

Das Triple-A-Verfahren (AmbientAminAbsorption) – Optimierte Gaswäsche für einen skalierbaren, an die Rohgasinfrastruktur angepassten Ausbau der Biomethanproduktion



Jianing Song¹, Marc Oliver Schmid¹, Joshua Güsewell², Ludger Eltrop²
 Universität Stuttgart
 E-Mail: jianing.song@ifk.uni-stuttgart.de / joshua.guesewell@ier.uni-stuttgart.de
 Homepage: <https://www.ifk.uni-stuttgart.de/> / <https://www.ier.uni-stuttgart.de/>

Hintergrund & Motivation

Biogas kann nicht nur zur Erzeugung von Strom und Wärme, sondern auch als Treibstoff für Fahrzeuge verwendet werden („Bio-CNG“). Nach der Aufbereitung besitzt das so genannte Biomethan die gleiche Qualität wie konventionelles Erdgas. Der Einsatz von Biomethan an Tankstelle ist nicht nur gut für die Umwelt, sondern auch wirtschaftlich interessant. Denn als nachhaltiger Kraftstoff wird Biomethan steuerlich begünstigt.



Abb. 1: Der Fermenter von Biogasanlage Weitenau

Die Erzeugungsstruktur von Rohbiogas in Deutschland ist eng an die Struktur der Landwirtschaft gekoppelt. Sie ist deshalb geprägt von kleineren Biogasanlagen (BGA), die in einer Leistungsklasse >250 m³ i.N. Methan/h liegen. Speziell in diesem Segment sind die Rohgasgestehungskosten sehr hoch, könnten aber durch hohe spezifische Minderung von Treibhausgas (THG)-Emissionen kompensiert werden.

Ähnliche Skaleneffekte gibt es auch für die Kosten gängiger Aufbereitungstechnologien, die für größere Anlagen spezifisch niedriger sind. Würden sich die Aufbereitungskosten auf einem ähnlichen Niveau wie die von größeren Anlagen etablieren, erhöhen sich Konzeptvarianten und Konkurrenzfähigkeit kleinerer BGA.



Abb. 2: Die Biogastankstelle von Biogasanlage Weitenau

Triple-A-Konzept

- Aminwäsche für Biogasaufbereitung unter ambienten Umweltbedingungen
- Packungskolonnen werden durch robuste, kompakte und einfache statische Mischer (Turbulenzen) ersetzt, welche hintereinander in Rohrschlangen geschaltet eine effektive und für die CO₂-Absorption notwendige Stoffaustauschfläche erzeugen
- Venturi-Düsen statt Verdichter
- Große Robustheit des Prozesses und einfache Handhabung
- Integration in landwirtschaftliche Kreisläufe (Herstellung zukünftig aus betriebseigenen Substraten für die Biogaserzeugung und Rückführung in die Substrat- bzw. Gasgewinnung)

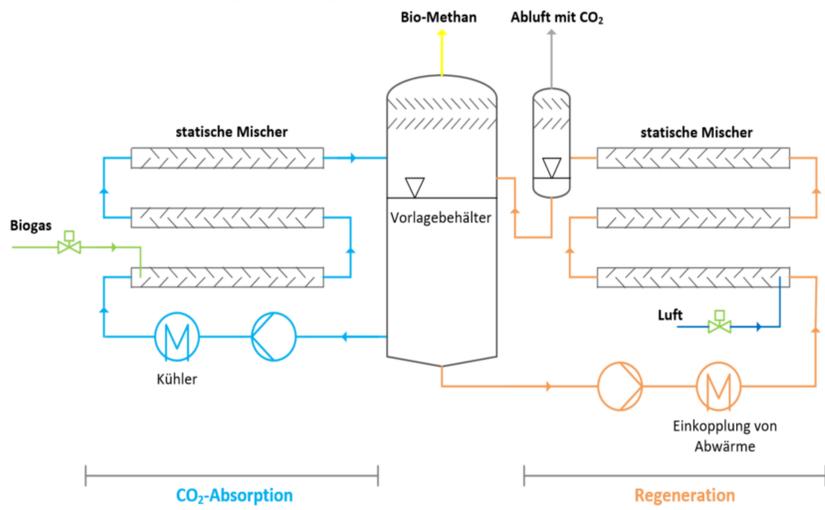


Abb. 3: Schematische Darstellung der technischen Komponenten des Triple-A-Verfahrens zur Biogasaufbereitung

Experimentelle Versuche

Set-Up: kontinuierliche Versuchsanlage im Labormaßstab

- Zwei parallele Glaskolonnen als Absorber und Desorber, Lösungsumlauf durch zwei identische Peristaltikpumpe
- Regeneration mit Strippluft im Gegenstrom (3 l/min), Vorwärmung der Strippluft durch Heizbänder
- 1 M K-Threonin als Referenz-Gaswaschlösung
- Untersuchte Einflussparameter: Temperaturniveau (50°C-70°C)
- Probenahme zur gravimetrischen Analyse
- Bestimmung der CO₂-Beladung und Arbeitskapazität der Waschlösung
- Zusammenhang zwischen CO₂-Beladung der Proben und Reaktionstemperatur
- Vergleich mit der Reingaskonzentration

Mit Dank an

Die Arbeiten werden im Rahmen des Projekts Triple A (FKZ:2220NR161A/B) durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

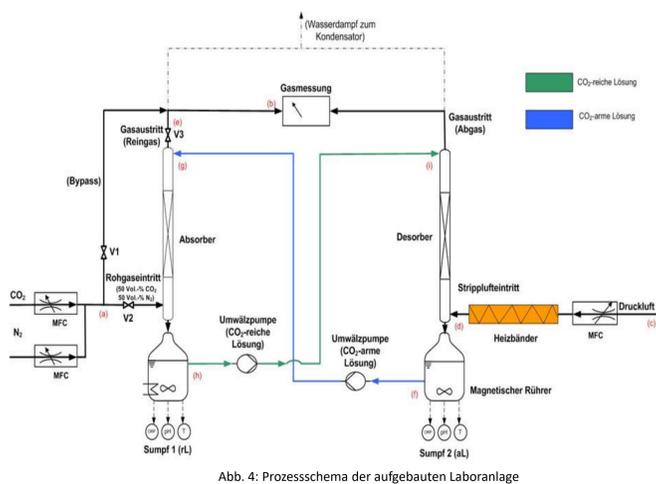


Abb. 4: Prozessschema der aufgebauten Laboranlage

Ergebnisse der Inbetriebnahme

- Die Verlaufskurven (Abb. 5) weisen eine gleiche Tendenz auf
- Vom Beginn des Versuchs bis stabilen Betrieb hat es ca. 2,5 h gedauert. Die Reaktionstemperatur hat keine große Rolle dafür gespielt.
- Mit zunehmender Temperatur sinkt die CO₂-Konzentration im Reingas
- Im Vergleich zu anderen Versuchen bei niedrigeren Reaktionstemperaturen zeigt der Versuch bei Reaktionstemperaturen (Ab/De) 64°C/70°C eine größere Abscheideleistung

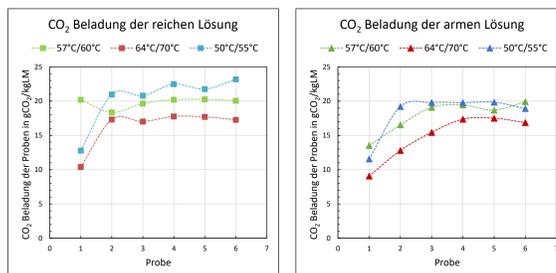


Abb. 6: Verläufe der CO₂ Beladung der Proben vom Absorber (links) bzw. Desorber (rechts)

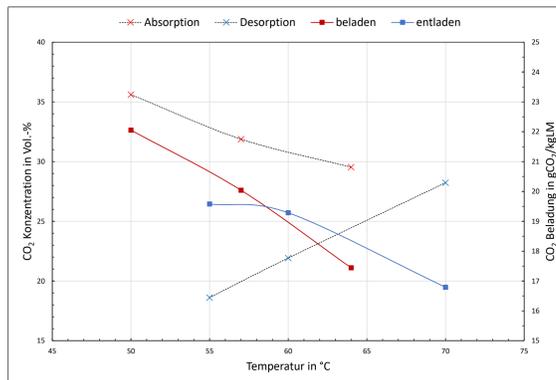


Abb. 7: Zusammenhang zwischen Reaktionstemperatur und CO₂ Konzentration im Austrittsgas bzw. CO₂ Beladung der Proben. Entsprechende Reaktionstemperaturen (Ab/De) sind 50°C/55°C, 57°C/60°C und 64°C/70°C.
 *Alle Daten sind aus dem stabilen Betrieb

- a-b:** Vor Beginn des Versuchs wird das synthetische Biogas durch einen Bypass zum Infrarot-Gasanalysator geführt, um die Anfangskonzentration einzustellen.
- c-d:** Die Druckluft wird durch Heizbänder gleichzeitig vorgewärmt, um den Wärmeverlust in der Desorptionseinheit zu reduzieren.
- a-e:** Hat die Lösung im Sumpf 1 die gewünschte Temperatur erreicht und ist die CO₂-Konzentration des Rohgases bei 50 Vol.-% stabil, wird das Ventil im Bypass (V1) geschlossen und die Ventile V2 und V3 geöffnet.
- f-g, h-i:** Die Umwälzpumpen werden eingeschaltet und somit die CO₂-reiche und CO₂-arme Lösung im Gegenstrom zum Gas in den Absorber bzw. Desorber geführt.

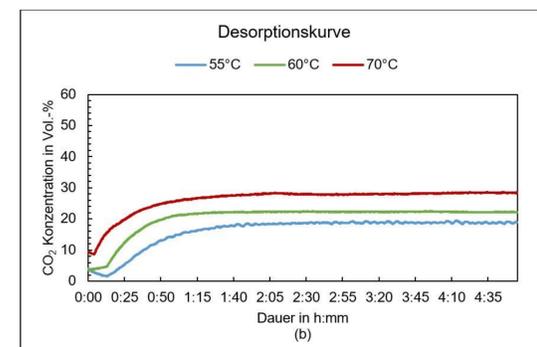
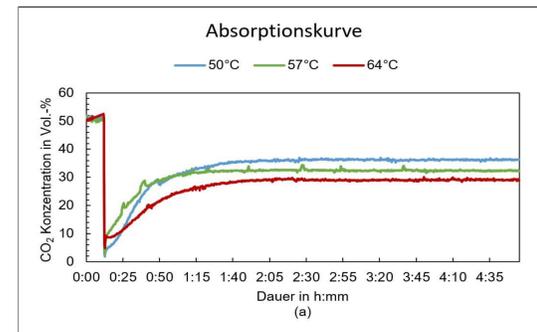


Abb. 5: Verlauf der CO₂ Konzentration im Austrittsgas vom Absorber (a) bzw. Desorber (b). Entsprechende Reaktionstemperaturen (Ab/De) sind 50°C/55°C, 57°C/60°C und 64°C/70°C.

- Obwohl nach 2,5 Stunden Betrieb stabil ist, schwankt die CO₂-Beladung der Lösung
 - Weitere Versuche für die Degradation der Lösung notwendig
- Mit zunehmender Temperatur sinkt die CO₂-Beladung der reichen Lösung, im Vergleich dazu steigt die der armen Lösung
 - Stimmt die Desorptionskurve zu, weitere Versuche aber für die Absorption notwendig

Zusammenfassung & Ausblick

Fazit

- Die CO₂-Konzentration des Reingases konnte beim stabilen Betrieb unter Testbedingungen des Prüfstands je nach Absorptionstemperatur am niedrigsten bei ca. 29 Vol.-% gehalten wird, was einer Abscheidung von ca. 42 % entspricht.
- Der Temperaturunterschied zwischen dem Absorber und dem Desorber ist klein
 - Der Einfluss der Temperatur auf die Absorption und die Desorption bei allem Versuchen nicht einheitlich

Ausblick

- Optimierungspotential in der Laboranlage
 - Integration mit dem Kühler sowie dem Wärmeübertrager
 - Erhöhung des Strippluftsdurchsatz
- Vom Labormaßstab zum Technikummaßstab
 - Aufbau und Inbetriebnahme der Technikumsanlage
 - Konstruktion des statischen Mixers
- Herstellung der Waschlösung
 - Extraktion aus fermentiertem Substrat bzw. anderen organischen Komponenten

Kontakt

Autoren: Jianing Song¹, Marc Oliver Schmid¹, Joshua Güsewell², Ludger Eltrop²,
 Universität Stuttgart
 1 Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik, Pfaffenwaldring 23, 70569 Stuttgart
 2 Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Heßbrühlstraße 49a, 70565 Stuttgart
 E-Mail: jianing.song@ifk.uni-stuttgart.de / joshua.guesewell@ier.uni-stuttgart.de
 Homepage: <https://www.ifk.uni-stuttgart.de/> / <https://www.ier.uni-stuttgart.de/>

