



Zusammenfassungen

Tagung

Bioenergieforschung in der Schweiz

**Neue Konzepte und Anwendungen, Praxisberichte,
Energie und Klima**

Donnerstag 09. Mai 2019

Aula ASTRA-Gebäude, 3063 Ittigen



Für den Inhalt sind ausschliesslich die Autoren dieser Zusammenfassungen verantwortlich.

Programm

08:30 *Registrierung & Kaffee*

09:00 **Begrüssung** R. Schmitz, Leiter Energieforschung BFE

09:10 **Aktuelles aus dem politischen Umfeld**
M. Buchs, Erneuerbare Energien, BFE

09:25 **Aktuelles aus IEA Bioenergy Task 44**
T. Schildhauer, PSI, Villigen, IEA Bioenergy Task 44 Delegate

Themenblock 1: Neue (Denk-)Konzepte und Anwendungen (S. Hermle, BFE)

09:40 **Mikrobielle Elektrolysezelle – mikrobielle Brennstoffzelle, zwei Systeme, die sich ergänzen**
F. Fischer HES-SO, Sion

10:05 **Hocheffiziente CO₂ Umwandlung durch Einsatz von “Smart Materials” in der Biogasaufbereitung**
A. Heel, ZHAW, Winterthur

10:30 Kaffeepause – Poster – Networking

11:00 **Die Zugabe von leitfähigen und nicht leitfähigen Materialien in der anaeroben Vergärung**
P. Principi, SUPSI, Manno

11:20 **Kohlenstoffströme in einer nachhaltigen Energieversorgung**
Z. Stadler, HSR, Rapperswil

11:40 **Hofdünger zu Strom: Stand und Perspektive**
S. Biollaz, PSI, Villigen

12:00 *Diskussion*

Themenblock 2: Neue Technologien im Pilotmassstab - Erfahrungsberichte aus der Praxis (T. Schildhauer, PSI)

12:10 **Hydrothermale Carbonisierung im Pilotmassstab – erste Erfahrungen**
A. Mehli, Klima Grisca Klimastiftung, Chur; B. Kulli, ZHAW, Wädenswil; R. Haymoz, FHNW, Brugg

12:30 *Mittagessen – Poster – Networking*

13:30 **Kombination von Hygienisierung und anaerober Hydrolyse vor der Vergärung**
F. Rüschi Pfund, ZHAW, Wädenswil

13:50 **Power-to-Gas: erste Erfahrungen mit der biologischen Methanisierung**
A. Lochbrunner, RegioEnergie Solothurn

14:10 **Power-to-Gas: erste Erfahrungen mit der katalytischen Methanisierung**
M. Friedl, HSR, Rapperswil

14:30 *Diskussion*

Themenblock 3: Energie und Klima – themenübergreifende Fragen (M. Buchs, BFE)

14:40 **Emissionen von Lachgas und Methan aus Recyclingdüngern im Feld**
N. Efosa, FIBL, Frick

15:00 **Bewertung und Reduktion von Methanemissionen landwirtschaftlicher Biogasanlagen**
D. Scharfy, Ökostrom Schweiz, Winterthur

15:20 *Schlusswort – Kaffee – Poster – Networking*

Projekttitle: Aktuelles aus dem politischen Umfeld / Energiestrategie 2050 und Bioenergie

Autor: Matthieu Buchs

Institution: Bundesamt für Energie BFE

Zusammenfassung der Präsentation:

Das neue Energiegesetz, welches am 30. September 2016 vom Parlament verabschiedet und am 21. Mai 2017 an der Urne gutgeheissen wurde, ist seit etwas mehr als einem Jahr in Kraft. Vor diesem Hintergrund wird in der Präsentation der aktuelle Stand der Bioenergie erörtert. Darüber hinaus wird auf die weiteren politischen Dossiers mit Bezug zum Thema eingegangen: Totalrevision des CO₂-Gesetzes, Revision des Stromversorgungsgesetzes, Gasversorgungsgesetz usw.

Projekttitle: IEA Bioenergy Task 44: Flexible Bioenergy

Autor: Tilman J. Schildhauer, PSI

Institutionen: Vertreter von 9 Ländern: Australien, Deutschland, Finnland, Irland, Niederlande, Österreich, Schweden, Schweiz, Vereinigte Staaten von Amerika

Die Möglichkeiten, Biomasse flexibel für energetische Nutzung einzusetzen, sollen verbessert werden und besser bekannt werden. Hierfür wurde innerhalb der IEA Bioenergy ein neues Task 44: "Flexible Bioenergy" gegründet, das von Dr. Ilkka Hannula (VTT/Finnland) und Prof. Daniela Thrän (DBFZ/Deutschland) geleitet wird. Ziel ist es, den Informationsaustausch zu forcieren und Forschungsbedarf zu identifizieren.

Bei einem ersten Treffen in Stockholm hat sich der neue Task konstituiert; die Vertreter aus den verschiedenen beteiligten Staaten haben sich kennengelernt und begonnen, die Arbeiten im Task zu organisieren.

Es wird drei Arbeitspakete geben:

WP1: Beschreibung und Status flexibler Bioenergie-Technologien

WP2: Erstellung einer Forschungs-Roadmap

WP3: Systemaspekte flexibler Bioenergie-Nutzung

Dazu kommen Beiträge zu strategischen und kollaborativen Projekten der IEA Bioenergy, die die Zusammenarbeit mehrerer Tasks erfordern, z.B. erneuerbares Gas, Rolle der Biomasse bei der Kohlenstoff-Sequestrierung.

Themenblock 1:

Neue (Denk-)Konzepte und Anwendungen

Projekttitle: Mikrobielle Elektrolysezelle – Mikrobielle Brennstoffzelle, zwei Systeme, die sich ergänzen

Autoren: Fabian Fischer^{1,4}, Maxime Blatter¹, Marion Jaussi¹, Louis Delabays², Christian Pierre Cachelin³, Gerald Huguenin²

Institutionen:

¹Institut für Life Technologies, HES-SO Wallis-Valais, Fachhochschule Westschweiz, Route du Rawyl 64, 1950 Sitten.

²Systemes Informatiques Embarqués, HE-Arc, Haute École Spécialisé Suisse Occidentale, Espace de l'Europe 11, 2000 Neuchâtel.

³Institut für Systemtechnik, HES-SO Wallis-Valais, Fachhochschule Westschweiz, Route du Rawyl 47, 1950 Sitten.

⁴Institut für Energie und Umwelttechnik, HES-SO Wallis-Valais, Route du Rawyl 47, CH-1950 Sion.

Ausgangslage:

Die Abwasserreinigung verbraucht 1-2 % der schweizerischen Elektrizitätsproduktion. Abwasser enthält mehr Energie als für dessen Reinigung benötigt wird. Bioelektrische Systeme produzieren während der Abwasserreinigung energiesparend Elektrizität. Sie generieren nach den vorliegenden Ergebnissen auch mehr Methan als herkömmliche Methanisierungsanlagen.

Projektziel:

Die Mikrobielle Brennstoffzelle (MBZ) und die Mikrobielle Elektrolysezelle (MEZ) sind bioelektrische Systeme, die sich in einer Kläranlage integrieren lassen und sich ergänzen, was gezeigt werden soll. In den geplanten Arbeiten wird diese Fragestellung mit bioelektrischen Pilotreaktoren untersucht. Dabei soll in der biologischen Stufe Elektrizität gespart, produziert und gereinigtes Abwasser ausgeschieden werden. In der Methanisierung wird mit der bioelektrischen Elektrolyse mehr und schneller Methan produziert. Beide Systeme werden auf das Kostenreduktionspotential in der Abwasserreinigung untersucht und ob sie tatsächlich mehr Energie generieren, als dies mit den heutigen Systemen der Fall ist.

Vorgehensweise/Methodik:

Basierend auf verschiedenen Vorarbeiten werden grössere Reaktoren gebaut, um die Hochskalierung der Bioelektrischen Systeme zu erproben. Es werden Laborversuche und Versuche auf der Kläranlage durchgeführt.

Ergebnisse:

Zwei bioelektrische Typen von Reaktoren wurden mit CAD Software gezeichnet und in einem polymechnischen Atelier gebaut. Der grössere Reaktor ist 14 Meter lang und 1000 Liter gross. Es ist eine mikrobielle Brennstoffzelle bestehend aus 64 Untereinheiten. Diese Anlage wurde im Oktober 2018 einem Abwasserstrom ausgesetzt und wird seither kontinuierlich betrieben. In den ersten fünf Wochen bildeten sich Biofilme. Diese reinigen heute durchfliessendes Abwasser von organischen Komponenten. Die Mikrobielle Brennstoffzelle erzeugt durch diesen elektrobiologischen Abbau Strom, der über ein Maximum Power Point Tracking optimiert und auf Lithiumbatterien gespeichert wird. Im zweiten bioelektrischen Prozess wird aus aktiviertem und frischem Klärschlamm Methan produziert. Die Methanisierung in der mikrobiellen Elektrolysezelle generiert bisher leicht höhere Methan-Konzentrationen als der reale Vergleichsprozess auf der Kläranlage.

Die hier vorgeschlagene bioelektrische Abwasserreinigungsanlage verändert den Ablauf der allgemein praktizierten Abwasserreinigung. Der aerobe Prozess der biologischen Stufe wird in eine anaerobe Verdauung umgewandelt, welche Elektrizität spart und produziert. Dabei fällt nach den bisherigen Beobachtungen ebenfalls aktivierter Klärschlamm an. Dieser wird zusammen mit frischem Klärschlamm

der sogenannten Elektro-Methanisierung zugeführt. Die dafür verwendete mikrobielle Elektrolysezelle wird die Methanisierung beschleunigen und vollständiger ablaufen lassen als bisher. Das heisst, das erzeugte Biogas enthält aufgrund der gemessenen Trends mehr Methan bzw. weniger CO₂.

Grafik und Fotos:

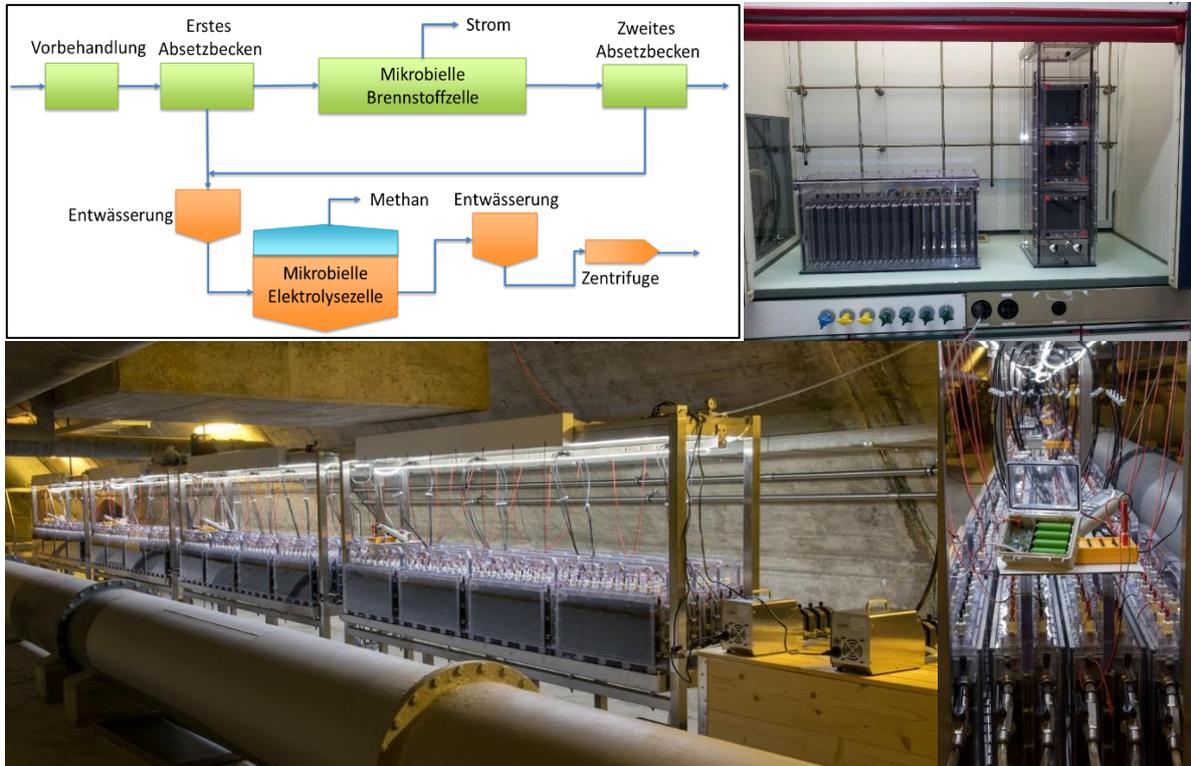


Abb. 1: *Oben links:* Schema für eine Kläranlage mit zwei sich ergänzenden bioelektrischen Systemen. *Oben rechts:* Zwei 50 Liter grosse Mikrobielle Elektrolysezellen zur Methanproduktion. *Unten links:* 1000 Liter mikrobielle Brennstoffzelle (MBZ) zur Abwasserreinigung und Stromproduktion. *Unten rechts:* Aufsicht auf MBZ Stapel mit einer von vier Strom-Speichereinheiten.

Referenzen:

- Fischer, F., Sugnaux, M., Savy, C., Huguenin G., Microbial fuel cell stack power to lithium battery stack: Pilot concept for scale up. *Applied Energy*, 2018, 230, 1633-1644.
- Sugnaux, M., Happe, M., Cachelin, C. P., Gloriod, O., Huguenin, G., Blatter, M., & Fischer, F. Two stage bioethanol refining with multi litre stacked microbial fuel cell and microbial electrolysis cell. *Bioresource Technology*, 2016, 221, 61-69.
- Sugnaux, M., Happe, M., Cachelin, C. P., Gasperini, A., Blatter, M., & Fischer, F. Cathode deposits favor methane generation in microbial electrolysis cell. *Chemical Engineering Journal*, 2017, 324, 228-236.

Projekttitle: Hocheffiziente CO₂-Umwandlung durch Einsatz von „Smart Materials“ in der Biogasaufbereitung**Autoren:** Renaud, Delmelle, Tanja Franken, Andreas Borgschulte & Andre Hee**Institutionen:** ZHAW, EMPA**Ausgangslage:**

Erneuerbare Energieträger spielen eine wichtige Rolle in der Energieversorgung der Schweiz. Die Schweizer Gaswirtschaft strebt einen massiven Anstieg des Anteils von erneuerbarem Methan im Wärmemarkt an, von derzeit 1% auf 30% im Jahr 2030. Dies kann einerseits durch den Ausbau an Biogasanlagen geschehen, andererseits aber auch durch innovative material- und prozesstechnische Optimierungen im Rahmen eines Biogas-Upgrades.

Projektziel:

Während residuales CO₂ aus Biogasen abgetrennt und emittiert wird, widmet sich das durch BFE und FOGA unterstützte Projekt genau diesem residualen und scheinbar wertfreien CO₂. Es sollten zwei völlig neuartige Katalysatorkonzepte («SmartCat») entwickelt werden (Sorptionsmethanisierung und selbstregenerierende Katalysatoren), um der mangelnden Effizienz (CO₂ und H₂) und der Vergiftung durch Kontaminationen (S) entgegenzuwirken.

Vorgehensweise/Methodik:

Anstatt CO₂ aus dem Rohbiogas abzutrennen, wird es durch Zugabe von H₂ und mittels eines neuentwickelten Nickelkatalysators ohne vorgängige Abtrennung in CH₄ umgewandelt. Im Gegensatz zu allen anderen konventionellen Verfahren geschieht dies beim neuentwickelten Katalysator sehr effizient. Das Besondere an diesem Verfahren ist, dass CO₂ sowie H₂ vollständig und zu 100% zu CH₄ umgewandelt werden können und dieses CH₄ sogar trocken anfällt, so dass zusätzliche Aufbereitungsschritte und Kosten entfallen. Der CH₄-Anteil im Biogas kann somit verdoppelt werden und das Methan aus diesem Biogas-Upgrade besitzt direkt einspeisefähige Qualität. Konventionelle Verfahren und Katalysatoren sind dazu nicht in der Lage.

Ergebnisse:

Zwei neuartige Katalysator- & Reaktorkonzepte wurden für die anspruchsvolle, katalytische CO₂ Methanisierung aus Biogasen entwickelt. Mittels innovativer Materialkonzepte konnte einerseits katalytischen und mikrostrukturellen Degradationserscheinungen durch hohe Temperaturen bzw. Katalysatorgifte und andererseits dem geringen Wirkungsgrad hinsichtlich der CH₄ Ausbeute und der Ressourceninsuffizienz entgegen gewirkt werden.

Die sorptionsbasierte CO₂ Methanisierung erreicht bei 300 °C eine vollständige CO₂ Umsetzung zu Methan. Am Reaktorausgang fällt ohne nachgeschaltete Gasseparation ein trockener und zu 100% aus CH₄ bestehender Produktstrom an, der keine praktisch relevanten Anteile an CO₂, CO oder Feuchtigkeit aufweist. Die Regenerationsgeschwindigkeit, d.h. die Entfernung des Wassers aus den Zeolithpellets wurde verbessert und Standzeiten um den Faktor 3 erhöht.

Zum anderen ermöglicht ein sich unter dynamischen Betriebsbedingungen selbstregenerierender Katalysator, die katalytisch aktive Phase nanodispers aus der Struktur auszulösen, aber sie auch reversibel wieder einzubauen. Durch gezieltes Materialdesign erreicht der neuartige Katalysator mit nur 2.5 Gew% Nickel einen Methananteil von 80% bei 450-500 °C. Zur reversiblen Regeneration benötigt es 650 °C, weil die Nickeldiffusion mit sinkender Temperatur stark gehemmt ist. Jedoch konnte nach multipler Regeneration gezeigt werden, dass die sich die Mikrostruktur wieder optimal und feindispers aufbaut und so längere Standzeiten erlaubt und der Degradation entgegenwirkt.

Um den technologischen Reifegrad (TRL) zu erhöhen, wurde ein 1 kW Prototyp aufgebaut, an dem die prozessrelevanten Betriebsparameter für die Methanisierung und die Regeneration ermittelt wurden.

Das modulare Reaktorkonzept ist damit für einen Technologietransfer in eine Demonstrationsanlage bereit: Der «Smartcat» wird derzeit in einer neuen Power-to-Gas Anlage unter Realbedingungen und in einem semi-industriellen Umfeld zusammen mit der HSR und einem Industriekonsortium getestet.

Das Reaktorkonzept befindet sich auch in einer Weiterentwicklungsstufe, um neben der Industrietauglichkeit («HEPP»), insbesondere Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit zu optimieren («SmarHiFe»).

Grafiken/Fotos:

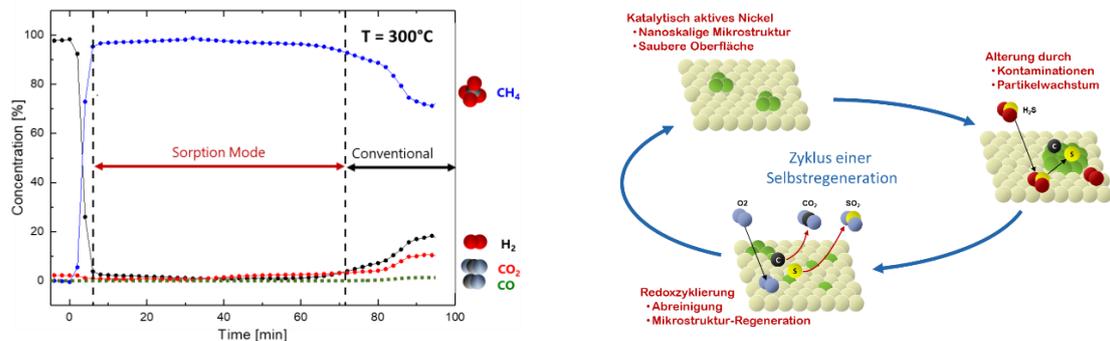


Abb. 1: *Links:* Während der Wirkphase des Katalysators wird ein hochreines CH₄ ohne H₂O, CO₂ und CO synthetisiert. Im konventionellen Modus weist das Produktgas zusätzlich CO, CO₂ und H₂O auf. *Rechts:* Schematische Darstellung der Selbstregeneration des «Smartcat».

Referenzen:

- Delmelle, R., Terreni, J., Remhof, A., Heel, A., Proost, J. & Borgschulte, A. (2018): Evolution of Water Diffusion in a Sorption-Enhanced Methanation Catalyst. *Catalysts* 8, 341, doi:10.3390/catal8090341.
- Baier, J., Schneider, G. & Heel, A. (2018): A Cost Estimation for CO₂ Reduction and Reuse by Methanation from Cement Industry Sources in Switzerland. *Frontiers in Energy Research* 6, doi:10.3389/fenrg.2018.00005.
- Terreni, J., Trottmann, M., Delmelle, R., Heel, A., Trtik, P., Lehmann, E. H. & Borgschulte, A. (2018): Observing Chemical Reactions by Time-Resolved High-Resolution Neutron Imaging. *The Journal of Physical Chemistry C* 122, 23574-23581, doi:10.1021/acs.jpcc.8b07321.
- Delmelle, R., Duarte, R. B., Franken, T., Burnat, D., Holzer, L., Borgschulte, A. & Heel, A. (2016): Development of improved nickel catalysts for sorption enhanced CO₂ methanation. *Int. J. Hydrogen Energy* 41, 20185-20191, doi:10.1016/j.ijhydene.2016.09.045.
- Borgschulte, A., Delmelle, R., Duarte, R. B., Heel, A., Boillat, P. & Lehmann, E. (2016): Water distribution in a sorption enhanced methanation reactor by time resolved neutron imaging. *Phys Chem Chem Phys* 18, 17217-17223, doi:10.1039/c5cp07686b.
- Burnat, D., Kontic, R., Holzer, L., Steiger, P., Ferri, D. & Heel, A. (2016): Smart material concept: reversible microstructural self-regeneration for catalytic applications. *Journal of Materials Chemistry A* 4, 11939-11948, doi:10.1039/c6ta03417a.
- Steiger, P. et al. (2017): Structural Reversibility and Nickel Particle stability in Lanthanum Iron Nickel Perovskite-Type Catalysts. *ChemSusChem* 10, 2505-2517, doi:10.1002/cssc.201700358.

Projekttitle: Zugabe von leitfähigen und nicht leitfähigen Materialien in der anaeroben Vergärung**Autoren:** Principi P., König R., Cuomo M., DeCorso A., Lavigna E., Spaggiari M., DeCarolis A.**Institution:** Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana SUPSI; Dipartimento tecnologie innovative; Istituto di ingegneria meccanica e tecnologia dei materiali.**Hintergrund:**

Der Prozess der anaeroben Vergärung zum Abbau chemischer Verbindungen umfasst mehrere Stufen. Dabei werden Polysaccharide, Proteine, Nukleinsäuren und Lipide zunächst in Wasserstoff, Formiat, Acetat und CO₂ und anschliessend in Methan umgewandelt. Beobachtungen haben gezeigt, dass in diesen Reaktionssequenzen verschiedene Mikroorganismen komplexe organische Materie syntrophisch als Kohlenstoff- und Energiequelle nutzen. Syntrophische Mikroorganismen sind in der Lage, chemische Energie in Form von löslichen chemischen Verbindungen oder durch direkten Elektronenaustausch zu übertragen. In der neueren Literatur wird über die Verwendung von leitfähigem Material im Fermenter berichtet, um den Prozess des Elektronenaustauschs zu unterstützen.

Ziel des Projekts:

Es sollen verschiedene Materialien zur Unterstützung der syntrophischen Methanproduktion getestet werden.

Methoden:

Es werden einige Materialien ausgewählt, die im Rahmen von anaeroben Vergärungsversuchen zugegeben werden: Kohlefasern, Pflanzenkohle, Kohlenstoff-Nanoröhren, Aktivkohle und Zeolith wurden im Hinblick auf Dichte, Leitfähigkeit und Partikelgrösse charakterisiert. Die Tests wurden im Batch-Modus in zwei Fermenterkonfigurationen mit Ethanol als einziger Kohlenstoffquelle durchgeführt. Als Referenz dienten Kontrollen mit Ethanol und Inokulum. Die Biogasproduktion und -zusammensetzung wurde mittels IR und GC gemessen.

Materialien:

Ausgewählt wurden Graphen (Directaplus, Pure G+), mehrwandige Kohlenstoff-Nanoröhren (Nanocyl, NC7000), Aktivkohle (Norit), Pflanzenkohle (Verora), Kohlefasern (FC Carbon) und Zeolith (Zeocem, micro50). Die elektronenmikroskopische Untersuchung der Morphologie zeigt, dass für diese Materialien eine breite Partikelgrössenverteilung typisch ist. Diese beträgt für Graphen $0,262 \pm 0,058$ μm , für Aktivkohle $3,224 \pm 2,362$ μm , für Pflanzenkohle $22,891 \pm 13,234$ μm , für Kohlenstoff-Nanoröhren $106,817 \pm 40,949$ μm , für Kohlefasern $7,238 \pm 0,736$ μm und für Zeolith $4,434 \pm 2,472$ μm .

Für den Vergleich der Materialien im Hinblick auf ihre Fähigkeit, den Elektronenaustausch im Sinne des direkten Interspezies-Elektronentransfers (DIET) zu unterstützen, wurden die Materialien gepresst und in Bezug auf Dichte und Leitfähigkeit untersucht.

Die höchste Leitfähigkeit besitzt Graphen (581,308 S/m), gefolgt von Kohlenstoff-Nanoröhren (453,158 S/m), Aktivkohle (14,085 S/m), Kohlefasern (1,035 S/m), Pflanzenkohle (0,055 S/m) und Zeolith, dessen Leitfähigkeit unter der Nachweisgrenze liegt und das somit als nicht leitfähiges Material qualifiziert wird.

DIET-Effekt: Die Wirkung der Zugabe von Materialien bei der Methanproduktion wurde in kleinen (150 ml) und grösseren (3,5 l) Fermentern getestet. Dabei wurde Ethanol als einzige Kohlenstoffquelle im gleichen Verhältnis wie Inokulum, gemessen als flüchtige Feststoffe, zugegeben. Die Kurve der kumulativen Methanproduktion im Test wurde mit der Kurve des Kontrollversuchs verglichen.

Bei den Tests im kleinen Massstab wurde eine hohe Standardabweichung und eine geringe Reproduzierbarkeit festgestellt. Dies ist auf die Schwierigkeit bei der exakten Dosierung der Materialmengen zurückzuführen.

Bei den Versuchen im grösseren Massstab wurde bei der Zugabe von Graphen eine signifikante Erhöhung der Biogas- und Methanproduktion festgestellt.

Trägereffekt: Die vorläufigen Ergebnisse aus dem Beobachtungszeitraum lassen keine Trägereffekte erkennen.

Fotos:

	<p>Bild 1: Kultur von Mikroorganismen im Fermenter.</p>
	<p>Bild 2: Elektronenmikroskopische Darstellung von Zeolith. a: 100-fach vergrößert, b: 4500-fach vergrößert.</p>
	<p>Bild 3: Elektronenmikroskopische Darstellung von Pflanzenkohle. a: 100-fach vergrößert, b: 4500-fach vergrößert.</p>
	<p>Bild 4: Elektronenmikroskopische Darstellung von Kohlefasern. a: 100-fach vergrößert, b: 4500-fach vergrößert.</p>
	<p>Bild 5: Elektronenmikroskopische Darstellung von Aktivkohle. a: 100-fach vergrößert, b: 4500-fach vergrößert.</p>
	<p>Bild 6: Elektronenmikroskopische Darstellung von Kohlenstoff-Nanoröhren. a: 100-fach vergrößert, b: 4500-fach vergrößert.</p>
	<p>Bild 7: Elektronenmikroskopische Darstellung von Graphen. a: 100-fach vergrößert, b: 4500-fach vergrößert.</p>

Projekttitle: Kohlenstoffströme in einer nachhaltigen Energieversorgung

Autoren: Zoe Stadler, Dr. Stefano Moret, Dr. Theodoros Damartzis, Boris Meier, Marcello Borasio, Prof. Dr. Markus Friedl, Prof. Dr. François Maréchal

Institutionen: HSR Hochschule für Technik Rapperswil; EPFL Sion

Ausgangslage:

Um die Schweizer Kohlenstoffdioxidemissionen zu vermindern, ist neben der Verbrauchsreduktion die Defossilierung von Produkten, Treib- und Brennstoffen ein wichtiger Bestandteil einer nachhaltigen Klimapolitik. Da viele erneuerbare Ressourcen wie z.B. Biomasse nur begrenzt zur Verfügung stehen, untersucht dieses Projekt, auf welche Art verschiedene Kohlenstoffquellen am effizientesten genutzt werden können um den Bedarf zu decken.

Projektziel:

Das Ziel des Projektes "Carbon Flows in the Energy Transition" ist einerseits eine Gesamtübersicht über die der Schweiz zur Verfügung stehenden Kohlenstoffquellen, des Schweizer kohlenstoffbasierten Energie- und Produktebedarfs sowie eine Zusammenstellung von Technologien, die die verschiedenen Kohlenstoffquellen in die gewünschten Endprodukte umwandeln. Andererseits untersucht das Projekt mögliche Zukunftsszenarien, wie sich die Kohlenstoffflüsse in der Schweiz entwickeln, wenn politische Massnahmen wie z.B. eine CO₂-Steuer oder ein Importverbot auf gewisse Produkte ergriffen werden. Es sollen insbesondere Fragen beantwortet werden, wie zum Beispiel ob Biomasse aus ökonomischer oder ökologischer Sicht sinnvollerweise eher für die Produktion von Biokunststoff oder von Biotreibstoff verwendet wird. Auch die Rolle von CO₂-Rückgewinnung wird in Betracht gezogen.

Vorgehensweise/Methodik:

Ein Grossteil des Projektes besteht aus der Erarbeitung von Datensätzen der Kohlenstoffquellen, des Bedarfs und der Umwandlungstechnologien. Dazu werden in einem ersten Schritt die vorhandenen Kohlenstoffquellen auf das theoretisch verfügbare Potenzial sowie das tatsächlich nutzbare Potenzial untersucht. Der Bedarf an Kohlenstoff wird durch verschiedene Überkategorien definiert: Mobilität (private und öffentliche) und Transport, Wärme, Elektrizität, kohlenstoffbasierte Chemikalien und Produkte. Dabei kann der Bedarf auch durch nicht kohlenstoffbasierte Technologien gedeckt werden, zum Beispiel wird private Mobilität unter anderem sowohl durch elektrifizierte als auch durch Diesel-Autos gewährleistet. Die Umwandlung von Kohlenstoffquellen zu Endprodukt erfolgt durch verschiedene Umwandlungstechnologien. Die wichtigsten im Bereich der Umwandlung von Biomasse und Kohlenstoffdioxid (Carbon Capture and Utilisation) werden für das Projekt gesammelt und für die Berechnung verwendet.

Um Szenarien zu entwickeln und die Ströme zu optimieren, werden obige Datensätze in das Modell EnergyScope, welches sich auf die Optimierung der Schweizer Energieflüsse fokussiert, integriert. Das Modell wird so angepasst, dass es neben den Energieströmen auch die Kohlenstoffströme berechnet und, je nach Wunsch, diese ökonomisch oder ökologisch optimiert.

Bisherige Ergebnisse:

Insgesamt wurden in der Schweiz vier Kohlenstoffdioxidquellen aus holziger und sieben aus nicht-holziger Biomasse und 8 Kohlenstoffdioxid-Quellen identifiziert. Dabei beträgt das nutzbare (nachhaltige) Potential von holziger Biomasse 3.2 Mt, bzw. 50.7 PJ, und dasjenige von nicht-holziger Biomasse 3.1 Mt, bzw. 47.4 PJ (Daten von SCCER BIOSWEET). Von grossen und konzentrierten Emittenten sind 7.4 Mt Kohlenstoffdioxid gewinnbar, dazu kommt die Atmosphäre als beinahe unerschöpfliche CO₂-Quelle, mit jedoch tiefer Konzentration von aktuell 410 ppm (Daten von Vorprojekt "Renewable Methane for Transport and Mobility"). Zusätzlich wird Kohlenstoff in unterschiedlichen Formen importiert.

Im Jahr 2016 betrug in der Schweiz gemäss Bundesamt für Statistik der Bedarf an Energieträgern insgesamt 854 PJ. Treibstoffe machen dabei mit 292 PJ den grössten Anteil aus, gefolgt von Elektrizität mit 210 PJ, Erdöl-Brennstoffen mit 137 PJ und Gas mit 117 PJ. Dabei ist der Bedarf an Erdöl-Brennstoffen abnehmend, während der Bedarf an Treibstoffen und Gas weiterhin ansteigt. Im Jahr 2017 wurde an den Flughäfen in der Schweiz insgesamt 1.7 Mt Flugtreibstoff getankt. Auch der Bedarf an Kunststoff beträgt jährlich rund 1.7 Mt.

Bei der Verwendung von Kohlenstoffdioxid als Rohstoff führen die meisten Pfade für die Kunststoffproduktion via Methanol, während für die Herstellung von Treibstoffen die direkten Pfade betrachtet werden. Auch bei den Biomasetechnologien spielt Methanol als Zwischenprodukt eine wichtige Rolle, hinzu kommen die verschiedenen Möglichkeiten der Biogas- bzw. Methanproduktion. In diesem Projekt wird auch der Bedarf an Flugzeugtreibstoffen und deren Herstellung in Betracht gezogen, was in den meisten Modellen und Konzepten vernachlässigt wird.

Die Zuordnung von Rohstoff zu Endprodukt erfolgt über das angepasste Tool EnergyScope, welches die Kohlenstoffpfade entweder nach ökonomischen oder nach ökologischen Kriterien optimiert.

Grafiken/Fotos:

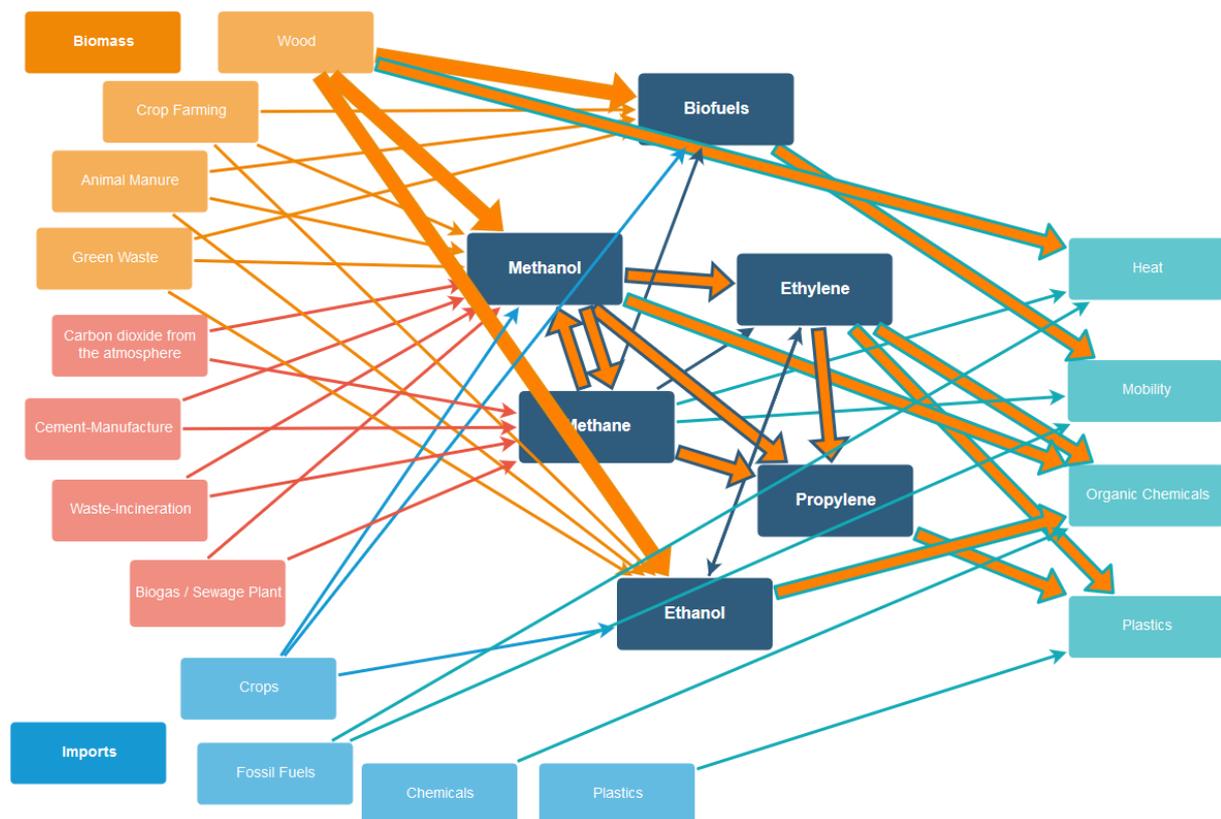


Abb. 1 – Holz ist ein vielseitiger Rohstoff, der sowohl für die Wärmeproduktion, die Herstellung von Biotreibstoffen und die Herstellung von Kunststoffen verwendet werden kann. Die Identifizierung der ökonomisch oder ökologisch sinnvollsten Nutzungspfade ist Teil dieses Forschungsprojektes.

Referenzen:

- Vorprojekt Renewable Methane for Transport and Mobility:
 - o Meier, Boris; Ruoss, Fabian und Friedl, Markus: Investigation of Carbon Flows in Switzerland with the Special Consideration of Carbon Dioxide as a Feedstock for Sustainable Energy Carriers; Energy Technology 5: 864 – 876
 - o Meier, Boris; Ruoss, Fabian; Friedl, Markus: Aqua & Gas N°9, 2016: CO2 als Rohstoff für Treibstoffe
 - o Stadler, Zoe; Meier, Boris; Ruoss, Fabian; Friedl, Markus: Treibstoff aus Abgasen; Aqua & Gas N°9, 2018
- Vorprojekt EnergyScope:
 - o Moret, Stefano: Strategic energy planning under uncertainty, Thèse N° 7961, 2017

Projekttitle: Hofdünger zu Strom: Stand und Perspektive

Autor: Serge Biollaz

Institutionen: SCCER BIOSWEET: PSI, ZHAW, WSL, BFH, EPFL

Ausgangslage:

Die Verstromung von Biogas aus Hofdünger erfolgt heute in der Schweiz auf rund 100 Anlagen. Nur ein geringer Teil des Hofdüngerpotentials wird dabei genutzt. Die Ursachen dafür sind vielfältig.

Projektziel:

Im Projektcluster „Hofdünger zu Strom“ arbeiten verschiedene Projektpartner an verschiedenen Prozessschritten, um die gesamte Wertschöpfungskette vom Hofdünger zur elektrischen Energie wirtschaftlicher zu machen. Mit den neuen technischen Lösungen soll, wo sinnvoll, das vorhandene Hofdüngerpotential für die Stromerzeugung mobilisiert werden.

Vorgehensweise/Methodik:

In dem Projektcluster „Hofdünger zu Strom“ werden in den autonom arbeitenden Projekten verschiedene Ansätze genutzt. Für die Entwicklung eines vertieften Verständnisses der techno-ökonomischen Zusammenhänge der Wertschöpfungskette werden **Expertengespräche** geführt, um damit die Ist- sowie die Zielkosten zu ermitteln. Die beteiligten Partner an dieser Aktivität sind die ZHAW, BFH, EPFL, WSL, PSI und Ökostrom Schweiz. Für die einzelnen Prozessschritte wie Vergärung, Gasreinigung oder Verstromung werden **Testanlagen errichtet und betrieben**, um belastbare Messdaten für die Hochskalierung der einzelnen Prozessschritte zu erhalten. Die BFH/ZHAW fokussieren auf die Vergärung, das PSI auf die Gasreinigung und die EPFL auf die SOFC-Technik. Im nächsten Schritt werden in **Verbundprojekten** insbesondere die Gasreinigung getestet, mit dem Ziel den technischen und wirtschaftlichen Nachweis zu erbringen, dass herkömmliche SOFC Systeme ohne wesentliche Anpassungen problemlos auch mit gereinigtem Biogas betrieben werden können.

Ergebnisse:

Die vernetzte nationale und internationale Zusammenarbeit ermöglicht Synergien bei der Erzeugung neuer technischer Erkenntnisse und der Projektentwicklung der Folgeprojekte. Die Entwicklung einer verbesserten Prozesskette vom Hofdünger zur elektrischen Energie erfordert von allen beteiligten Projektpartnern ein vernetztes, aber gleichzeitig autonomes Denken.

Das vom BFE unterstützte Projekt zur Gasreinigung von Biogas für die SOFC kommt nun in die heiße Phase, d.h. der Inbetriebnahme der PSI-Versuchsanlage am Standort der SwissFarmerPower in Inwil (SFPI). Per 1.1.2019 wurde das neue EU-geförderte Projekt „Waste2Watts“ gestartet, mit dem Ziel u.a. bis Ende 2020 eine 6 kWel SOFC mit Biogas über eine längere Zeit zu betreiben.

In den kommenden Monaten werden die Schlüsselinformationen für die gesamte Wertschöpfungskette konsolidiert um damit die Detailanforderungen an eine Demonstrationsanlage festzulegen. Weiter soll der Rollout mit den Industriepartnern konkretisiert werden für die Realisierung von 10'000 Anlagen im Massstab von 10 bis 50 kWel.

Grafiken/Fotos:

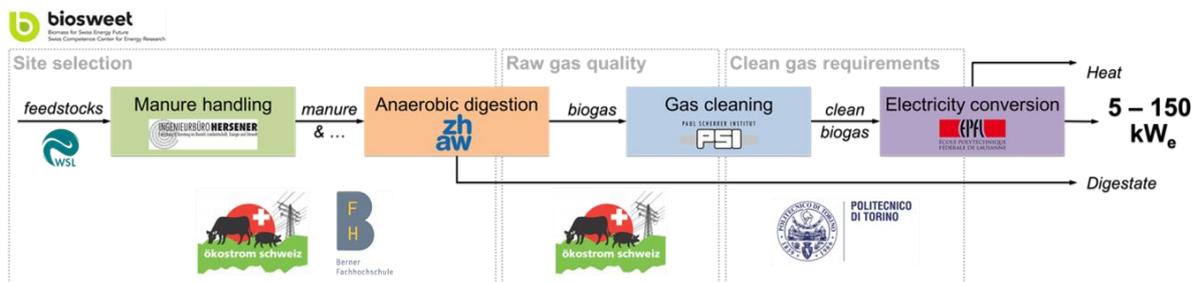


Abb. 1: Wertschöpfungskette: Hofdünger zu Strom via SOFC

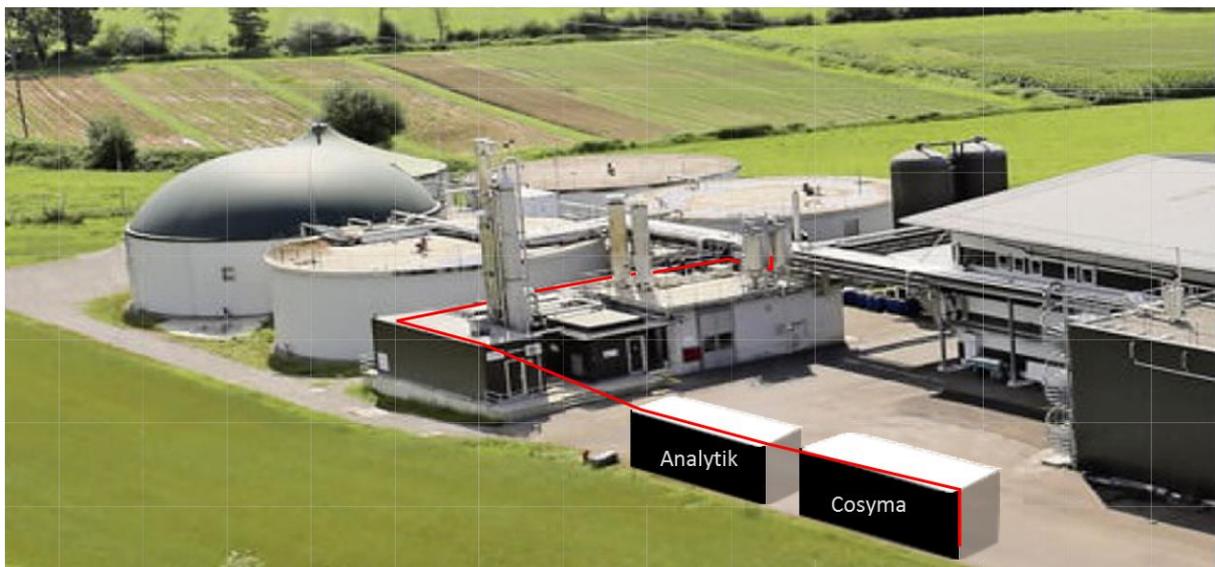


Abb. 2: Standort der PSI Versuchsanlagen bei SwissFarmerPower in Inwil (Test der Gasreinigung für die SOFC und der Betriebsdiagnostik im Rahmen eines 500 h Test)

Referenzen:

Samuel Majerus, Dirk Lauinger and Jan Van herle, *Taking Advantage of the Vastly Underused European Biogas Potential: Break-Even Conditions for a Fuel Cell and an Engine as Biogas Converters*, J. Electrochem. En. Conv. Stor. 15(3), 031006 (Apr 09, 2018) (7 pages) Paper No: JEECS-17-1067; doi: 10.1115/1.4039045

Themenblock 2:

Neue Technologien im
Pilotmassstab –
Erfahrungsberichte
aus der Praxis

Projekttitle: Hydrothermale Karbonisierung im Pilotmassstab - erste Erfahrungen**Autoren:**

Andreas Mehli ¹, Raphael Haymoz ², Dieter Winkler ², Timothy Griffin ², Gabriel Gerner ³, Rahel Wanner ³, Beatrice Kulli ³, Alex Treichler ³, Urs Baier ³, Martin Kühni ³

Institutionen:

¹ Klima GRischa Klimastiftung Graubünden, GRegio Energie AG, Mehli Landmaschinen

² Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW

³ Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW

Ausgangslage:

In der Schweiz fallen grosse Mengen organischer Reststoffe an, deren energetische und/oder stoffliche Verwertung nicht immer befriedigend geregelt ist. Eine Möglichkeit solche Biomassen energieeffizient zu entwässern und als alternativer Energieträger verfügbar zu machen, bietet die Technologie der hydrothermalen Karbonisierung (HTC). Diese wandelt feuchte Biomassen, wie Klärschlamm oder Gülle, bei hohen Temperaturen und unter hohem Druck in ein kohleähnliches Produkt um, das energetisch genutzt werden kann.

Projektziel:

Ziel am HTC-Innovationscampus Rheinmühle Chur ist es, mit Hilfe der HTC-Technologie ein Verfahren zu entwickeln, das organische Reststoffe auf umweltfreundliche, klimaschonende und hygienische Weise umwandelt. Dabei soll sowohl eine energetische Nutzung als auch eine Rückführung von Pflanzennährstoffen für die Landwirtschaft ermöglicht werden. Kernstück des Vorhabens ist eine kontinuierlich arbeitende Anlage zur hydrothermalen Karbonisierung mit einer Kapazität von 10 m³/Tag. Die Anlage wird im Rahmen dieses Projektes sowohl bezüglich ihrer Einsatzbereitschaft und Energieeffizienz als auch bezüglich der Inhaltsstoffe der Produktströme optimiert.

Vorgehensweise/Methodik:

Der Schwerpunkt des Projekts liegt auf der Optimierung der zentralen Baugruppen Wärmetauscher, Beheizung, Reaktor und Kohle-Wasser-Trennung und der gesamten Hilfsperipherie. Gleichzeitig werden die Stoffflüsse von Nährstoffen wie Phosphor und Stickstoff und Schwermetallen untersucht, um eine optimale Nutzung des Ausgangsmaterials zu gewährleisten. Für die Verwertung des Prozesswassers wird ein anaerober Festbettfermenter verwendet. Prozesswasser und Gärreste werden auf deren Inhaltsstoffe und den stofflichen Abbau getestet, um mögliche Hemmwirkungen zu erkennen und den Methanertrag zu steigern. Hierfür werden neben dem Grossversuch auch Laborexperimente durchgeführt. Die Kohlen werden im Rahmen des Projekts auf verschiedene qualitätsrelevante Brennstoffeigenschaften (Heizwert, Schüttdichte, Ascheschmelzverhalten sowie proximate und ultimate Zusammensetzung) untersucht, da diese Verbrennungsprozesse massgeblich beeinflussen. In Verbrennungsversuchen in Kleinf Feuerungen wird zudem die Schadstoffbildung gemessen.

Ergebnisse:

Die HTC-Anlage konnte im April 2018 nach ersten Anpassungen in Betrieb genommen werden. Die angestrebten Prozessbedingungen von rund 200 °C und 20 bar wurden im ersten Durchlauf erreicht. Zu Beginn wurde die Anlage mit Gärgülle (aus 80 % Gülle und 20 % Speiseresten) betrieben. Durch den hohen Stickstoffgehalt der Gärgülle kam es zu Ammoniak-Ausgasungen. Klärschlamm konnte aufgrund des Bewilligungsverfahrens erst im November 2018 eingesetzt werden. Der Betrieb mit Klärschlamm erwies sich aufgrund geringerem Verstopfungsrisiko und geringeren Ausgasungen als deutlich einfacher.

Die Gasbildung des anaeroben Festbettfermenters war in der ersten Versuchsphase mit Gärgülle durchwegs zu tief. Ob dies an Hemmeffekten oder noch nicht adaptierter Biologie lag, kann im Moment noch nicht näher eingegrenzt werden, denn einerseits bestand kein regelmässiger Betrieb, andererseits lagen auch technische Schwierigkeiten vor. Zur effizienten Verwertung des Prozesswassers ist ein stabiler Betrieb der HTC-Anlage für die anaerobe Biologie wichtig.

Die ersten Untersuchungen der Stoffgehalte in Gärgülle und Faulschlamm sowie deren Produkte geben einen Hinweis auf die Verteilung der Nährstoffe und Schwermetalle. Die Bilanzierung der Stoffflüsse und deren Variabilität konnte nicht abschliessend aufgezeigt werden, da die Versuchsdauer für einen stabilen Betrieb zu kurz war. Dies soll in einem nächsten Schritt bei einer längeren Versuchsperiode untersucht werden.

Die brennstofftechnischen Eigenschaften der Kohlen konnten untersucht und deren Schadstoffbildung in Vergasungs- und Pyrolyseversuchen gemessen werden. Mit der heutigen Zusammensetzung der Kohle werden Grenzwerte der LRV deutlich überschritten. Für Kehrichtverbrennungsanlagen, Zementwerke oder vergleichbare grosstechnische Anlagen, welche für hohe Aschegehalte ausgelegt und mit entsprechenden Rauchgasreinigungsanlagen ausgerüstet sind, stellen die Kohlen aufgrund des mit Holz vergleichbaren Heizwerts einen interessanten Zusatzbrennstoff dar.

Derzeit wird zur Steigerung des Kohleertrags eine neu konzipierte Kohle-Wasser-Trennung getestet. Im 2. Quartal wird zur Verbesserung des Wärmemanagements sowohl ein neuer Wärmetauscher als auch ein neuer Reaktor eingebaut und getestet. Prozesstechnisch folgen eine Reihe von Untersuchungen / Optimierungen bezüglich dem Einfluss verschiedener Parameter (Trockensubstanz im Feed, Verweilzeit, Temperatur, pH-Wert und Homogenität des Ausgangsmaterials) auf die Energieeffizienz der Anlage sowie die Beschaffenheit der Kohle bzw. des Prozesswassers. Besonders relevant sind auch die Untersuchungen bezüglich der Abbaubarkeit des Prozesswassers im Festbettfermenter.

Grafiken/Fotos:



Projekttitle: Kombination von Hygienisierung und anaerober Hydrolyse vor der Vergärung**Autoren:** Stefan Huber (wigako) / Florian Rüschi Pfund (ZHAW)**Institutionen:** wigako – wittwer gas kompost / ZHAW – Fachstelle Umweltbiotechnologie**Ausgangslage:**

Die Beschickungs- und Substratvorbehandlungsstufen der Biogasanlage in Süderen, BE zur Verarbeitung von Hofdüngern und Co-Substraten sind in die Jahre gekommen und müssen saniert werden. Im Zuge dieser Arbeiten wird eine komplett neue, innovative Beschickungs- und Substratvorbehandlungsanlage gebaut. Neben der Erneuerung der mechanischen Vorbehandlungsstufe und der Hygienisierung (Abb. 2) werden neu zwei anaerobe, (hyper)thermophile Hydrolysebehälter (Abb. 3) als erste Stufe einer zweistufigen Vergärung integriert (Abb. 1).

Projektziel:

Im Hauptfokus der Anlagenerneuerung steht die Sicherung der mechanischen Leistungsfähigkeit und des hydraulischen Betriebs der Anlage sowie die ausreichende substrat- und produktseitige Lagerkapazität. Aus prozesstechnischer und mikrobiologischer Sicht verspricht die neue Anlagenkonfiguration eine stabilere Prozessführung insbesondere in der thermophilen Fermentation und eine konstantere, allenfalls erhöhte Biogasproduktion (Abb. 4). Um die positiven Effekte der zweistufigen Vergärung nachzuweisen und zur optimierten Einstellung der Vorbehandlungs- und Abbauprozesse ist eine systematische Beschreibung und Analyse der einzelnen Vorbehandlungseffekte und Fermentationsstufen notwendig.

Vorgehensweise/Methodik:

In einem ersten Schritt werden relevante Prozessparameter eruiert, um daraus die optimale Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR-Grössen) der zweistufigen Vergärung in Kombination mit der Hygienisierung abzuleiten. Der Stand der Technik und der bisherige Wissensstand der thermophilen, anaeroben Hydrolyse sowie der Einfluss der Hygienisierung wird erarbeitet.

Nach der Inbetriebnahme der neuen Anlage erfolgt eine Betriebsoptimierung. Mittels einer intensiven und wissenschaftlich begleiteten Optimierungs- und Demonstrationsphase mit mehreren Messkampagnen werden die entscheidenden Betriebsparameter und unterschiedliche Substratmischungen hinsichtlich eines energetisch und prozesstechnisch optimierten Anlagenbetriebs analysiert und ausgewertet.

Ergebnisse:

Die Bauarbeiten zur Erstellung der Vorbehandlungsstufe sind fortgeschritten. Die Inbetriebnahme der zweistufigen Vergärung ist auf den Herbst 2019 geplant. Mehrere Messkampagnen sollen sich nach der Einstellung eines konstanten Betriebs über einen Zeithorizont von mehr als 12 Monate erstrecken.

Im Rahmen dieser Begleitstudie werden folgende Resultate und Empfehlungen angestrebt:

- ❖ Hinweise und Strategien der optimalen Inbetriebnahme der zweistufigen Vergärung werden erarbeitet.
- ❖ Als Resultat mehrerer Messkampagnen werden die relevanten Betriebsparameter und MSR-Grössen wie beispielsweise die Temperatur und Verweilzeit, der pH-Wert, FOS/TAC und Biogasproduktion und deren optimaler Range definiert.
- ❖ Die daraus abgeleiteten Prozessbedingungen sollen zu einem möglichst stabilen Vergärungsprozess und einer möglichst grossen Methanausbeute führen. Mit berücksichtigt wird dabei der Effekt der einzelnen Vorbehandlungsschritte auf unterschiedliche Substratkategorien und eine energetische Betrachtung der Vorbehandlungsschritte.

Grafiken/Fotos:

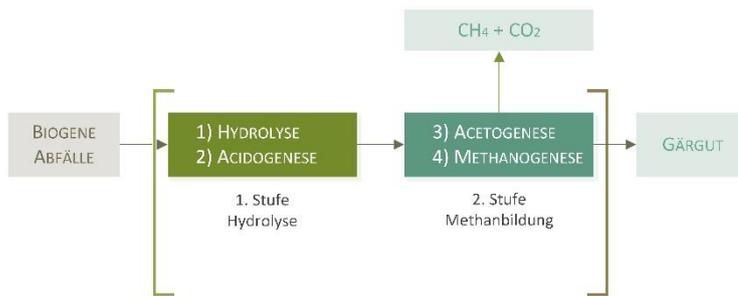


Abb. 1: Prinzip der anaeroben, zweistufigen Vergärung (Grafik: Judith Krautwald, zhaw)
Vorgeschaltete Hydrolysestufe: Verfahrensvariante zur biologischen Vorbehandlung von Substraten



Abb. 2:
Stand der Arbeiten: Zwei neue Tanks zur Hygienisierung sind gestellt (Foto: wigako).
Vorgeschaltete Hygienisierungsstufe: zur Pasteurisation hygienepflichtiger Abfälle bei >70°C, 1h



Abb. 3:
Fundament ist vorbereitet für zwei neue Hydrolyse-Tanks (Foto: wigako)
Zweistufige Vergärung: 1. Stufe zur anaeroben Hydrolyse von flüssigen Substraten

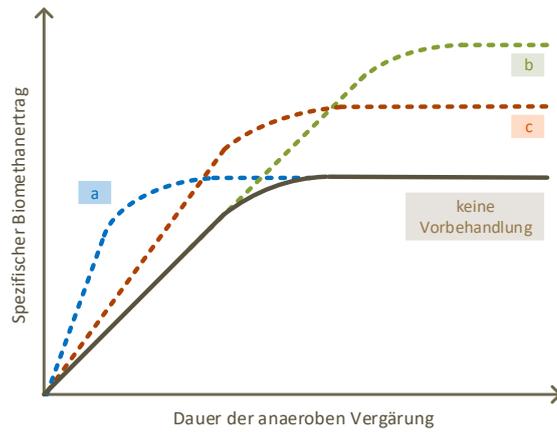


Abb. 4 : Positive Effekte der zweistufigen Vergärung: verringerte Dauer und erhöhter Abbaugrad
 (Grafik: Judith Krautwald, zhaw)

- a) Beschleunigung des anaeroben Abbaus → verringerte Dauer;
- b) Erhöhung des Biomethanertrags → erhöhter Abbaugrad;
- c) Erhöhung des Biomethanertrags bei beschleunigtem Abbau.

Projekttitle: Biologische Methanisierungsanlage Zuchwil

Autor: Andrew Lochbrunner, Projektleiter STORE&GO WP3, Regio Energie Solothurn

Institutionen:

- Regio Energie Solothurn
- Electrochaea GmbH, München für die Lieferung der Methanisierungs-Einheit
- Hochschule für Technik Rapperswil
- SVGW – Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches
- EMPA – Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
- EPFL – Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

Ausgangslage:

Die Regio Energie Solothurn beteiligt sich im Rahmen am EU Horizon 2020 Projekt STORE&GO (www.storeandgo.info).

Bei der Anlage handelt es sich um eine Weiterentwicklung einer in Avedor, Dänemark, betriebenen Anlage. Die Weiterentwicklung basiert hier hauptsächlich auf der verbesserten Automatisierung.

- Gesamtprojektbudget: 28 Millionen Euro
- Dauer: 4 Jahre
- 27 Forschungspartner
- 6 Länder
- 3 unterschiedliche Methanisierungs-Technologien an 3 Standorten
- Budget Standort Solothurn ca. 6 Mio. Euro
- Anteil Regio Energie durch das SBFJ subventioniert
- Die Anlage der Regionenergie ist die einzige mit einer biologischen Methanisierung

Technische Daten:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| • Betriebstemperatur | 62° C |
| • Reaktorvolumen | 3.5 m ³ |
| • Erneuerbare Gasproduktion | 30 Nm ³ /h (325 kW) |
| • Wasserstoffverbrauch | 120 Nm ³ /h (425 kW) |
| • Kohlenstoffdioxid | 30 Nm ³ /h |
| • Abwärme | 100 kW |

Projektziel:

Im Zentrum der Forschung steht die Herstellung erneuerbarer Gase über den Schritt der Methanisierung und die Speicherung in einem industriellen Umfang, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen. Berücksichtigt werden neben technologischen auch ökonomische und rechtliche Fragen.

- Erreichung eines Methangehalts von 96% bei der Einspeisung
- Erreichung der maximalen Einspeisemenge von 30 Nm³/h SNG

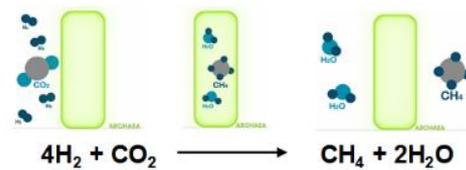
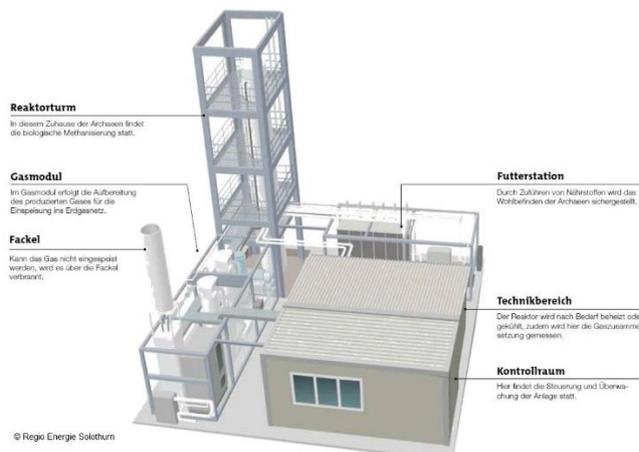
Vorgehensweise/Methodik:

- Durchführung eines 500 h Dauerbetriebs
- Bestimmung des Anlagenwirkungsgrads
- Bestimmung der Betriebskosten
- Bestimmung der erforderlichen Betriebsmittel
- Bestimmung der Anlaufzeit vom Standby bis zur Einspeisung
- Bestimmung des Teillastverhaltens

Ergebnisse:

Die Anlage befindet sich momentan in der finalen Inbetriebsetzungsphase. Die grösste Herausforderung bereitet momentan die Fertigstellung der Steuerung. Ergebnisse über den Betrieb liegen aktuell nicht vor.

Grafiken/Fotos:



Quelle: Elektrotop

Abb. 1: Anlagensetup

Abb. 2: Umwandlungsprozess



Abb. 3: Reaktorturm (links), Gasskid mit Fackel (rechts)



Abb. 4: Prozesskühler, Flüssigkeitsskid und Reaktorturm

Referenzen:

<https://storeandgo.info/downloads/>

Projekttitle: High Efficiency Power-to-Methane Pilot (HEPP)

Autoren: Prof. Dr. Markus Friedl, Luiz de Sousa, Luca Schmidlin, Christoph Steiner, Justin Lydement

Institutionen: HSR Hochschule für Technik Rapperswil, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Zürcher Hochschule der Angewandten Wissenschaften (ZHAW), Europäische Union, Forschungsfond der Schweizer Gasindustrie (FOGA), Bundesamt für Energie (BFE), Bundesamt für Umwelt (BAFU), Innosuisse, Swiss Competence Center for Energy Research Heat and Electricity Storage (SCCER HaE), Stadt Rapperswil-Jona, Audi, Apex AG, Mems AG, Chemical Process Engineering (CPE), Emerson, Swagelok, Energie Zürichsee Linth AG, Erdgas Obersee – Linth Transport AG, Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil (EWJR), Energie 360°, Sankt Galler Stadtwerke (sgsw), Erdgas Regio, Hitachi Zosen Inova, GasDirekt

**Ausgangslage:**

Power-to-Methan ist eine marktreife Technologie und erlaubt es, aus erneuerbarem Strom Methan zu produzieren mit einem Wirkungsgrad von ca. 50 %.

Projektziel:

Es ist das Ziel des Projektes, mit neuen Technologien die Effizienz von Power-to-Methan auf 70 % zu steigern sowie die Wirtschaftlichkeit von Power-to-Methan Anlagen zu erhöhen.

Vorgehensweise/Methodik:

Es wird eine Pilotanlage im kleinen Massstab gebaut, die alle Merkmale und Komponenten einer grossen Power-to-Methan Anlage aufweist. So speist sie eine Methantankstelle, ist mit dem Erdgasnetz verbunden und kann das CO₂ der Atmosphäre entnehmen. Um die Ziele zu erreichen, werden in dieser Anlage neue Technologien verwendet: Hochtemperatur-Elektrolyse (SOEC), Membrantechnologie zur Gasreinigung, neue Methanisierungs-Verfahren sowie neue Low-Cost Sensorik. Diese Technologien werden mit einem neuen Wärmemanagement zu einem Gesamtsystem kombiniert.

Ergebnisse:

Die Anlage wurde im Oktober 2018 eingeweiht und befindet sich zum Zeitpunkt des Schreibens dieser Zusammenfassung im März 2019 in der Inbetriebnahme. Die Firma MEMS AG kann aufgrund der in diesem Projekt durchgeführten Tests bereits eine Sensorik für Power-to-Methan Anlagen auf dem Markt anbieten. Die verbesserte Effizienz soll im Verlauf des Sommers gezeigt werden können.

Grafiken/Fotos:

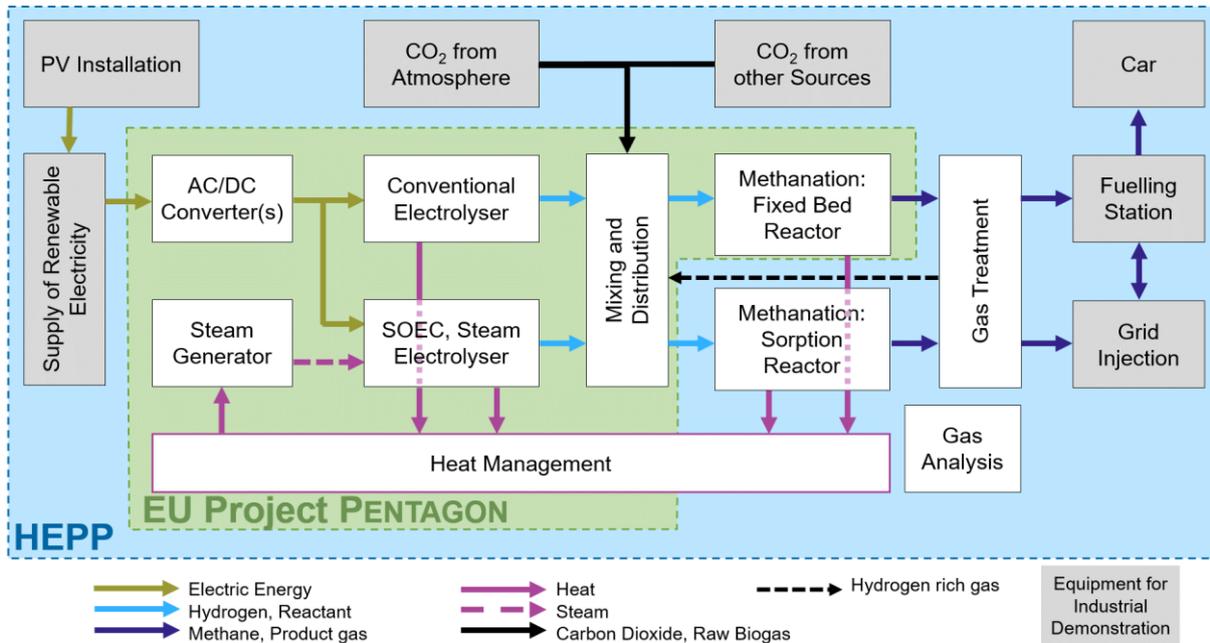


Abb. 1: Schema der Anlage



Abb. 2: Zustand der Anlage im Oktober 2018

Referenzen:

Wang, L., Miana, A., C.R. de Sousac, L., Diethelm, S., Van herle, J., Maréchal, F. "Integrated System Design of a Small-scale Power-to-Methane Demonstrator", Chemical Engineering Transactions, Vol. 61, 2017

Themenblock 3:

Energie und Klima – themenübergreifende Fragen

Projekttitle: Emissionen von Lachgas und Methan aus Recyclingdüngern im Feld**Autorin:** Norah Efosa**Institutionen:** FiBL Forschungsinstitut für biologischen Landbau; ETH Zürich (Sustainable Agroecosystems)**Ausgangslage:**

Überschüssiger Stickstoff aus der Düngung im Pflanzenbau verbleibt nur zu einem geringen Teil im Boden. Stickstoff, der als Nitrat ausgewaschen wird oder durch unvollständige Denitrifizierung als Lachgas oder durch Ammoniakverflüchtigung verloren geht, gefährdet die Umwelt durch Eutrophierung und Verstärkung des Klimawandels. Recyclingdünger wie Biogasgülle, Gärgut und Presswasser ermöglichen zugleich die Produktion von Energie, die Verwertung organischer Abfälle und das Schliessen der Stickstoffkreisläufe. Um die Anwendung von Recyclingdüngern unter anderem im Biolandbau optimal zu gestalten, sind wissenschaftliche Studien über die Auswirkungen der Dünger auf die Umwelt nötig. Im Projekt «GHG-Recycle4Bio» werden in der Schweiz erstmalig die Klimawirkung von Recyclingdüngern und Möglichkeiten zur Minderung der Treibhausgasemissionen in einem mehrjährigen Feldversuch erforscht.

Projektziel:

- Erforschung der Klimawirkung von Recyclingdüngern durch Quantifizierung der potenten Treibhausgase Lachgas und Methan in einer 2.5-jährigen Feldstudie.
- Schlüsselfaktoren, welche die Emissionen von Lachgas steuern, identifizieren, um angepasste Managementstrategien vorzuschlagen.

Vorgehensweise/Methodik:

Auf ihre Klimawirkung untersucht werden drei Recyclingdüngerverfahren: (1) Biogasgülle aus einer landwirtschaftlichen Biogasanlage, (2) Biogasgülle vermengt mit Pflanzenkohle und (3) flüssiges Gärgut aus einer industriellen Biogasanlage. Zum Vergleich werden Rindergülle und zwei Kontrollen, ungedüngt und mineralisch gedüngt, untersucht. Pro Jahr und Hektar werden 140 kg Stickstoff verteilt auf zwei Ausbringungen gegeben. Die Fruchtfolge ist bisher festgelegt als Silomais (2018), Winterweizen (2018/19), Gelbsenf (Zwischenfrucht 2019) und Wintergerste (2019/20). Die Emissionen von Lachgas und Methan werden mit 48 statisch-geschlossenen Kammern mindestens alle zwei Wochen und mit erhöhter Frequenz nach Düngerausbringungen, Kulturmassnahmen und besonderen Wetterereignissen, insbesondere Regenfällen nach längerer Trockenheit, gemessen. Begleitend zu den Gasprobennahmen werden Bodenproben (0-20 cm) entnommen, um den Verlauf des mineralischen Stickstoffs im Boden zu verfolgen und mit den Lachgasdaten in Verbindung zu setzen.

Ergebnisse:

Während der Silomaiskultur 2018 wurden bisher keine einheitlichen Verfahrensunterschiede in der Emission von Lachgas festgestellt (Abb. 1). Nach der ersten Düngergabe anfangs Mai wurde kein direkter Anstieg der Lachgasemissionen beobachtet. Dies ist vermutlich durch den sehr geringen Feuchtegrad des Bodens in diesem Zeitraum begründet. Bei der zweiten Düngergabe anfangs Juni folgte wenige Tage nach der Ausbringung nach langer Trockenheit ein Niederschlag. In Folge wurden im Vergleich zu den flüssigen Düngern, welche sich untereinander nicht eindeutig unterschieden, im mineralischen Verfahren etwa doppelt so hohe und in der ungedüngten Kontrolle um ein Drittel geringere Lachgasemissionen gemessen. Kulturmassnahmen, insbesondere Striegeln in Kombination mit einem Niederschlag lösen im Boden Prozesse der Mineralisierung und Mobilisierung von Nährstoffen aus und führten zu erhöhten Lachgasemissionen in allen Verfahren.

Der Gehalt des mineralischen Stickstoffs im Boden stieg nach beiden Düngergaben an (Abb. 2). Im mineralisch gedüngten Verfahren wurden die höchsten und in der ungedüngten Kontrolle die niedrigsten Werte für mineralischen Stickstoff gemessen.

Recyclingdünger und Rindergülle liegen zwischen den Kontrollverfahren. Tendenziell weist das mit Rindergülle gedüngte Verfahren nach der zweiten Düngerausbringung etwas niedrigere Werte für mineralischen Stickstoff auf, als die Recyclingdüngerverfahren.

Grafiken/Fotos:



Treibhausgasmessungen
(Foto: FiBL, 2018)

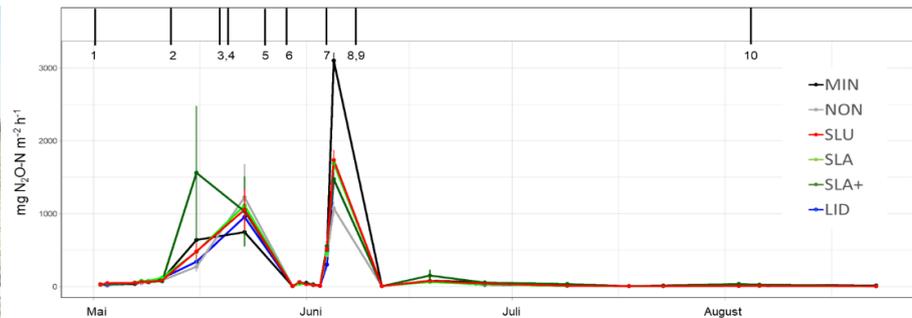


Abb.1: Lachgasemissionen (n=8) während der Silomaiskultur 2018 für die Düngerverfahren: Rindergülle (SLU), Biogasgülle (SLA), Biogasgülle und Pflanzenkohle (SLA Biochar) und Presswasser (LID) sowie die Kontrollverfahren: mineralisch gedüngt (MIN), ungedüngt (NON). Fehlerbalken zeigen den Standardfehler an. Kulturmassnahmen und Ereignisse wie folgt: 1-Düngergabe (04.05.2018, 70 kg N ha⁻¹), 2-Striegel, 3-Striegel, 4-Niederschlag > 10 mm, 5-Striegel, 6-Düngergabe (29.05.2018, 70 kg N ha⁻¹), 7-Niederschlag > 10 mm, 8-8&9-Hacke, 10-Bewässerung (540 m³ ha⁻¹).

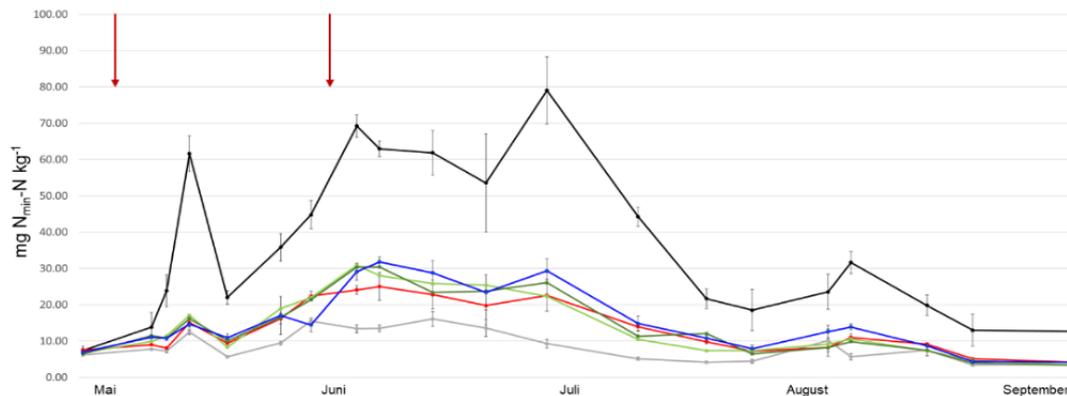


Abb.2: Verlauf des mineralischen Stickstoffs (n = 4) im Boden (0-20 cm) in den Düngerverfahren: Rindergülle (SLU), Biogasgülle (SLA), Biogasgülle und Pflanzenkohle (SLA Biochar) und Presswasser (LID) sowie in den Kontrollverfahren: mineralisch gedüngt (MIN), ungedüngt (NON). Durch rote Pfeile gekennzeichnet sind beide Düngergaben im Silomais 2018 (04.05.2018 und 29.05.2018, je 70 kg N ha⁻¹).

Referenzen:

Eickenscheidt, T., Freibauer, A., Heinichen, J., Augustin, J., and Drösler, M.: Short-term effects of biogas digestate and cattle slurry application on greenhouse gas emissions affected by N availability from grasslands on drained fen peatlands and associated organic soils, *Biogeosciences*, 11, 6187-6207.

Hüppli, R., Felber, R., Neftel, A., Six, J., and Leifeld, J.: Effect of biochar and liming on soil nitrous oxide emissions from a temperate maize cropping system, *SOIL*, 1, 707-717, doi:10.5194/soil-1-707-2015, 2015.

Projekttitle: Bewertung und Reduktion von Methanemissionen landwirtschaftlicher Biogasanlagen**Autoren:** Scharfy, Deborah; Anspach, Victor**Institution:** Genossenschaft Ökostrom Schweiz**Ausgangslage:**

Landwirtschaftliche Biogasanlagen produzieren aus Hofdüngern, Rest- und Abfallstoffen Biogas, welches zur Produktion von Strom und Wärme genutzt oder aufbereitet in das Gasnetz eingespeist wird. Durch die Reduktion von Methanemissionen aus der Lagerung von Hofdüngern und der Produktion erneuerbarer Energien leisten landwirtschaftliche Biogasanlagen einen hohen Klimaschutzbeitrag. An den Anlagen kann es jedoch zu Methanverlusten bspw. durch Leckagen kommen. Die Minimierung von Methanverlusten ist daher ein wichtiges Ziel für alle Anlagenbetreiber und Ausgangspunkt für das Projekt EvEmBi.

Projektziel:

Im Projekt EvEmBi (= Evaluation and reduction of methane emissions from different European biogas plants) arbeiten verschiedene Fachinstitutionen aus den Ländern Deutschland, Österreich, Schweden, Dänemark und der Schweiz zusammen. Hauptziel des Projektes von 2018-2021 ist die quantitative Erfassung von Methanemissionen verschiedener Biogasanlagentypen in den Sektoren Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kläranlagen. Mit den Messergebnissen werden Emissionsfaktoren für nationale Treibhausgasinventare bestimmt und Emissionsminderungsmassnahmen abgeleitet und getestet, damit Biogasanlagenbetreiber ihre Effizienz erhöhen können.

Vorgehensweise/Methodik:

Gesamthaft werden im Projekt die Methanemissionen von 31 Biogasanlagen mittels Fernmessungen und on-site Messungen bestimmt. In der Schweiz werden drei landwirtschaftliche Biogasanlagen als Einheit mehrmals mit methansensitiven Lasern (Fernmessmethodik) vermessen und die Einzelkomponenten der Biogasanlagen werden direkt (On-site Methodik) auf Methandichtigkeit vermessen. Die drei Schweizer Anlagen unterscheiden sich in ihrer Grösse mit 120 kW_{el} bis 440 kW_{el}.

Ergebnisse:

Die erste Messkampagne fand 2018 statt. Alle drei Anlagen wurden mit den beiden Methoden vermessen. Die Fernmessung fand jeweils über einen längeren Zeitraum, zwischen 4 und 8 Wochen statt. Neben den Methanmessungen wurden zusätzliche Parameter für die Interpretation der Messungen per Interview und Datensammlung erhoben. Die Messergebnisse der on-site Messungen waren in vergleichbarem Rahmen wie bisher durchgeführte Kontrollen für diese Anlagen. Eine Modellierung der Methanemissionen mittels Fernmessungen war aufgrund von Modellrestriktionen und Windverhältnissen nur für einen Bruchteil an Intervallen der Messdauer möglich. Eine Interpretation der Ergebnisse wird nach der zweiten Messkampagne vorgenommen.

Grafiken/Fotos:



NOTIZEN:

NOTIZEN: