

Ash-to-Gas: Mikrobielle Biomethan- Erzeugung mit Wasserstoff aus der thermischen Vergasung von Biomasse mit Nährstoffen aus Vergasungsrückständen

03KB097FKZ-Nr. Ash-to-Gas

7. Statuskonferenz
Leipzig, 21 Nov´2017



Kontakt

Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik, FAU Erlangen-Nürnberg

AnsprechpartnerIn: **Thomas Trabold**

Arbeitsbereich: Biologische Methanisierung,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

E-Mail: thomas.trabold@fau.de

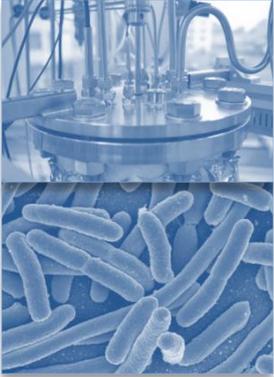
Telefonnr.: 091153029027

Webseite: www.evt.tf.fau.de

Anschrift: Fürther Str. 244f
90429 Nürnberg



Kurzzusammenfassung



BMWi Projekt 03KB097

Ash-to-Gas

Mikrobielle Biomethan-Erzeugung mit Wasserstoff aus der thermischen Vergasung von Biomasse mit Nährstoffen aus Vergasungsrückständen

Laufzeit 12/2015-05/2018

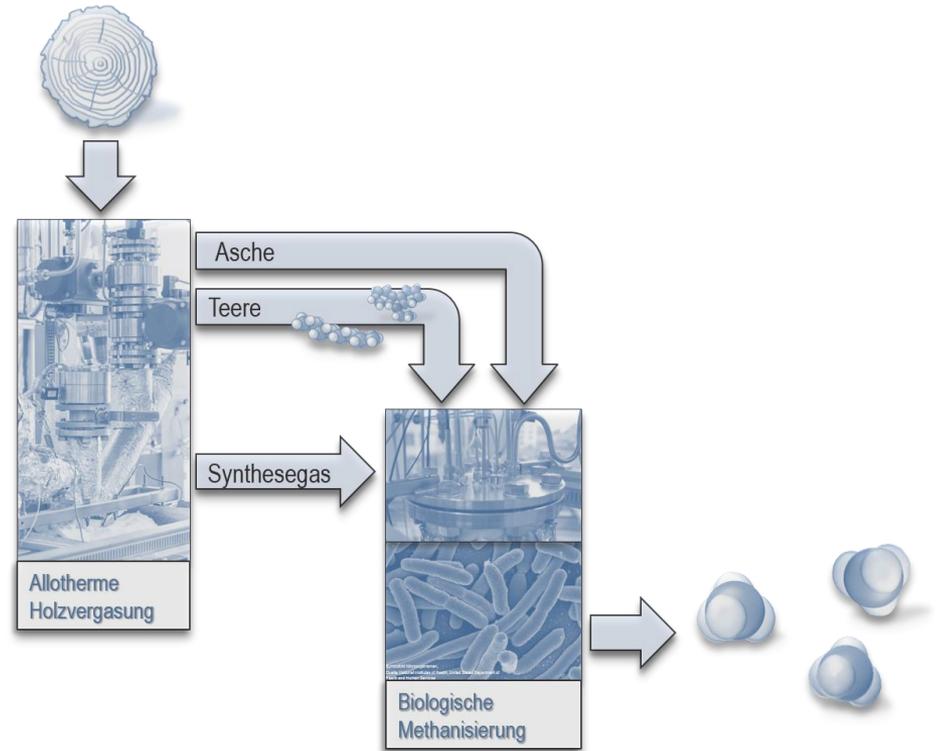


- Projekt adressiert die Erdgassubstitution: Biologische Methanisierung von Holzgas
- Projektziel: Proof-of-Concept für eine Kopplung zwischen Holzvergasung und biologischer Methanisierung; Verwendung der Vergasungsrückstände als Nährmittel
- Methoden: Aufbau eines Fermenters zur biologischen Methanisierung, experimentelle Untersuchungen, Mikroskopische Vitalitätsprüfung

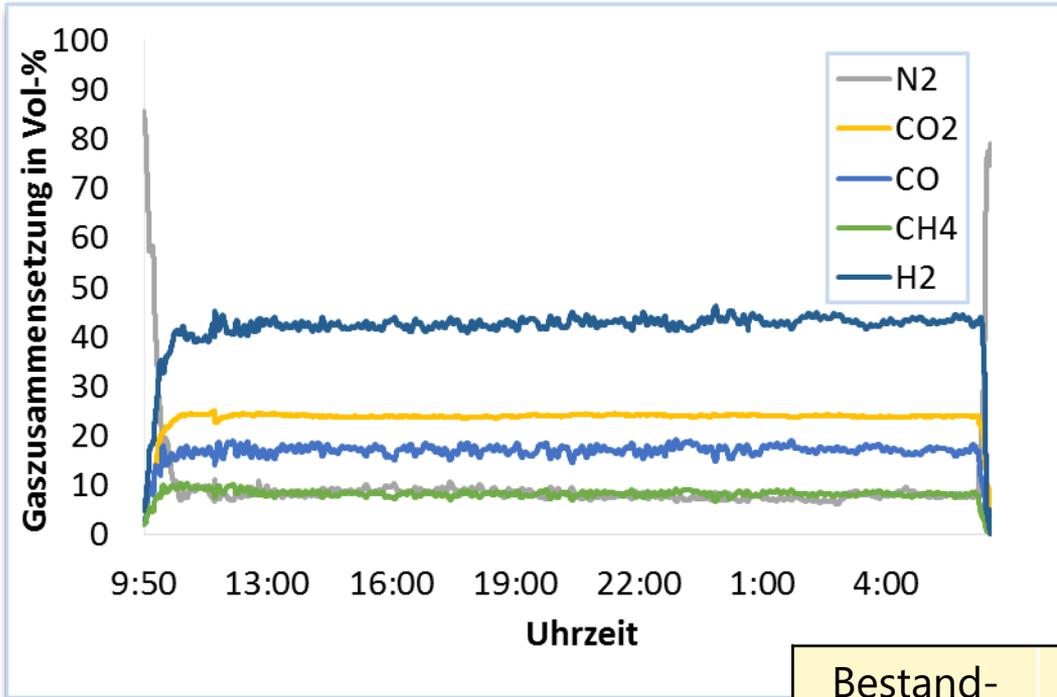


Agenda

1. Allothermer Wasserdampfvergaser
2. Kopplung zwischen Fermenter und Vergaser
3. Rührfermenter
 1. **Anlagenaufbau und -betrieb**
 2. **Begasungsrührer**
 3. **Ergebnisse**
 - Synthetisches Syngas
 - Teerzudosierung
4. Rieselbettfermenter
 1. **Anlagenaufbau und -betrieb**
 2. **Ergebnisse**
5. Aschen
 1. **Parameter**
 2. **Analyseergebnisse**
6. Zusammenfassung und Ausblick



Allothermer Wasserdampfvergaser



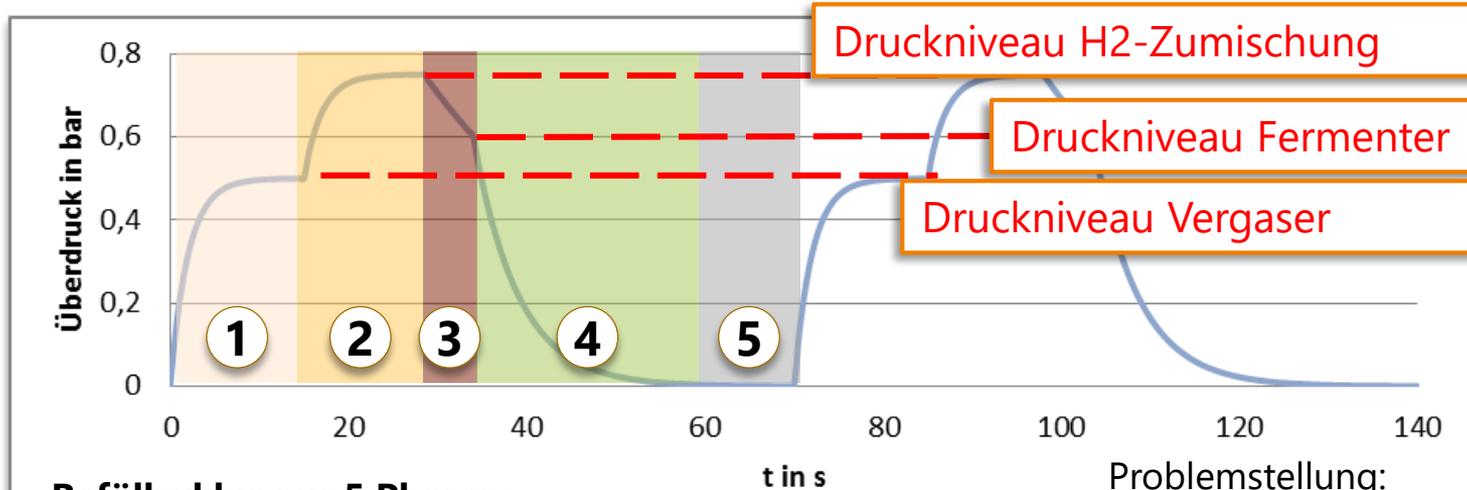
- H₂-Gehalt ist in Ordnung (43%)
- weitere Steigerung der Gasqualität nur durch ‚unsichere‘ Betriebszustände möglich
- Messung der Teerkonzentration ergibt Werte von 8-14 g/Nm³ (je nach Temperatur)

- Vergaser bietet H₂:CO₂ ca. 1,8
- Stöchiometrie Methanisierung: 4

Bestandteil	H ₂	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂
Vol.-%	43	24	17	8	8



Kopplung zwischen Fermenter und Vergaser

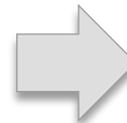


Befüllzyklus aus 5 Phasen:

- 1 Auffüllen mit Holzgas
- 2 Einstellen des H₂/CO₂-Verhältnisses
- 3 Befüllen des Fermenters
- 4 Auslass des Restgases
- 5 Totzeit zur Regelung des Volumenstromes

Problemstellung:

- Kontinuierliche Dosierung
- Sehr kleine Volumenströme
- Teer dürfen nicht auskondensieren
- Druckerhöhung wünschenswert
- H₂-Zudosierung zur Stöchiometrie

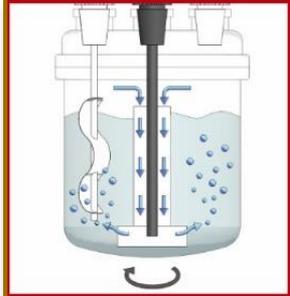


**Quasi-kontinuierlicher
Druckbehälter**

Rührfermenter

Anlagenaufbau und -betrieb

Funktionsprinzip Begasungsrührer:



- Welle und Rührer sind hohl
- Rotation erzeugt Unterdruck hinter den Rührerflügeln
- Gasblasen treten aus



Begasungsrührer



Heizpatronen

Parameter:

- 6,8 l
- bis 3000rpm
- bis 3,6 bar
- bis 80°C



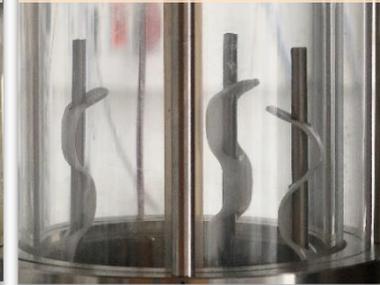
Magnetkupplung



Fermenterbrühe



Stromstörer



Rührfermenter

Anlagenaufbau und -betrieb

	Batchbetrieb	Kontibetrieb
Versuchsstart	<ul style="list-style-type: none">• Vorlage der Nährlösung• Ausgasen des O₂• Einstellen der Parameter• Animpfen mit Inokulum• Aufpumpen auf Betriebsdruck (s. Gaszufuhr)	
Versuchsbetrieb	<ul style="list-style-type: none">• Ausgasen mit Stickstoff in regelmäßigen Abständen• Nachfüllen des Fermenters bei Unterschreiten des minimalen Solldruckes	<ul style="list-style-type: none">• Kontinuierlicher Abgasstrom• Automatisches Nachfüllen (s. Gaszufuhr)• Max. Druckschwankung: 200mbar
Gaszufuhr	<ul style="list-style-type: none">• Auslöser: manuell oder Unterschreiten des minimalen Solldruckes• Spülen der Hausleitungen• Automatisches Nachfüllen bis zum Betriebsdruck• H₂/CO₂ – Verhältnis: 4:1	

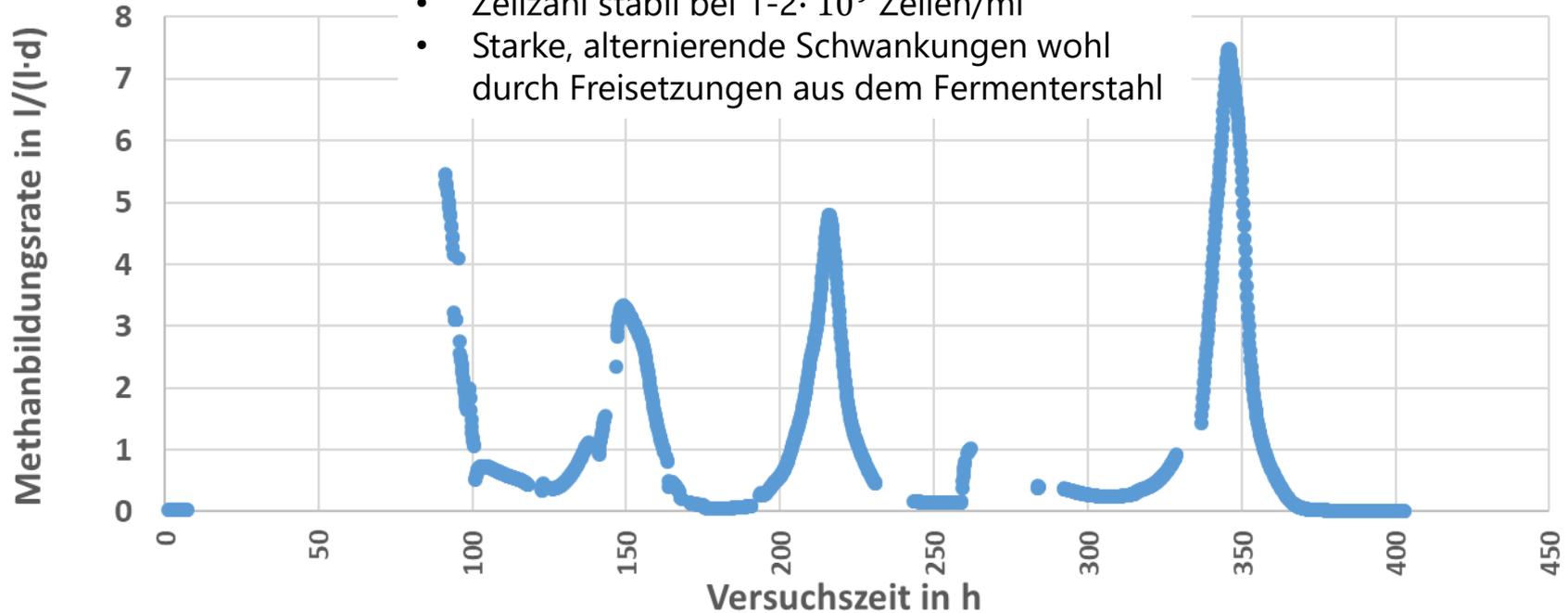


Rührfermenter

Ergebnisse

V15: einer der ersten Konti-Versuche

- MBR_{max} ca. 7,5 l/(l·d)
- Zellzahl stabil bei $1-2 \cdot 10^9$ Zellen/ml
- Starke, alternierende Schwankungen wohl durch Freisetzen aus dem Fermenterstahl



Rührfermenter

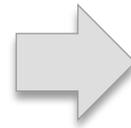
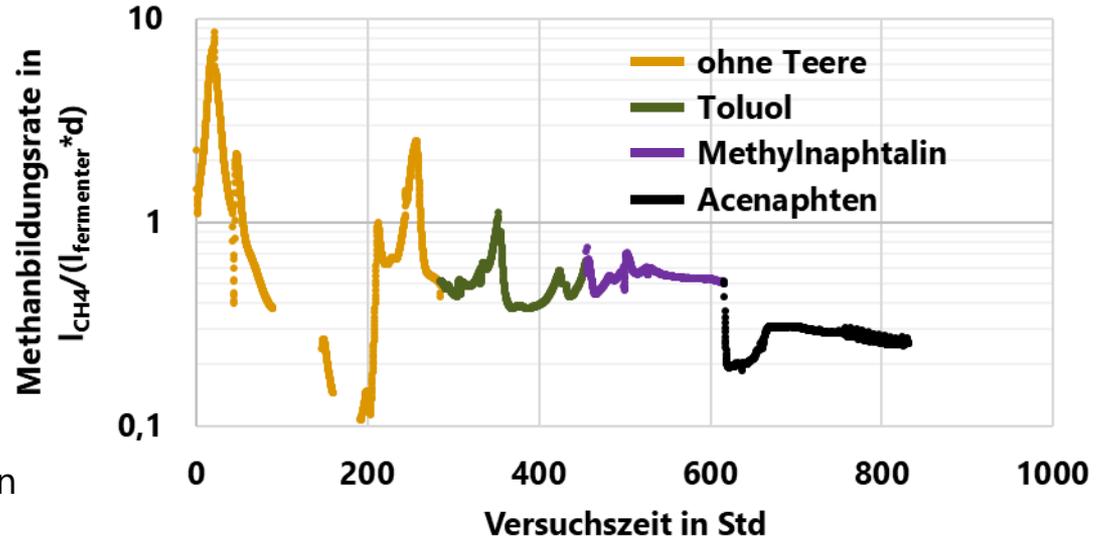
Ergebnisse: Teerversuche

Parameter:

- Zugabe von 6,3 g/d Toluol und Methylnaphtalin
- Einmalige Zugabe von 2g Acenaphten

Beobachtungen:

- Toluol und Methylnaphtalin haben keinen Einfluss auf die durchschnittliche MBR
- Acenaphten hemmt die Methanbildung deutlich und sofort
- Erholung nach kurzer Zeit, aber stabilisieren auf niedrigerer MBR

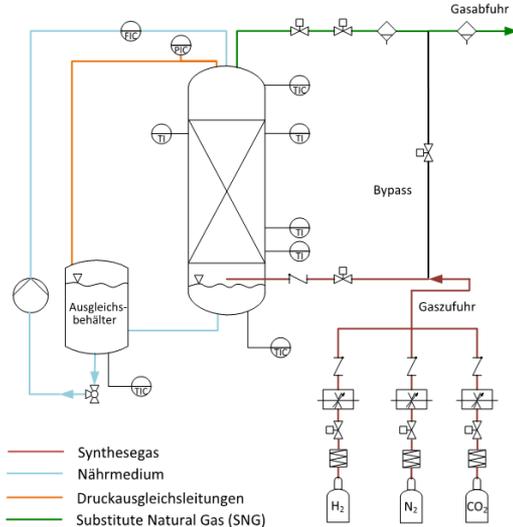


- Verschiedene Teere haben unterschiedlichen Einfluss
- Verifizierung und Untersuchung weiterer Teerkomponenten



Rieselbettfermenter

Anlagenaufbau und -betrieb



Vorteil des Rieselbettfermenters:
hohe Austauschfläche zwischen
Gas und Flüssigkeit
(vgl. Begasungsrührer für
Rührfermenter)



- Hauptsächlich für Parameterstudien (Umwälzstrom, Druck, Nährlösungskonzentration)
- Erste Versuche mit Asche zeigen: Asche hat einen negativen Einfluss auf die Mikroorganismen
 - MBR bricht ein
 - Zellen kleben zusammen
 - Aschefilter nötig



Vertiefung der Technologie
in Projekt ORBIT



Aschen

Ergebnisse

Eluatbildung:

- 1g/100ml VE-Wasser, 5h gerührt @60°C
- Abweichung von üblichen Eluierungsverfahren (z.b. DIN 19902, DIN EN 12506, u.a.), wegen Lebensbedingungen der Archaeen



Asche wird unter gegebenen Bedingungen nicht ausreichend ausgelaugt

	Abweichung
Grün	> 50% eluiert
Gelb	10% bis 50%
Rot	0% bis 10%

Elemente	Eluierbarer Anteil in %			
	Holzpellets	Heupellets	Straßenbegleitgrünpellets	Heupellets mit Blei(II)-acetat
Al	0,34%	0,02%	0,02%	0,00%
Ca	10,33%	2,57%	14,93%	17,22%
Cd	25,83%	32,00%	5,22%	3,16%
Co	15,78%	14,57%	6,37%	Messfehler
Cr	2,68%	1,58%	1,43%	1,55%
Cu	2,54%	1,10%	4,16%	15,23%
Fe	0,21%	0,00%	0,05%	0,00%
K	37,91%	58,52%	67,25%	72,54%
Mg	12,18%	0,13%	15,91%	4,35%
Mn	0,34%	0,00%	0,21%	0,02%
Mo	35,09%	43,51%	44,16%	51,94%
Na	22,60%	25,90%	35,73%	33,32%
Ni	1,09%	0,21%	1,31%	1,00%
Pb	0,00%	1,94%	0,31%	0,03%
Se	0,00%	0,00%	0,00%	10,30%
Zn	0,25%	0,01%	0,06%	0,03%



Aschen

Ergebnisse

- Wichtige Spurenelemente fehlen nahezu vollständig
- Theoretisch sind aber ausreichend Nährstoffe in der Asche
- Andere Eluations-verfahren sind derzeit Gegenstand der Forschung

	Abweichung
Grün	> 0%
Gelb	0% bis -50%
Rot	-50% bis -100%

Elemente	Abweichung der Elementkonzentrationen zwischen Eluaten und Nährmedium			
	Holzpellets	Heupellets	Straßenbegleit-grünpellets	Heupellets mit Blei(II)-acetat
Al	992%	-13,16%	-29,25%	
B	807%	1.473%	1.150%	1.692%
Ca	3.670%	1.386%	5.850%	6.916%
Co				
Cu				36%
Fe				
K	91%	514%	482%	505%
Mg				
Mn				
Mo	-33%	-21%	-17%	-16%
Na				
Ni				
Se	2.389%	1.144%	426%	615%
Zn				



Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

- Stabiler Vergasungsbetrieb mit $H_2:CO_2=1,8$
- Aufbau eines speziellen Dosiersystems für Syngas
- Aufbau und stabiler Betrieb von Rühr- und Rieselbettfermenter
- Teerzugabe zeigt:
 - Teere werden toleriert
 - Teerbestandteile haben verschiedene Auswirkungen auf Fermenterperformance
- Direkte Versorgung der MOs mit Asche nicht sinnvoll
 - Methanbildungsrate sinkt
 - Zellen verkleben
 - Aschen bieten theoretisch ausreichend Mineralien
 - Diese werden unter Fermentationsbedingungen aber nicht ausreichend eluiert

Ausblick

- Versuchsbetrieb:
 - Versuche mit CO-Begasung
 - Weiterführende synthetische Teerversuche
 - Finale Kopplung von Vergaser und Fermenter
 - Mit/ohne Aschefilter
 - Temperaturvariation der Vergasung für versch. Teergehalte
- Ascheanalysen von Eluationsverfahren unter Variation von pH, Eluationsdauer, ...

