



Pilotanlage zur katalytischen hydrothermalen Vergasung nasser Biomasse

Thomas Brunner :: Paul Scherrer Institut :: FHNW

Frédéric Vogel :: Paul Scherrer Institut :: FHNW

Raquel Zambrano :: TreaTech

Gaël Peng :: TreaTech

David Baudouin :: Paul Scherrer Institut

- Viele Abfälle können als nasse Biomasse klassifiziert werden
 - Grünabfälle
 - Fäkalien
 - Kaffeesatz
- Hoher Energiegehalt
- Trocknung benötigt viel Energie
- Hydrothermale Verfahren bieten eine Lösung ohne Trocknung



Photo by Alexandra Mannius on Unsplash



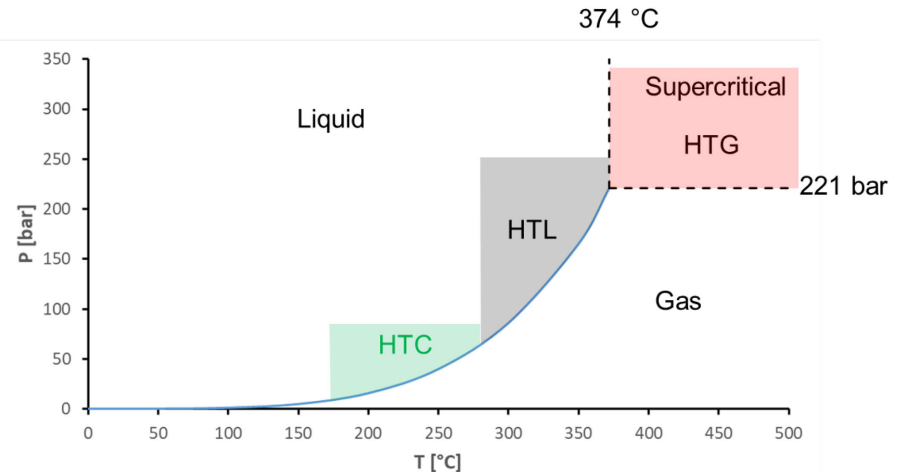
Photo by Athena Lam on Unsplash

Prozesse in Wasser bei hohem Druck und hoher Temperatur

Vorteile

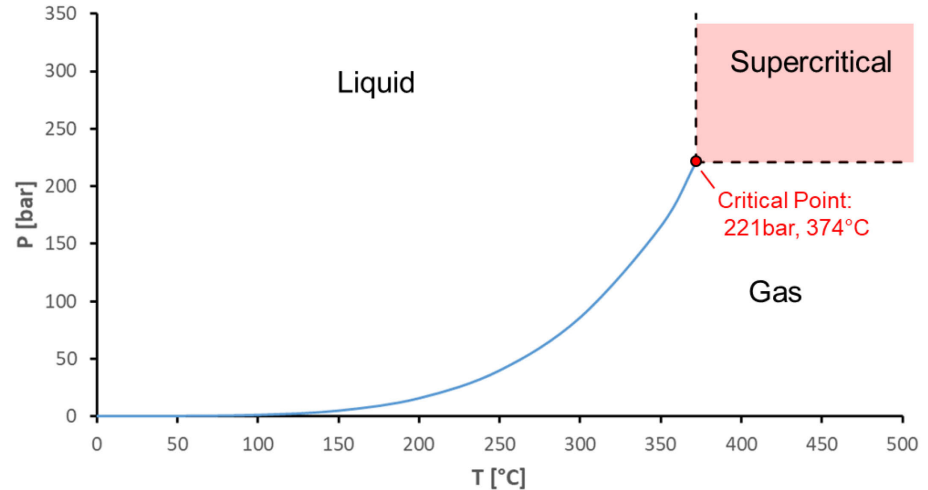
- Keine Trocknung nötig
- Komplette und schnelle Umwandlung möglich (abhängig vom Verfahren)
- Funktioniert auch für verunreinigte Biomasse, z.B. durch Mikroplastik (abhängig vom Verfahren)
- Funktioniert auch für Abfallstoffe aus der Industrie z.B. Lösungsmittel (abhängig vom Verfahren)

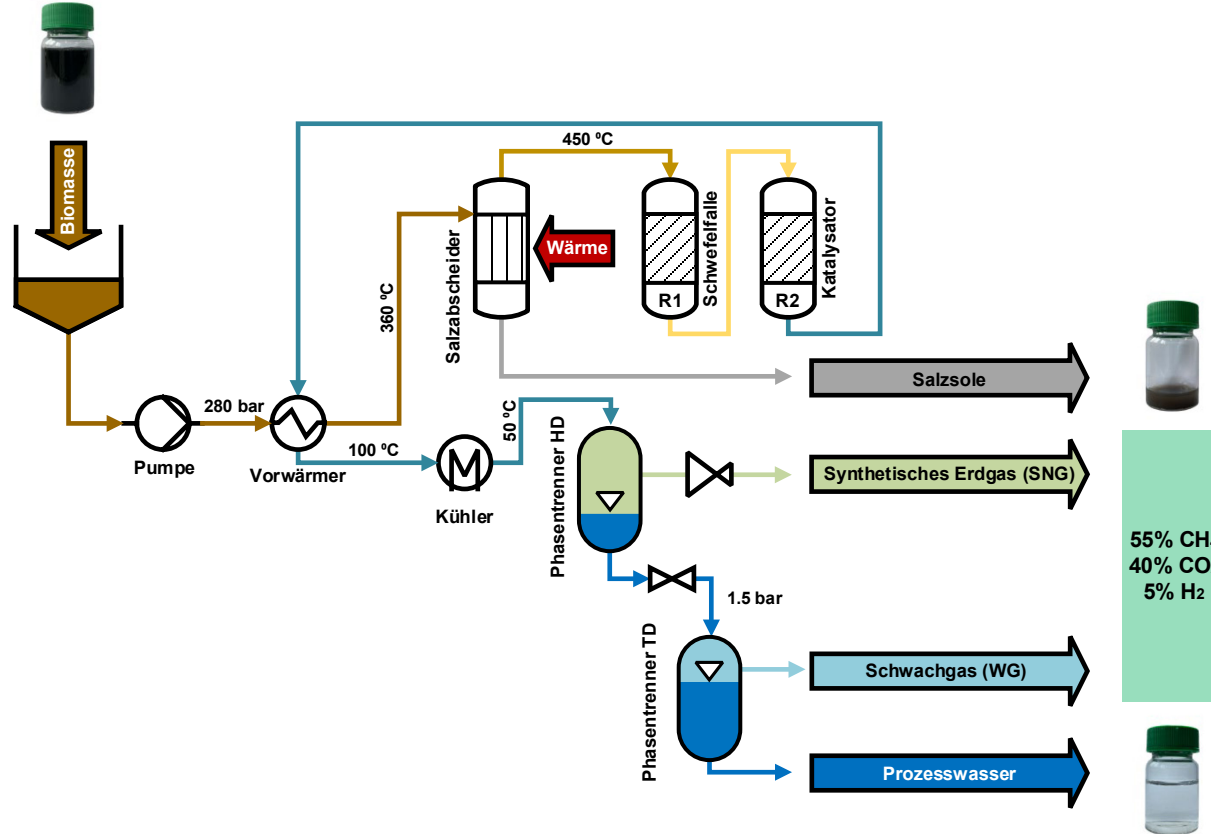
Prozess	Hauptprodukt
Carbonisierung (HTC)	Ähnlich wie Braunkohle
Verflüssigung (HTL)	Ähnlich wie Rohöl
Vergasung (HTV, HTG)	Ähnlich wie Erdgas



Eigenschaften

- Organische Komponenten, Gase und überkritisches Wasser sind gut mischbar
 - Schnelle Umwandlung
- Salzlöslichkeit ist viel kleiner als in flüssigem Wasser
 - Salze können von Hauptprozessstrom abgetrennt werden







Vorbereitungshütte

Vorwärmer

Salzabscheider

Heissluftkanal

Schwefelfalle

Katalysator

Phasentrennung



Zwei Ausgangsstoffe wurden auf Wunsch von externen Firmen hydrothermal vergast.

Isopropanol (IPA – C_3H_8O)

- IPA wird zur Reinigung in der Industrie verwendet
- Nach Verwendung Entsorgung als Industrieabfall nötig
- Wird oft in KVA's verbrannt
- HTG erlaubt Gewinnung von wertvollem Gas

Konz. [wt%]	Asche [wt%]	C [wt%]	H [wt%]	N [wt%]	S [wt%]
9	-	60	13	-	<0.01

Angaben basierend auf Trockensubstanz (TS)

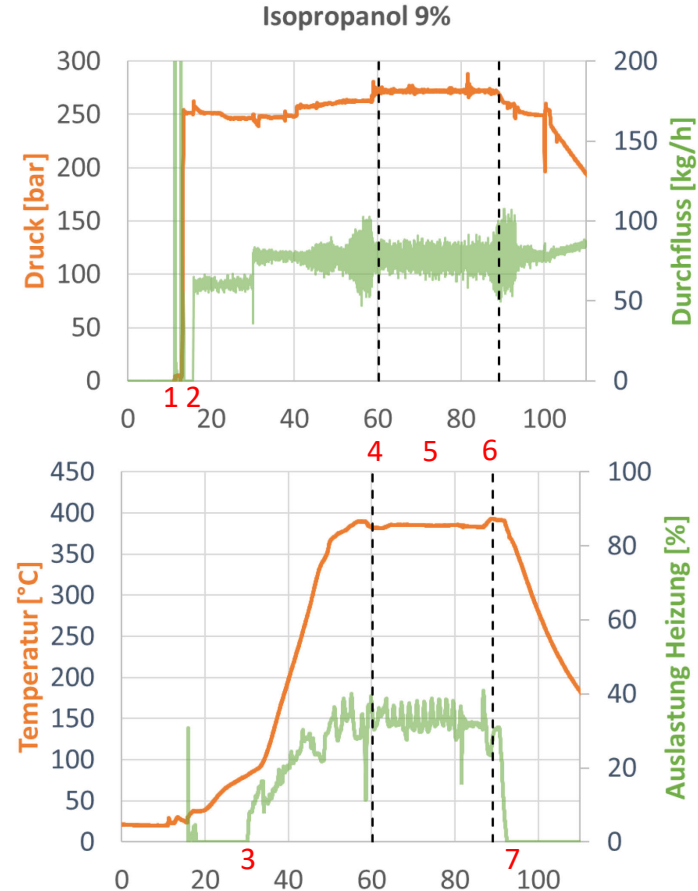
Küchenabfälle

- Küchenabfälle teilweise mit Plastik z.B. von Verpackungen kontaminiert
- Plastik muss aus Gärrest entfernt werden vor der Verwendung als Dünger
- HTG in der Lage Essensreste und Plastik in Gas umzuwandeln

TS [wt%]	Asche [wt%]	C [wt%]	H [wt%]	N [wt%]	S [wt%]
6.1	10.3	55.9	3.0	3.3	0.74

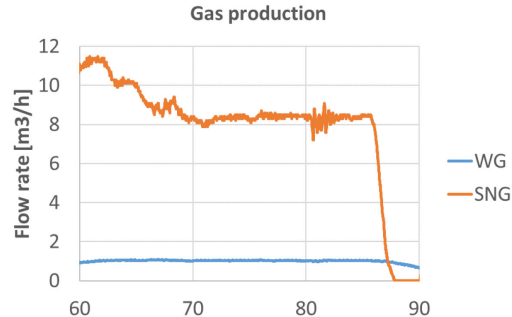
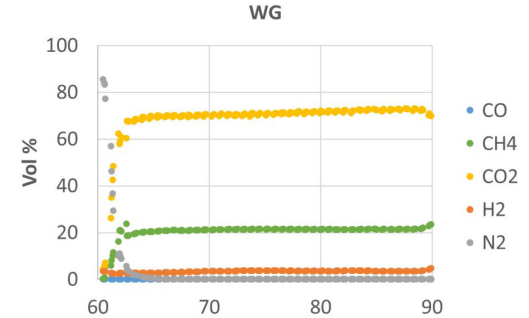
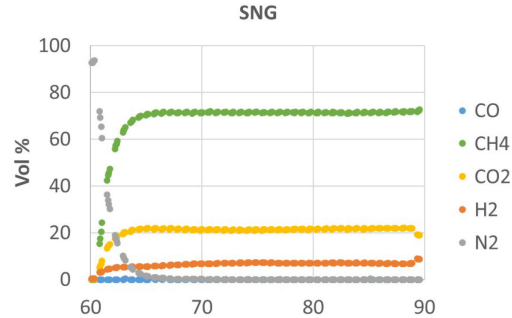
Angaben basierend auf Trockensubstanz (TS)

- (1) Phasentrenner wird mit N₂ unter Druck gesetzt
- (2) Start von Hochdruckpumpe
- (3) Aufheizen des Systems
- (4) Umschalten auf Feed sobald die Temperatur stabil bleibt
- (5) Gasanalysen und Probenahme
- (6) Umschalten auf Wasser
- (7) Abkühlen



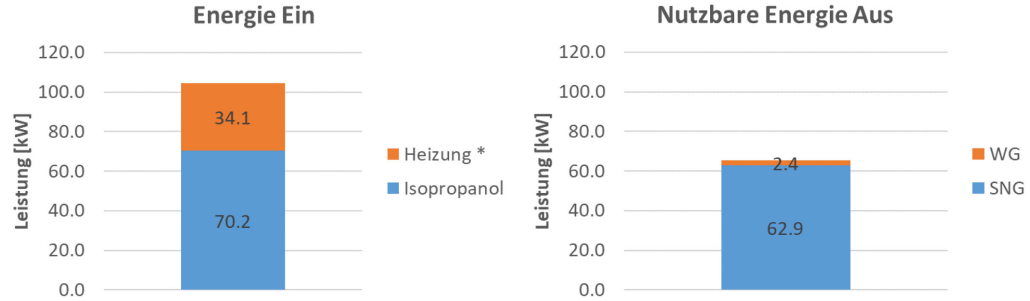
Gaszusammensetzung

- Hochdruckphasentrennung führt zu höherer Methankonzentration im SNG da ein wesentlicher Teil CO_2 ausgewaschen wird (>70% statt 55-60%)
- Konstante Gaszusammensetzung nach etwa 5h
- Feed musste verdünnt werden, um die Gasproduktion zu senken (Regelventil unterdimensioniert)



Energieflüsse

- Etwa doppelt so viel Energie im Gas wie von der Heizung benötigt wird
- Schon bei unter 10% IPA-Konzentration eine Effizienz von 63%
- Energiegehalt von IPA landet zu 90% im SNG
- Deutlich höhere Effizienzen (~80%) möglich bei höherer Konzentration und grösserer Anlage mit optimierter Isolation

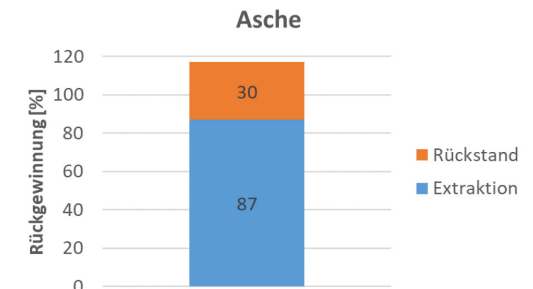
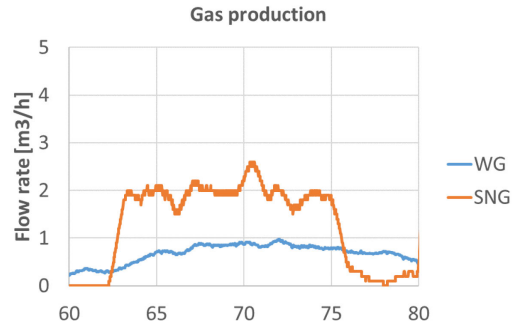
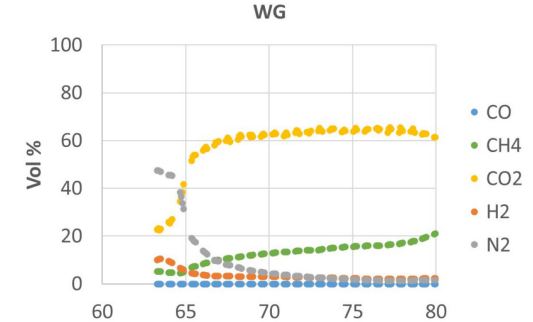
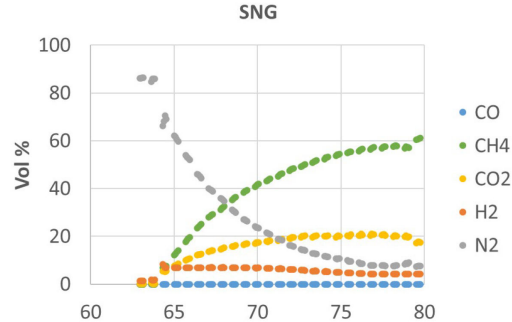


$$\text{Energieeffizienz: } \eta = \frac{P_{SNG} + P_{WG}}{P_{Heiz} + P_{IPA}} \sim 63\%$$

$$\text{Energie im SNG: } \eta_{SNG} = \frac{P_{SNG}}{P_{IPA}} \sim 90\%$$

Gaszusammensetzung

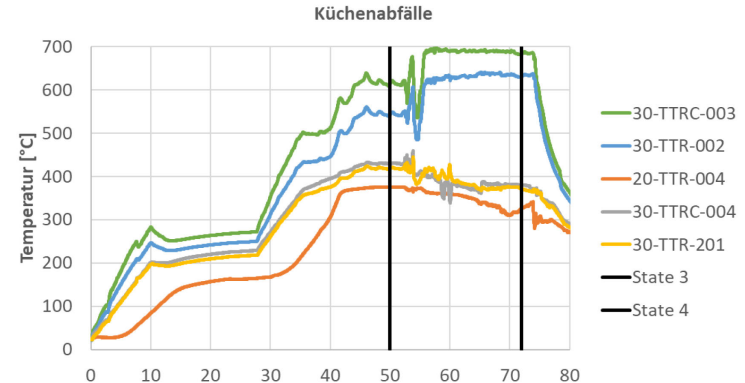
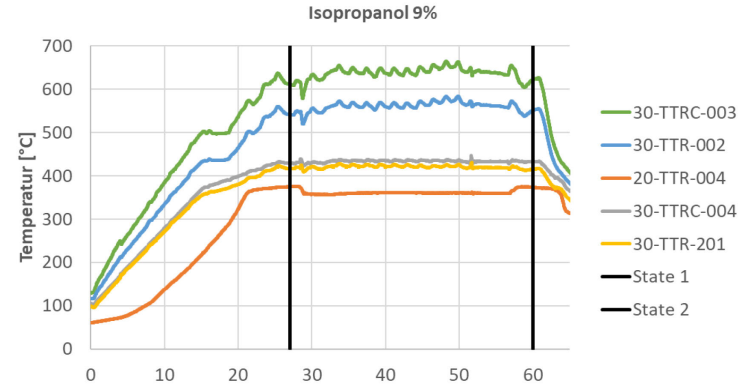
- Methankonzentration im Produktgas $\sim 60\%$
- Etwa 75% der Asche während dem Prozess extrahiert
- Etwa 25% der Asche nach dem Prozess aus Anlage entfernt
- Versuch musste wegen zu tiefen Reaktortemperaturen abgebrochen werden



Wärmeübergang

- Keine Abnahme des Wärmeübergangs für Isopropanol
- Deutliche Abnahme des Wärmeübergangs für Essensreste

State	Zeit [h]	Übertragene Leistung [kW]
1	27	21.2
2	60	22.4
3	50	22.4
4	72	5.8



Innendurchmesser: 10.8 mm



Nach letzter Reinigung

- Wenig Ablagerungen
- Abnutzung an manchen Stellen



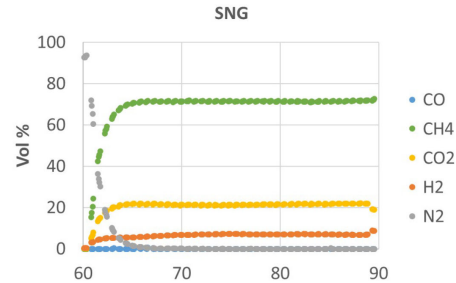
Nach Experiment mit Essensresten

- Deutliche Ablagerungen
- Verengter Querschnitt



HydroPilot

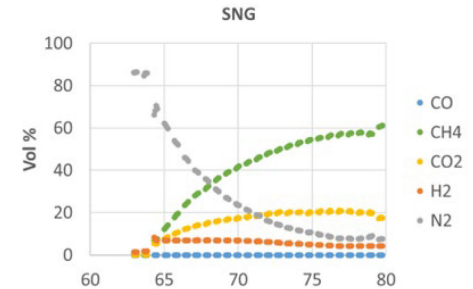
Erfolgreicher Aufbau und
Inbetriebnahme



Feed ohne Anorganik

90% der Energie vom Feed
im SNG

> 70% Methan im SNG durch
Hochdruckphasentrennung



Feed mit Anorganik

Feed konnte vergast werden

Aufbau von Salzabscheider
muss optimiert werden, um
Ablagerungen zu verhindern

Vielen Dank

Das Projekt HydroPilot wird
im Rahmen des Pilot- und
Demonstrationsprogramms
des Bundesamts für Energie
BFE gefördert

HydroPilot – Team

Urs Häseli (PPIH)



PAUL SCHERRER INSTITUT



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE