch im Frühjahr 2017 unter realen Bedingungen

# Demonstrations-Anlage «CoSyMa»

## Container-basiertes System einer Methanisierungsanlage



Gasmischeinrichtung



Gasreinigung



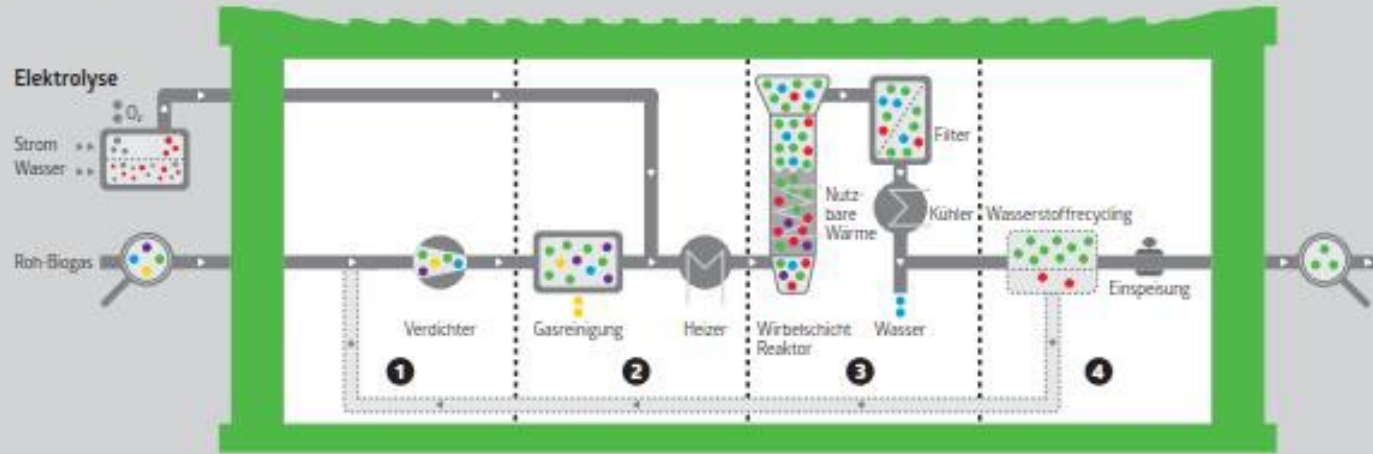
Methanisierungs-Reaktor



Gaskonditionierung

# Demonstrations-Anlage «CoSyMa»

Container-basiertes System einer Methanisierungsanlage



Gasmischeinrichtung



Gasreinigung

## Gasmischung:

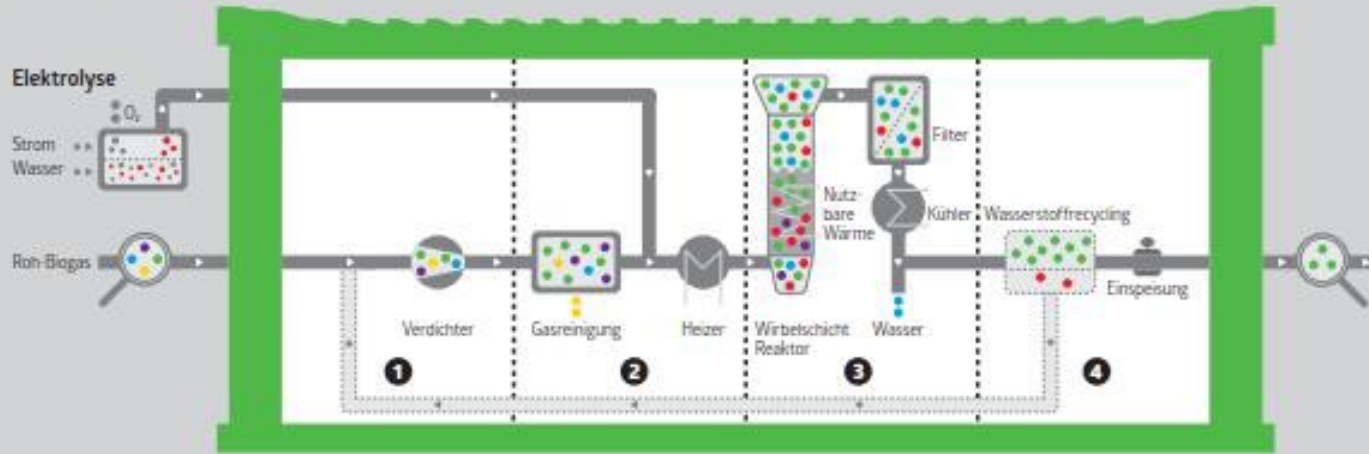
- Kompressor für Rohbiogas
- Wasserstoff aus Gasflaschen via MFCs

## Gasreinigung:

- Aktivkohle-basierte Sorbentien zur Abtrennung von Siloxanen und Schwefelspezies (< 1 ppm)
- Spezifische Analytik (microGC, FTIR, Flüssig-Quench mit offline-Messung, ...)

# Demonstrations-Anlage «CoSyMa»

Container-basiertes System einer Methanisierungsanlage



## Methanisierung:

- Katalytischer Wirbelschichtreaktor
- Filtration/Partikelabscheidung

## Gasaufbereitung:

- Kondensation und Trocknung
- Wasserstoff-Recycle noch nicht eingebaut

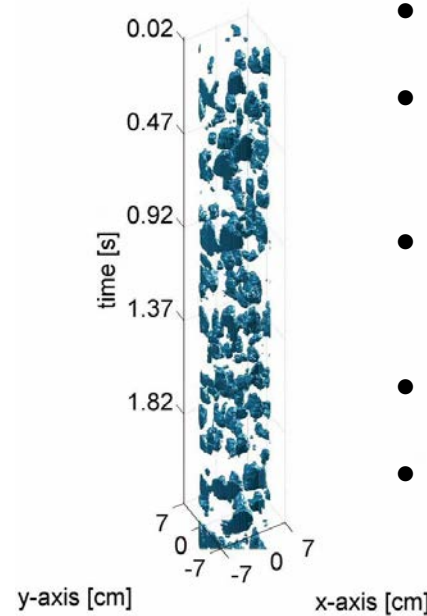
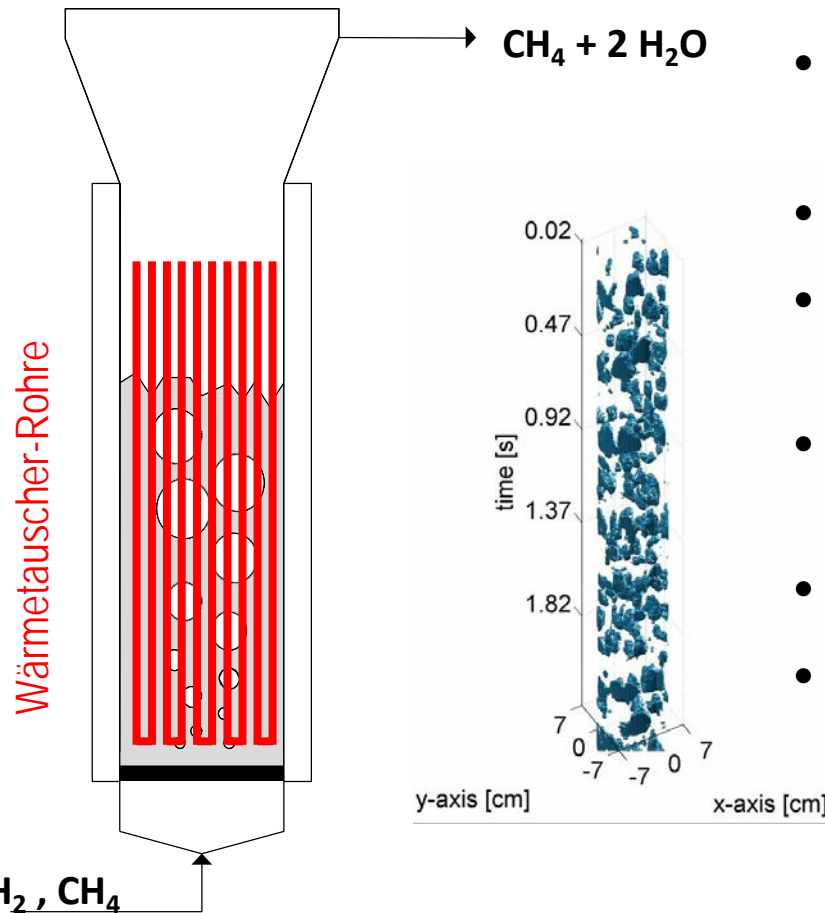


Methanisierungs-Reaktor



Gaskonditionierung

# Merkmale Wirbelschicht Methanisierung

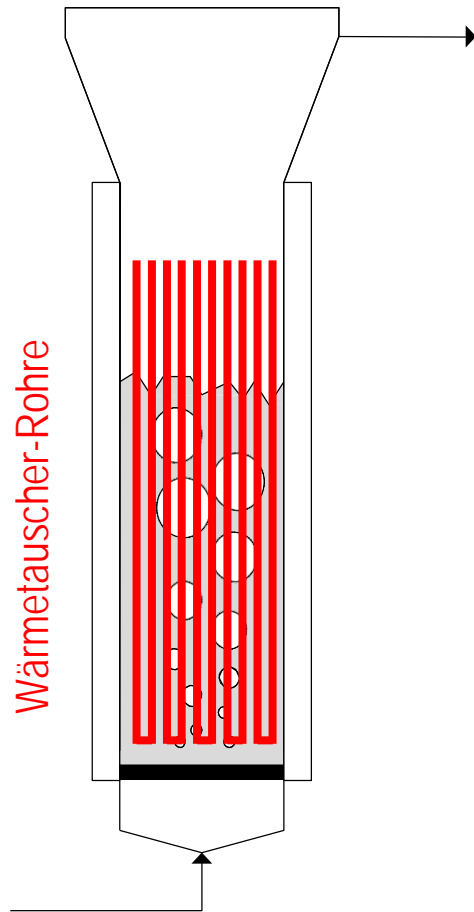


- Rohbiogas und Wasserstoff wirbeln durch Katalysator-Partikel (Nickel)
- $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Wärmetauscher-Rohre nehmen Abwärme der Reaktion auf
- Guter Wärmeaustausch durch aufsteigende Blasen: isothermer Betrieb!
- Temperatur frei wählbar
- Stoffaustausch hängt von Bedingungen ab

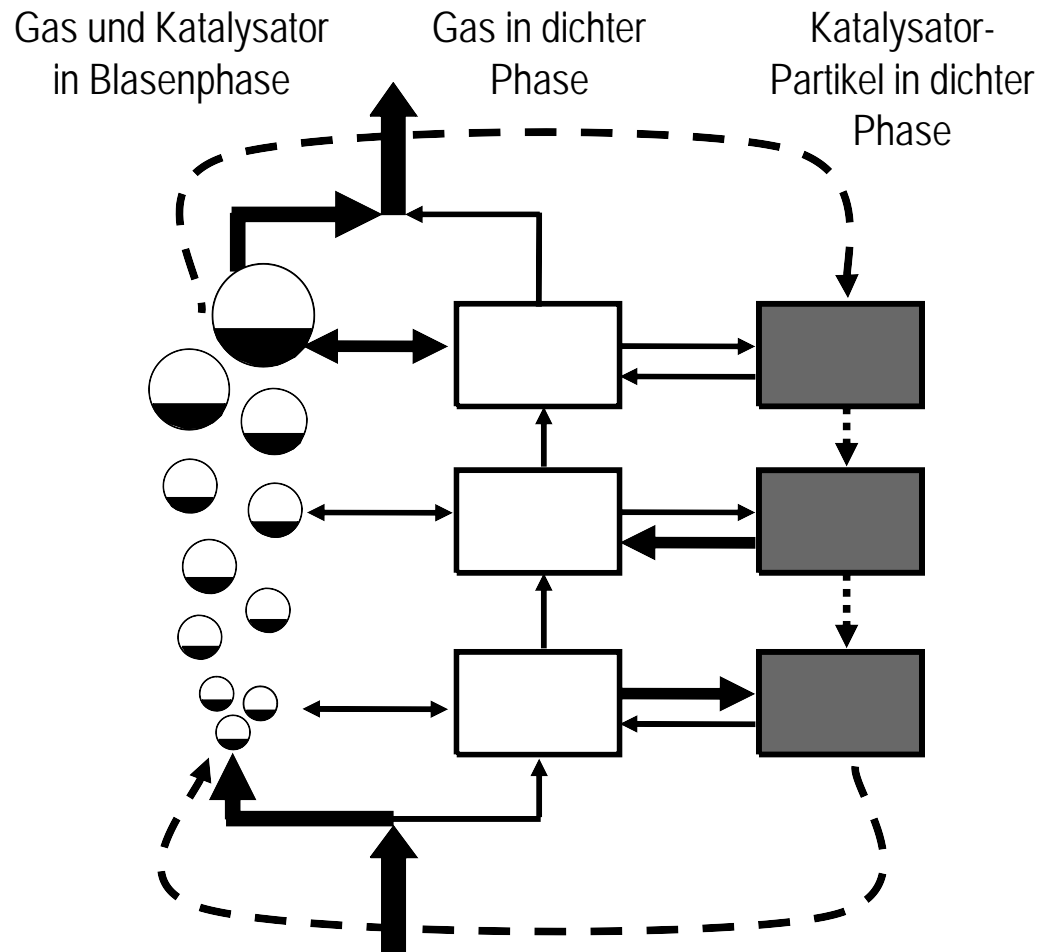
Wirbelschicht

# Wirbelschicht Methanisierung

Regelmässige Durchmischung steigert Robustheit gegen Verkokung

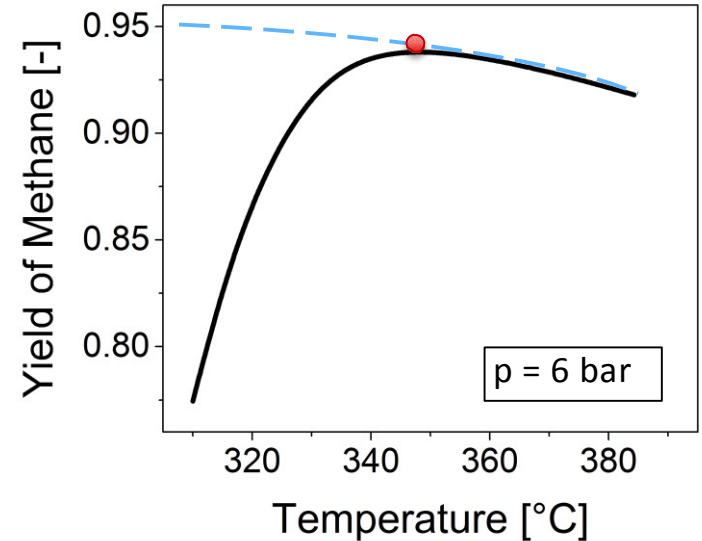
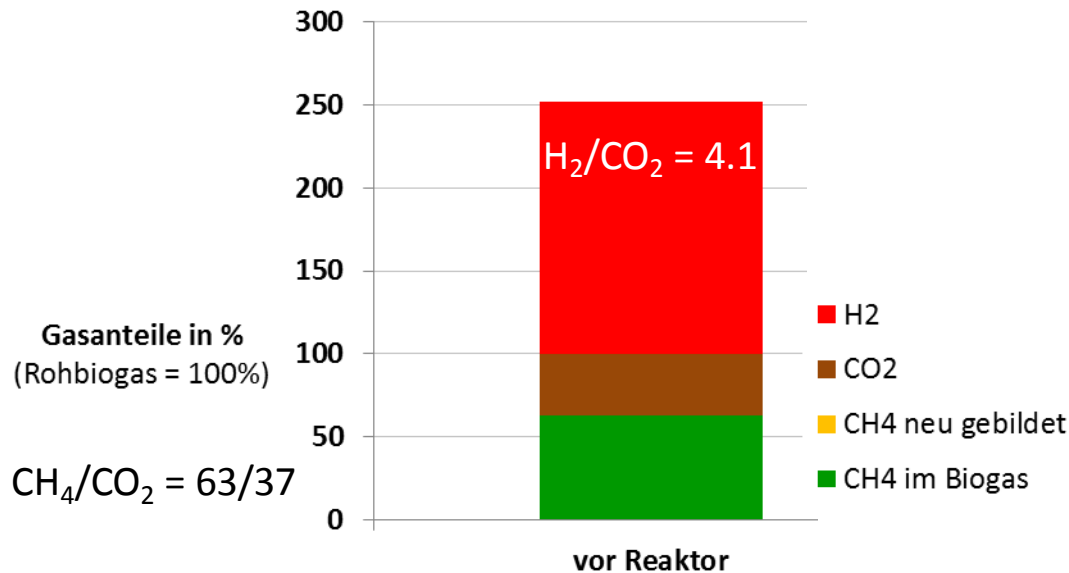


Wirbelschicht



# Direkte Methanisierung von Biogas

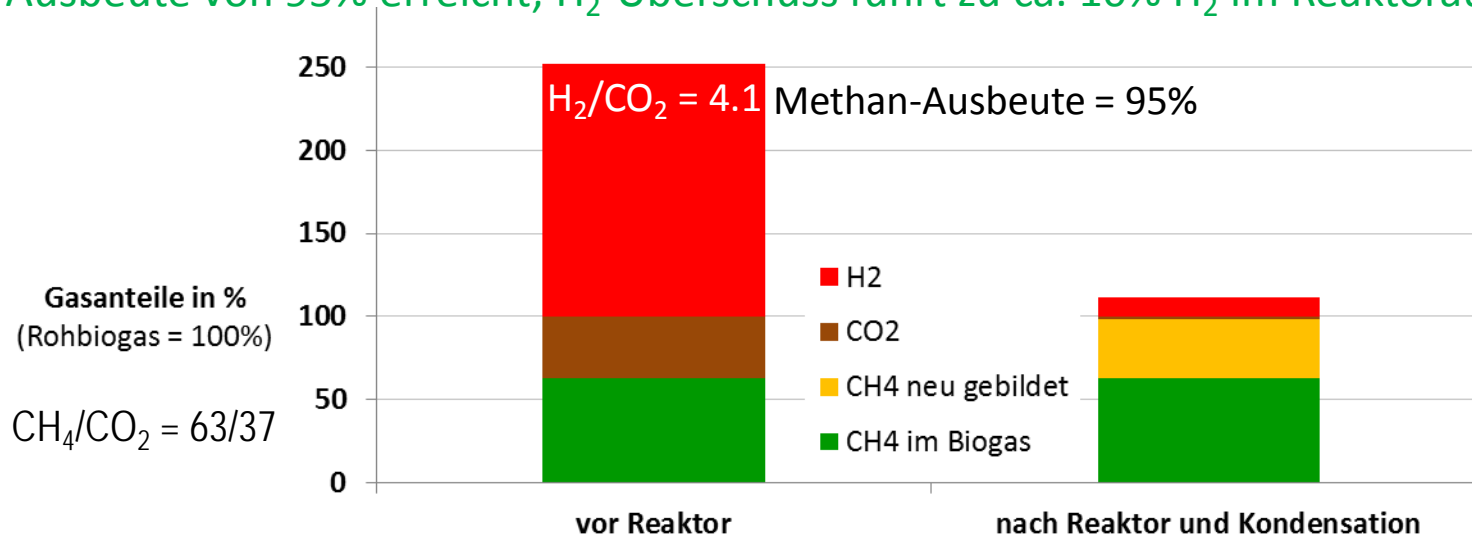
Kinetik und Thermodynamik verursachen ein Maximum in der Methan-Ausbeute





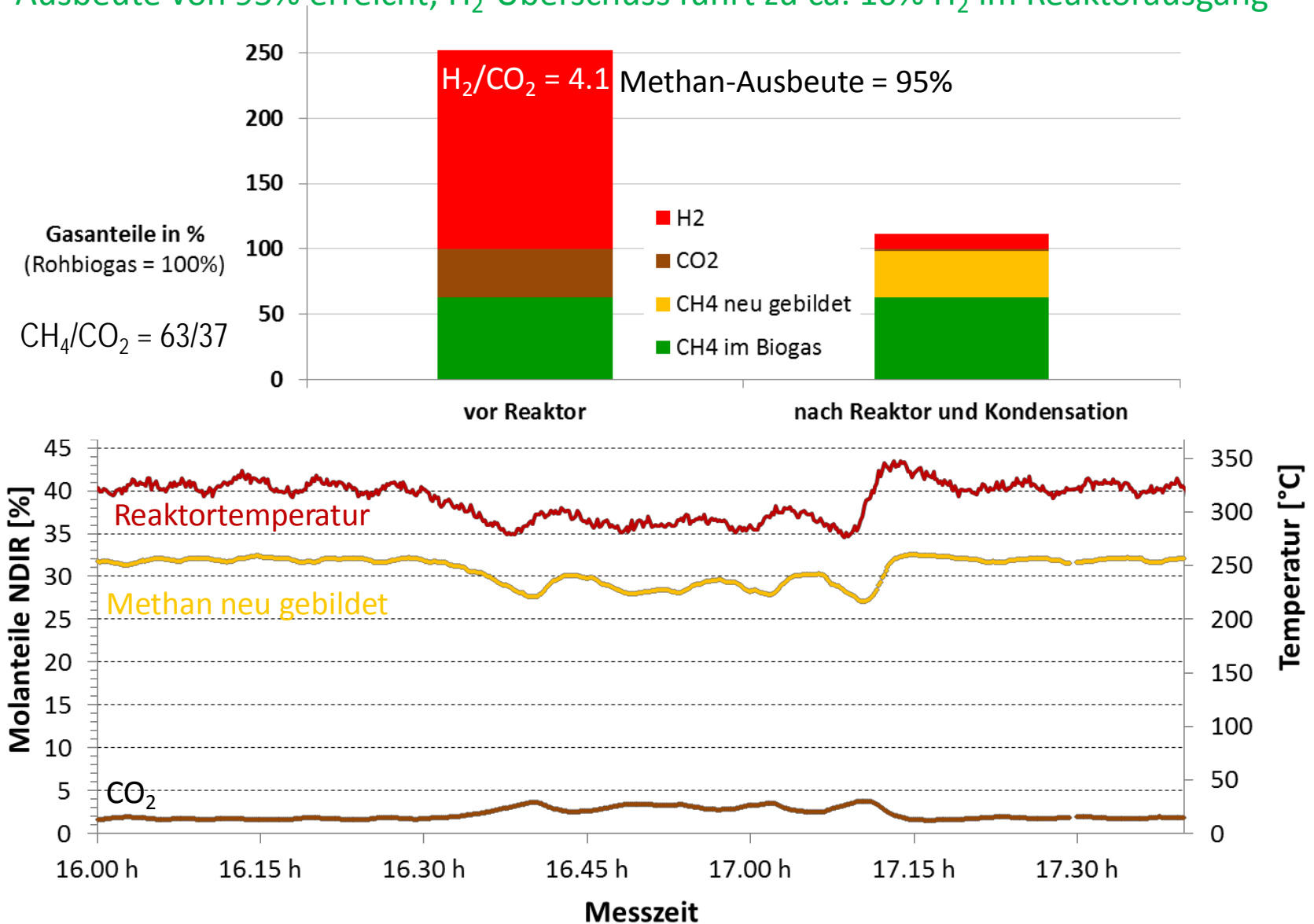
# Inbetriebnahme COSYMA (Flaschengas: CH<sub>4</sub> im Biogas durch N<sub>2</sub> ersetzt)

Ausbeute von 95% erreicht; H<sub>2</sub>-Überschuss führt zu ca. 10% H<sub>2</sub> im Reaktorausgang



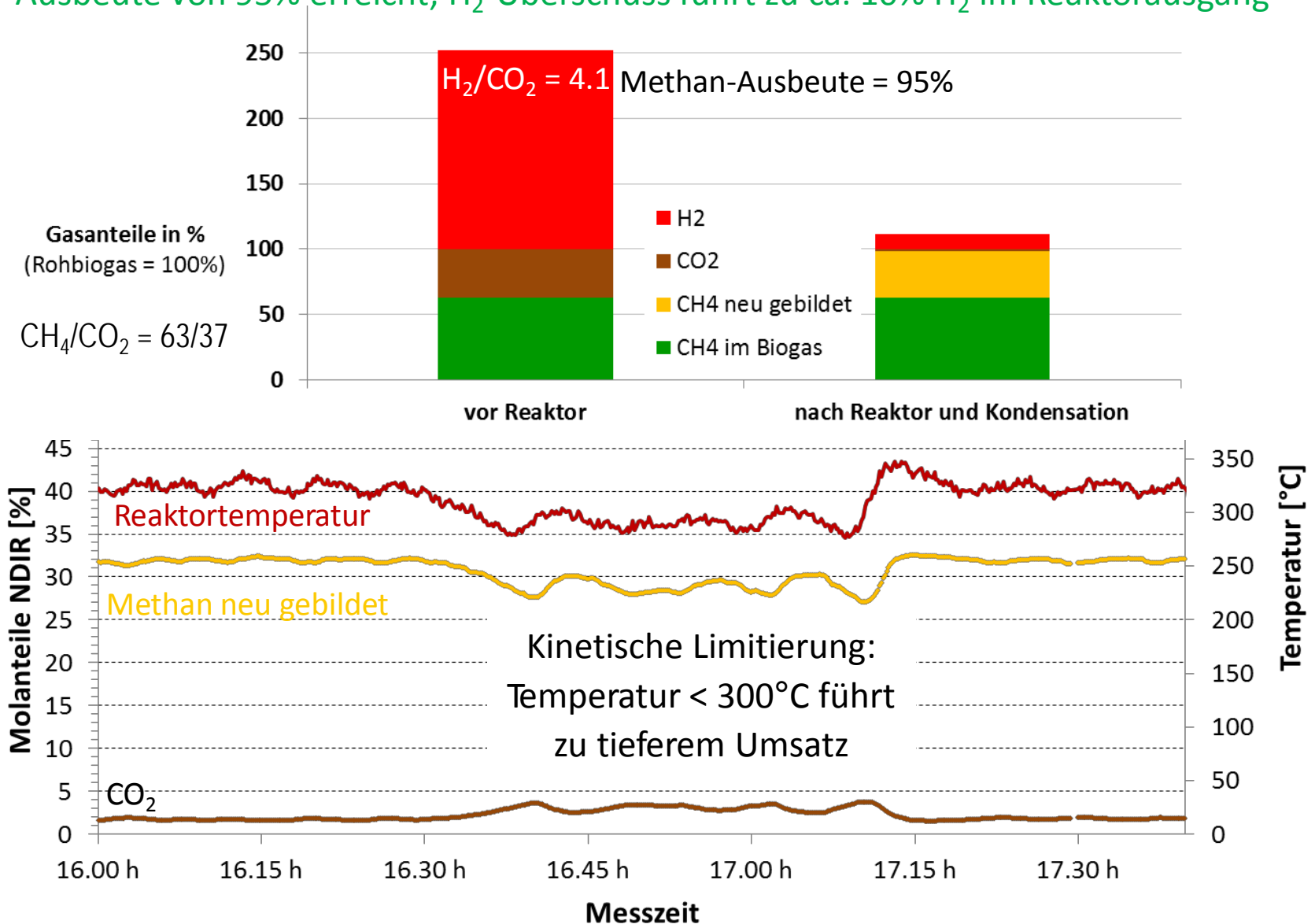
# Inbetriebnahme COSYMA (Flaschengas: CH<sub>4</sub> im Biogas durch N<sub>2</sub> ersetzt)

Ausbeute von 95% erreicht; H<sub>2</sub>-Überschuss führt zu ca. 10% H<sub>2</sub> im Reaktorausgang



# Inbetriebnahme COSYMA (Flaschengas: CH<sub>4</sub> im Biogas durch N<sub>2</sub> ersetzt)

Ausbeute von 95% erreicht; H<sub>2</sub>-Überschuss führt zu ca. 10% H<sub>2</sub> im Rektorausgang



# Wirbelschicht Methanisierung von Biogas

Forschung und Prozessentwicklung, um Technologietransfer vorzubereiten

Mikro-Wirbelschicht  
(TRL 2/3):  
Vorversuche

COSYMA (TRL 4/5):  
Dauerversuch unter  
Real-Bedingung

GanyMeth  
(TRL 6):  
Hochskalierung



# Weiteres Vorgehen

- Transport COSYMA vom PSI nach Werdhölzli (10.1.2016)
- Inbetriebnahme COSYMA in Werdhölzli
- Einspeisen des Biomethan in das Erdgasnetz
- Dauerversuch 1000 h im Frühjahr 2017
  
- Anlass am 5. April 2017 in Werdhölzli, in dessen Rahmen erste Ergebnisse vorgestellt werden und die Anlage besichtigt werden kann
  
- Nachfahren im Pilotreaktor (160 kW):  
Test Scale-up-Effekte, Validierung Reaktorsimulation.

# Besten Dank

**Andreas Kunz**

Leiter Projektrealisierung

Energie 360° AG  
Erneuerbare Energien  
Aargauerstrasse 182  
Postfach 805  
8010 Zürich

Direktwahl 043 317 24 79

[andreas.kunz@energie360.ch](mailto:andreas.kunz@energie360.ch)  
[www.energie360.ch](http://www.energie360.ch)

**Dr. Tilman Schildhauer**

Senior Scientist

Paul Scherrer Institut  
Labor für Thermische Prozesse

5232 Villigen PSI

Direktwahl 056 310 27 06

[tilman.schildhauer@psi.ch](mailto:tilman.schildhauer@psi.ch)  
[www.psi.ch](http://www.psi.ch)