

MEHR ENERGIE AUS RINDERGÜLLE

Die Gülle, die ein Rind pro Jahr produziert, enthält eine Energiemenge, die rein rechnerisch dem Strombedarf eines Vier-Personen-Haushalts entspricht. In Rindergülle steckt somit ein grosses Energiepotenzial. Allerdings wird dieses Potenzial in Schweizer Biogasanlagen erst zu einem geringen Teil und zudem mit einer relativ schlechten Effizienz genutzt. Eine Untersuchung im Auftrag des BFE zeigt nun: Wird die Gülle vor der Vergärung in Dünngülle und Feststoffe separiert, und werden letztere dann in geeigneter Weise vorbehandelt, lässt sich der Biogas-Ertrag markant erhöhen.

Biomasse könnte zur Energieversorgung der Schweiz einen wesentlich grösseren Beitrag leisten, als sie es bisher tut. Der bedeutendste Energieträger im Bereich Biomasse ist Holz, gefolgt von Hofdünger. In der pro Jahr landesweit anfallenden Rindergülle stecken gemäss Expertenschätzungen rund acht Terrawattstunden (TWh) Energie. Das entspricht rein rechnerisch einem signifikanten Anteil des Schweizer Stromverbrauchs. Dieses Potenzial wird bisher erst zu einem geringen Teil genutzt. In rund 100 Biogas-Anlagen entsteht aus der



Rohgülle kann mit einer Siebpressschnecke in Dünngülle und Feststoffe (Foto) separiert werden. Siebpressschnecken haben einen geringen Energiebedarf und können als mobile Anlagen überbetrieblich eingesetzt werden. Foto: LEVER-Schlussbericht

Rindergülle Biomethan, das anschliessend zur Produktion von Strom und Wärme genutzt wird. Dabei wird die Gülle in den Anlagen nicht allein vergoren, sondern gemeinsam mit Co-Substraten wie Fetten (aus der Gastronomie), Glycerin (aus der Industrie) oder Grüngut (aus Haushalten). Die Beimischung von Co-Substraten ist erforderlich, damit genügend Material zusammenkommt, um eine Biogasanlage wirtschaftlich betreiben zu können.

Nun wäre grundsätzlich genügend Gülle vorhanden, um Biogasanlagen allein mit Gülle zu betreiben. Für eine derartige Anlage müssten etwa zehn grosse Bauernhöfe mit insgesamt 1000 Rindern (Grossvieheinheiten/GVE) zusammenspannen. Damit kämen jene gut 20 000 t Rindergülle im Jahr zusammen, mit denen sich eine Biogasanlage rentabel betreiben liesse. Dass solche Anlagen bisher nur in Ausnahmefällen gebaut wurden, hat zwei Gründe: Zu gross der Aufwand, um die Gülle von verschiedenen Höfen zu einer Biogasanlage zu transportieren, dort zu vergären, und die Gärreste anschliessend wieder zurück zu den einzelnen Höfen zu bringen. Zudem kann aus Rindergülle mit den heute eingesetzten Technologien nur relativ wenig Biomethan gewonnen werden, was durch die Beimischung energiereicher Co-Substrate kompensiert wird.

Dünngülle und Feststoffe separieren

So liegt bei Rindergülle ein grosses energetisches Potenzial brach. «Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung muss die Schweiz alle verfügbaren Potenziale nutzen, auch wenn Strom aus Biogas mit Gestehungskosten von 42 Rp./kWh heute relativ teuer ist», sagt Jean-Louis Hersener. Hersener ist ausgebildeter Agronom ETH und Agrarumwelt-Ingenieur und betreibt in Wiesendangen (ZH) seit 20 Jahren ein Beratungsbüro mit Fokus Bioenergie. Im Forschungsprojekt LEVER (siehe Textbox S. 3) hat der Biogas-Experte nun untersucht, wie die Methan-Gewinnung durch Vorbehandlung der Gülle verbessert werden kann. Am Projekt waren die Fachstelle Umweltbiotechnologie der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), die Berner Fachhochschule (Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften/HAFL) sowie die Beratungs- und Technologiefirmen MERITEC GmbH, Methanofix GmbH und COMET AG beteiligt. Das Vorhaben wurde vom Bundesamt für Energie finanziell unterstützt.

Die grossflächige Nutzung von Rindergülle zur Energiegewinnung wollen die beteiligten Forscher durch eine schon länger bekannte Idee erreichen, die sich bisher nicht durchgesetzt



Rohgülle ist eine Mischung aus Kot, Urin, Wasser, Futterresten und Einstreumaterial (links). Werden mit einem Separator die Feststoffe abgetrennt, bleibt Dünngülle übrig (rechts). Foto: LEVER-Schlussbericht

hat, deren Anwendung dank technischer Innovationen aber zunehmend realistischer wird. Die Grundidee: Die Rindergülle wird vor der Vergärung mit einer Siebpressschnecke in Dünngülle (flüssige Bestandteile) und Feststoffe (Futterresten und Einstreumaterial) separiert. Das schafft die Basis für eine neue, effizientere Biogas-Gewinnung, wie Jean-Louis Hersener ausführt: «Die Dünngülle wird auf dem eigenen Hof in einer Biogasanlage verstromt oder als Flüssigdünger genutzt, die Feststoffe hingegen werden in eine zentrale Anlage gebracht, dort vergärt und das erzeugte Biomethan verstromt.» Das Separieren der Rohgülle bedeutet zwar einen zusätzlichen Aufwand. Dieser wird aber durch die Vorteile, die mit einer getrennten Verarbeitung von Dünngülle und Feststoffen erzielt werden, kompensiert.

30% höherer Methanertrag aus Feststoffen

Die Vorteile zeigen sich insbesondere bei der Vergärung von Feststoffen. Feststoffe fallen bei der heute üblichen, artgerechten Tierhaltung in grösserer Menge an. Sie machen in der Rohgülle gewichtsmässig zwar nur etwa 15% aus, enthalten aber rund die Hälfte des Heizwerts. Die Feststoffe weisen einen hohen Anteil an schwer aufschliessbaren Biomolekülen auf, die in herkömmlichen Biogasanlagen nur sehr langsam vergären und daher in der Regel für die Energieproduktion kaum genutzt werden. Werden die Feststoffe separiert, können sie nun einer Vorbehandlung zugeführt werden, die dafür sorgt, dass die Feststoffe bei der Vergärung in der Biogasanlage leichter aufgeschlossen werden und das energetische Potenzial so optimal genutzt werden kann.

Im Rahmen des LEVER-Forschungsprojekts haben die beteiligten Wissenschaftler im Labor fünf Verfahren zur Vorbehandlung von Güllefeststoffen untersucht (vgl. Textbox unten). Sie konnten dabei zeigen, dass durch die Verbindung einer thermo-chemischen Methode (Dampfexplosions-Verfahren) mit einem biochemischen Verfahren (enzymatische Hydrolyse) die Feststoffe so vorbehandelt werden können, dass sich der

Methan-Ertrag bei der anschliessenden Vergärung um rund 30% steigern lässt (vgl. Textbox S. 4).

Separierung schafft Effizienz

Das ist allerdings nur eine Verbesserung, die sich durch die Separierung von Rohgülle in flüssige und feste Bestandteile erzielen lässt. Denn die Weiterverarbeitung der Dünngülle

VERSCHIEDENE VERFAHREN DER VORBEHANDLUNG

Dünngülle ist biologisch leichter abbaubar als die Rohgülle. Daher liegt es nahe, die Rohgülle vor der Vergärung in Dünngülle und Feststoffe zu separieren. Dank dieser Auftrennung können die Feststoffe dann vor der Vergärung vorbehandelt werden. Diese Vorbehandlung hat das Ziel, die in den Feststoffen stark vertretenen Fasern (Lignin, Hemicellulose, Cellulose) aus komplexen und schwer abbaubaren Biomolekülen so zu verändern, dass die Bakterien diese Stoffe anschliessend leichter zersetzen und dadurch eine höhere Gasproduktion ermöglichen.

Im BFE-Forschungsprojekt «Leistungssteigerung der Vergärung von Rindergülle zu Biogas durch innovative Vorbehandlung und neue Reaktorsysteme» (LEVER) wurden verschiedene Vorbehandlungs-Verfahren im Labor auf ihre Tauglichkeit hin untersucht:

Physikalisch-mechanisches Verfahren: Zerkleinern und Trocknen bzw. Gefriertrocknen der Feststoffe.

Fazit: Für eine Vorbehandlung ungeeignet, da schwer abbaubare Nebenprodukte entstehen und der Methanertrag mitunter sogar geschmälert wird.

Elektro-physikalisches Verfahren: Behandlung getrockneter bzw. frischer Feststoffe mit Elektronenstrahlung. Bei diesem aus verschiedenen industriellen Anwendungen bekannten Verfahren treffen beschleunigte Elektronen auf die komplexen Biomoleküle und spalten sie – vereinfacht ausgedrückt – in leichter abbaubare Teile.

Fazit: Für eine Bewertung sind vertiefte Studien erforderlich.

Thermo-chemisches Verfahren: Behandlung der Feststoffe mittels Dampfexplosion („Steam explosion“). Hierbei werden die Feststoffe in einem Reaktor erhöhter Temperatur (160 - 170 °C) und hohem Druck ausgesetzt und der Druck dann rasch entspannt; dies bewirkt einen Aufschluss der Pflanzenfasern bzw. der darin enthaltenen Moleküle (Biopolymere). Das Verfahren zur Dampfexplosion wurde schon früher im Zusammenhang mit der Herstellung von Biotreibstoffen (Bioethanol aus Stroh) erforscht.

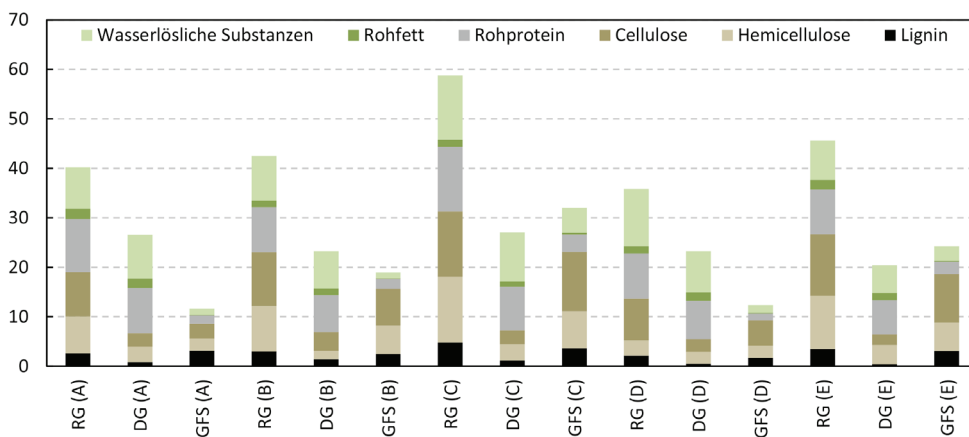
Fazit: Das Verfahren führt zu einem Methan-Mehrertrag von rund 10%. Wird das Verfahren um eine enzymatische Hydrolyse ergänzt, resultiert ein zusätzlicher Mehrertrag von 20%, insgesamt also um 30%. «Die Laborversuche haben das grundsätzliche Potential aufgezeigt. Welche Prozessmethode den effizientesten Aufschluss erwirkt ist noch offen. (...) Die Vorbehandlung von Feststoffen mit Dampfhitze ist eine erfolgversprechende Methode, die genauer verfolgt werden sollte», heisst es im LEVER-Schlussbericht.

Biochemisches Verfahren: Behandlung von frischen und behandelten Feststoffen mit verschiedenen Enzymen.

Fazit: Die alleinige Anwendung von Enzymen zur Vorbehandlung von Feststoffen hat kaum Einfluss auf den Methanertrag. Positive Auswirkungen können bei der Kombination mit anderen Vorbehandlungen (z.B. der Dampfexplosion) resultieren (s.o.).

Mikrobiologische Verfahren: Vorbehandlung durch aerobe Pilze, die zum Beispiel im Wald totes Holz verfaulen lassen. Ferner die Silierung von Feststoffen mit Milchsäurebakterien, wie sie bei der Konservierung von Tierfutter zum Einsatz kommt.

Fazit: Aerobe Pilzkulturen steigern den Methanertrag um rund 10%. Ob Silierung positiv auf den Aufschluss von Feststoffen wirkt, könnte nur mit vertieften Untersuchungen gezeigt werden. BV



Die Grafik zeigt die Inhaltsstoffe von Gülleproben (in kg pro t Rohgülle) aus fünf Ostschweizer Landwirtschaftsbetrieben (A, B, C, D, E), welche alle die anfallende Rohgülle (RG) heute schon in Dünngülle (DG) und Feststoffe (GFS) separieren, weil sich die Dünngülle leichter ausbringen lässt und die Feststoffe als Einstreu für die Liegeboxen der Kühe genutzt werden können. Die Dünngülle enthält hauptsächlich leicht abbaubare Stoffe (wasserlösliche Substanzen, Rohfett, Rohprotein), während Feststoffe vor allem aus mikrobiologisch schwer abbaubaren Stoffen bestehen (Cellulose, Hemicellulose, Lignin).
Grafik: LEVER-Schlussbericht 2016

hat ihrerseits Vorzüge, ist das Team um Jean-Louis Hersener überzeugt. Ein Teil der Landwirte (ohne Biogasanlagen) ist bereits dazu übergegangen, ihre Gülle zu separieren, weil sie die Dünngülle mit dem Schleppschlauchverteiler ohne Verstopfungsgefahr und ohne Mahdbildung ausbringen können, womit die Gülle besser in den Boden eindringt und die Pflanzen weniger verschmutzt. Wird Dünngülle zur Methan-Produktion genutzt, ist dies ebenfalls vorteilhaft. Dank der Membran-Bio-Reaktor-Technologie (MBR), die in den letzten Jahren entwickelt wurde, deren Wirtschaftlichkeit

aufgrund der tiefen Energiepreise aber noch nicht erreicht wird, kann der Methan-Ertrag aus Dünngülle nämlich gut und gern verdoppelt werden.

Die Separierung ermöglicht also einen Energie-Mehrertrag sowohl bei der Dünngülle als auch bei den Feststoffen. Um es am Beispiel einer einzelnen Kuh anschaulich zu machen: Von den 5500 kWh Energie, die in der Jahresproduktion Gülle einer Kuh stecken, wird in einer herkömmlichen Biogasanlage Methan mit einem Energiewert von 2500 kWh ge-

ENERGIE DER RINDERGÜLLE OPTIMAL NUTZEN

Eine Kuh produziert pro Jahr rund 22 t reine Gülle mit einem Energieinhalt (Heizwert) von 5500 kWh. Wird diese Gülle in einer herkömmlichen Biogasanlage mit Rührkessel vergoren, kann Biomethan von 2500 kWh gewonnen werden, was einem Wirkungsgrad von 45% entspricht. Wird dieses Biomethan bei einem üblichen Wirkungsgrad (40%) verstromt, resultiert ein Stromertrag von 1000 kWh. Zum Vergleich: Ein Vier-Personen-Haushalt braucht pro Jahr rund 3000 bis 5000 kWh Strom.

Der Stromertrag aus Gülle kann durch die Separierung in Dünngülle und Feststoffe deutlich erhöht werden. In der Dünngülle und den Feststoffen steckt jeweils rund die Hälfte des Heizwerts, also je 2750 kWh. Aus der Dünngülle kann in einem modernen Membran-Bio-Reaktor (MBR) Biomethan mit 1700 kWh gewonnen werden, und aus den Feststoffen – nach den Erkenntnissen des jüngsten BFE-Forschungsprojekts – abermals 1600 kWh. Aus der Separierung und entsprechender Behandlung (MBR und Vorbehandlung der Feststoffe) resultieren also insgesamt 3300 kWh und nach der Verstromung 1300 kWh. Das sind 30% mehr in einer heute üblichen Biogasanlage.

Fasst man den gesamten Umwandlungsprozess von Gülle in Strom zusammen, ergibt sich folgendes Bild: Mit einer herkömmlichen Biogasanlage können rund 18% des in der Rohgülle enthaltenen Heizwerts in Strom umgewandelt werden, mit einer Anlage, die separierte Dünngülle und Feststoffe nach den modernsten Methoden verstromt, wären es knapp 24%. Würde die gesamte in der Schweiz jährlich anfallende Rindergülle mit diesem Wirkungsgrad für die Stromgewinnung genutzt, würde ein Ertrag von knapp zwei TWh erzielt, was 3.5% des gesamten schweizerischen Stromverbrauchs entspricht. BV



Güllefeststoffe unbehandelt (links) und nach einer Behandlung mit dem Dampfexplosions-Verfahren bei 150 °C und 15 Minuten Einwirkdauer (rechts). Foto: LEVER-Schlussbericht

wonnen. Wird hingegen die Gülle separiert, können aus der Dünggülle mit Membran-Bio-Reaktoren 1700 kWh und aus den Feststoffen in einem optimierten Verfahren mindestens 1600 kWh, zusammen also 3300 kWh gewonnen werden. Das entspricht einer Steigerung des Biomethan-Ertrags um rund 30% (vgl. Textbox S. 4).

Pilot- und Demonstrationsanlage in Planung

Die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt LEVER versprechen also markante Effizienzgewinne bei der Methan-Herstellung aus Rindergülle. Allerdings müssen die Forschungsergebnisse aus dem Labor («proof of concept») nun in einem Feldversuch bestätigt werden. Zu dem Zweck möchten die Forscher in den nächsten zwei Jahren eine Pilot- und Demonstrationsanlage mit bis zu 100 kW Leistung bauen und in Betrieb nehmen. Mit der Anlage soll der integrale Prozess mit Vorbehandlung, Vergärung, Nachbehandlung und Lagerung von Güllefeststoffen im technischen Massstab gezeigt werden.

- Den **Schlussbericht** zum Projekt finden Sie unter: <http://www.bfe.admin.ch/forschungbiomasse/02390/02720/03176/index.html?lang=de>
- Den Schlussbericht zum BFE-Projekt bezüglich **Membran-Bio-Reaktor**-Technologie finden Sie unter: http://www.bfe.admin.ch/forschungbiomasse/02390/02720/03176/index.html?lang=de&dossier_id=05852

- **Auskünfte** zu dem Projekt erteilt Dr. Sandra Hermle (sandra.hermle[at]bfe.admin.ch), Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Bioenergie.
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Bioenergie finden Sie unter www.bfe.admin.ch/CT/biomasse.