Nr. 1/2022

gazette
Energie und Technik

63. Jahrgang

Ökobilanzen von Biogas aus Gülle

Die Vergärung von Gülle und Mist zu Biogas kann einen wichtigen Beitrag zur Energieversorgung der Schweiz leisten. Zudem reduzieren sich bei der Gewinnung von Biogas die Klimaauswirkungen erheblich, wie die Studie «Stoffflüsse landwirtschaftliche Biogasproduktion und Ökobilanz» aufzeigt.

Ökobilanzen von Biogas aus Gülle
Ziel der Studie

Gülle ist ein wertvoller Ausgangsstoff zur Herstellung von Biogas. Im Vergleich zur direkten Ausbringung hat die Vergärung von Gülle zu Biogas eine Reduktion der Emissionen zur Folge. Im Rahmen einer Studie sollten die Vergärung der Gülle und die sich daraus ergebenden Ökobilanzen neu berechnet werden.

Die Vergärung von Gülle zu Biogas reduziert die Treibhausgasemissionen erheblich und hat des Weiteren eine bessere Stickstoffverfügbarkeit in der Gärgülle zur Folge. Dieser positive Aspekt ist mit höheren Ammoniakemissionen bei der Düngung verbunden.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurden die Veränderungen der Emissionen neu modelliert. Dazu wurden die neusten Studienergebnisse zu diesem Thema zusammengetragen und berücksichtigt. Auf dieser Basis wurden die Klima- wie auch die gesamten Umweltauswirkungen mit der Methode der Ökobilanzierung erfasst und bewertet.

Die nachfolgende Abbildung zeigt blau hinterlegt die einzelnen Prozessschritte, die für die Berechnung der Ökobilanz berücksichtigt wurden. Die konventionelle Ausbringung der Gülle (A) ist in der Studie die Referenz. Die Prozesse (B) beschreiben die Stoffflüsse zur Gewinnung des Biogases und Ausbringung des Gärgülle. Der Prozesse (C) umfasst nur die Gewinnung des Biogases durch Vergärung.

Titel der Studie
«Stoffflüsse landwirtschaftliche Biogasproduktion und Ökobilanz», Ausgabe: 8. März 2022

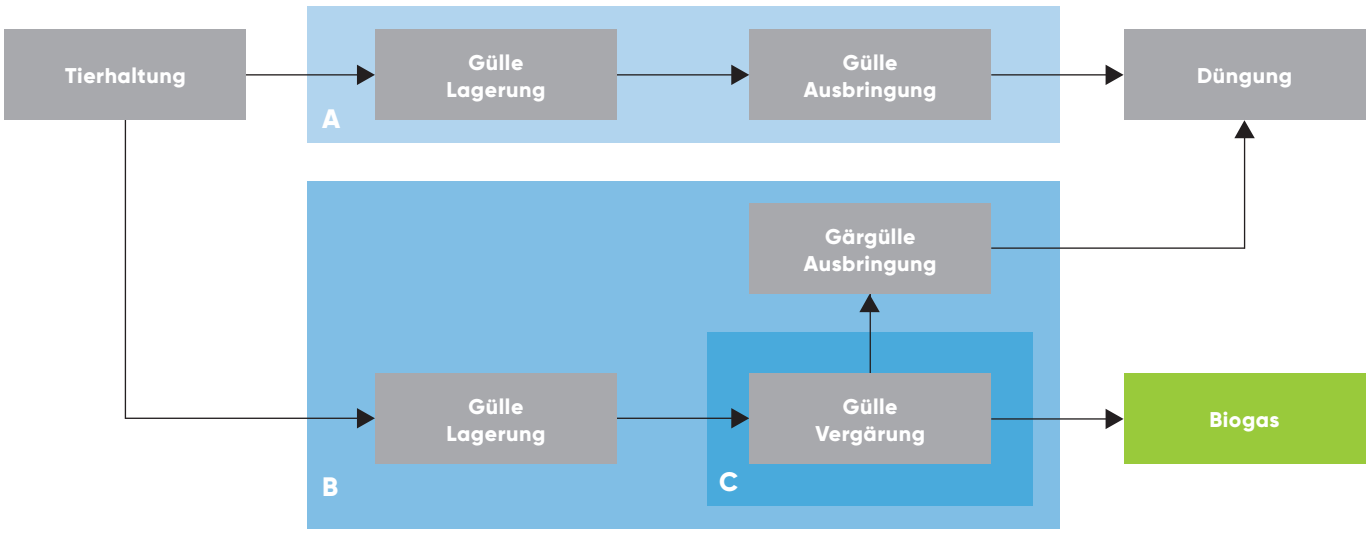
Ziel der Studie
Die Biogasproduktion aus Gülle soll neu modelliert werden und speziell der Nutzen der Biogasproduktion bei der Minderung von klimarelevanten Emissionen einfach verständlich dargestellt werden. Zudem sollen neue Datensätze für die ecoinvent- und die UVEK-Datenbank (ehem. KBOB) erstellt werden.

Auftraggeber
- Ökostrom Schweiz
- Forschungs-, Entwicklungs- und Förderungsfonds der Schweizerischen Gasindustrie (FOGA)

Auftragnehmer
Carbotech AG, 4052 Basel

Verfasser: Fredy Dinkel, Thomas Kägi

Übersicht Prozessschritte der Gülle zur Berechnung der Ökobilanzen



A = Konventionelle Ausbringung der Gülle (Referenzprozess)
B = Prozessschritte mit der Vergärung der Gülle zur Gewinnung von Biogas
C = Vergärung der Gülle

Glossar

Ammoniak (NH_3)
Ammoniak ist eine chemische Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff. Das farblose Gas ist giftig, hat einen stark ätzenden Geruch und ist kein Treibhausgas. Seine Emissionen führen aber zu bedeutenden Stickstoffeinträgen in Ökosysteme (Wälder, Moore, Gewässer), was zur Bodenversauerung, Überdüngung und damit zu einer Verschiebung der Artenzusammensetzung führt.

Ammoniakemissionen
Ammoniak entsteht in der Landwirtschaft durch Fäulnis von stickstoffhaltigen Verbindungen (Gülle, Mist).

Biogas
Biogas ist ein brennbares Gas, das durch Vergärung von Biomasse entsteht und hauptsächlich aus Methan (ca. 55 %) und Kohlendioxid (ca. 40 %) besteht. Es kann z. B. aus Klärschlamm, Grüngut, organischen Abfällen oder Hofdünger gewonnen werden.

Biomasse
Biomasse bezeichnet die gesamte durch Lebewesen anfallende organische Substanz. In der «Energieperspektive 2050+» wird der Begriff auf die energetisch nutzbare, rezente Biomasse beschränkt, also primär Abfälle und Reststoffe der Land- und Forstwirtschaft mit biologischem Ursprung (einschliesslich tierischer und pflanzlicher Stoffe).

Biomethan (CH_4)
Biomethan ist ein aufbereitetes Biogas, das der Gasbeschaffenheit von Erdgas entspricht (SVGW G18).

Gärgülle
Nebenprodukt der Biogasgewinnung, das wie Gülle zur Düngung eingesetzt wird. Es enthält alle Nährstoffe des Ausgangsmaterials und weist gegenüber unvergorener Gülle bessere Düngereigenschaften auf.

Lachgas (N_2O)
Lachgas (Distickstoffmonoxid) ist ein farbloses, klimarelevantes und nicht brennbares Gas, das eine 270-mal höhere Auswirkung auf das Klima hat als CO_2.

Lachgasemissionen
Lachgas entsteht u. a. beim Abbau von Stickstoffdüngern durch Mikroorganismen im Boden.

Methan (CH_4)
Methan ist ein farbloses, geruchloses, ungiftiges und brennbares Gas, dessen Auswirkung auf das Klima ca. 27-mal höher ist als diejenige von CO_2. Methan ist der Hauptbestandteil von Biomethan und Biogas.

Methanemissionen
Diese entstehen in der Landwirtschaft vor allem bei der Lagerung von Hofdünger.

Kohlenstoffdioxid-Äquivalente (CO_2-eq)
Die Angabe von Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten ist die gebräuchlichste Masseinheit zur Darstellung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase.

Treibhausgasemissionen (THG)
Die Treibhausgasemissionen quantifizieren die kumulierten Wirkungen verschiedener Treibhausgase bezogen auf die Leitsubstanz CO_2 in CO_2-eq. Die Treibhauswirkung der verschiedenen Gase wird auf Basis des Sachstandberichts des IPCC 2021 quantifiziert.

IPCC
Das «Intergovernmental Panel of Climate Change» (IPCC) ist ein Gremium der Vereinten Nationen, das wissenschaftliche Erkenntnisse zum Klimawandel zusammenträgt und bewertet.

MöK 2021 (UBP 2021)
Die Methode der ökologischen Knappheit (MöK) berücksichtigt ein breites Spektrum von Umweltbelastungen und fasst diese durch Vollaggregation in einer Kennzahl zusammen. Das Ergebnis sind Umweltbelastungspunkte (UBP). Zentrale Grösse der Methode sind die Ökofaktoren, welche die Umweltbelastung einer Schadstoffemission resp. Ressourcenentnahme in der Einheit UBP pro Mengeneinheit angeben. Der Ökofaktor eines Stoffs leitet sich aus der Gesetzgebung oder den entsprechenden politischen Zielen ab.

Ökobilanzen von Biogas aus Gülle
Tiefere Emissionen

Bei der Gewinnung von Biogas aus Gülle reduzieren sich sowohl die Klimaauswirkungen als auch die Umweltbelastungspunkte erheblich. Daher wäre es aus ökologischer und aus energetischer Sicht sehr nutzbringend, wenn möglichst viel der anfallenden Gülle in einer Vergärungsanlage verwertet würde. Das Potenzial ist gross, denn aus einem Kubikmeter Gülle lassen sich bis zu 30 m³ Biogas gewinnen.

Gegenüber der konventionellen Nutzung der Gülle mit der direkten Ausbringung bietet die Vergärung der Gülle zur Gewinnung von Biogas zwei wichtige Vorteile:

- Durch die stark verkürzte Lagerung der Gülle (in einem geschlossenen System) reduzieren sich die Emissionen von Methan, Ammoniak und Lachgas erheblich. Die bei der Vergärung der Gülle (Prozessschritt C) verursachten Emissionen haben keinen nennenswerten Einfluss auf das Gesamtergebnis (siehe Seite 5).

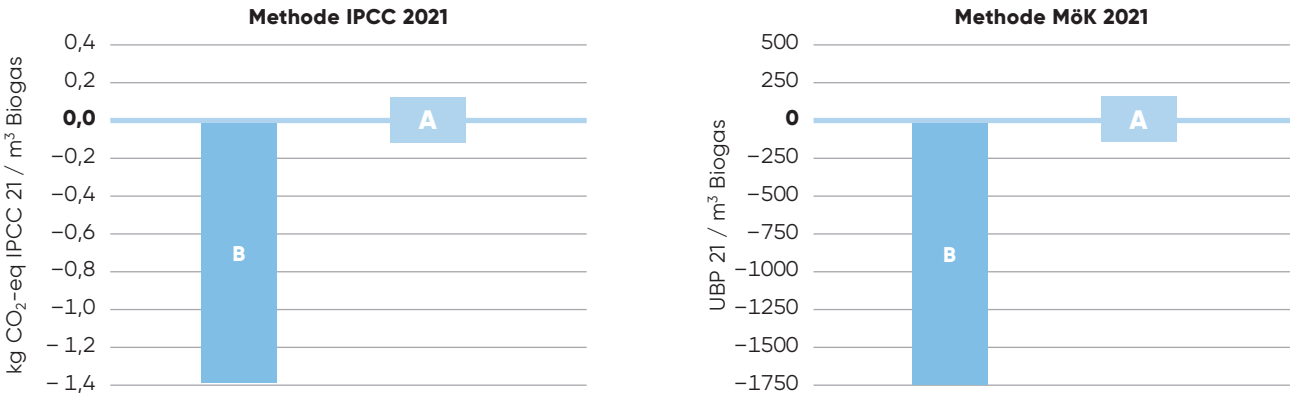
- Mit der Vergärung der Gülle zu Biogas lassen sich Methanemissionen um knapp 80 Prozent reduzieren (siehe Seite 5).

Die Ausbringung des Gärgülle ist aufgrund der besseren Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe zwar mit höheren Ammoniak- und Lachgasemissionen verbunden. Diese sind aber reduzierbar, indem das Gärgülle mittels Schleppschlauchverfahren ausgebracht wird – wie dies von den Biogasproduzenten seit langem gemacht wird. Bei der Ausbringung des Gärgülle mit dem Schleppschlauch sind die Emissionen nur geringfügig höher als bei der Ausbringung von unvergorener Gülle. In Zukunft wird das Ausbringen der Gülle und des Gärgülle mit dem Schleppschlauch In der Schweiz obligatorisch sein.

In der untenstehenden Grafik werden die Klima- und Umweltauswirkungen, die bei der Vergärung von Gülle (Prozessschritt C) sowie bei der Gewinnung von Biogas (Prozessschritt B) entstehen, dem Referenzprozess A mit der konventionellen Güllelagerung und Gülleausbringung gegenübergestellt. Zu beachten ist, dass die nachfolgende Grafik pro Kubikmeter (m^3) Biogas dargestellt ist. Aus einem Kubikmeter Gülle lassen sich rund 30 m^3 Biogas gewinnen.

Die beiden nachfolgenden Grafiken zeigen, dass mit der Vergärung der Gülle pro Kubikmeter Biogas rund 1,4 kg CO_2-eq (Methode IPCC 2021) und 1750 UBP (Methode MöK 2021) eingespart werden können.

Die Vergärung der Gülle zu Biogas (B) reduziert die Emissionen erheblich



A = Konventionelle Ausbringung der Gülle (Referenzprozess)
B = Prozessschritte mit der Vergärung der Gülle zur Gewinnung von Biogas

Für die Berechnung der Klimaauswirkungen wurde die Methode IPCC 2021 (in CO_2-eq in kg pro m^3 Gülle) und für die gesamten Umweltauswirkungen die Methode MöK 2021 (in kUBP) verwendet. Im Detail wurden die Auswirkungen von Methan, Lachgas und Ammoniak untersucht.

Die beiden nachfolgenden Tabellen zeigen, dass der Prozessschritt «Lagerung der Gülle» den grössten Einfluss sowohl auf die Reduktion der Klima- als auch auf die Umweltauswirkungen aufweist.

Klimaauswirkungen von Biogas aus Gülle mit der Methode IPCC 21 CO_2-eq in kg pro m^3 Gülle

Prozess	Rohstoff	Referenzprozess A	Prozesseschritte B/C
Gülle Lagerung	Methan	60,70 kg	8,19 kg
	Lachgas	3,30 kg	1,17 kg
	Ammoniak	–	–
	Restliche Auswirkungen	0,07 kg	0,01 kg
	Zwischentotal	**64 kg**	**9 kg**
Gülle Vergärung (Prozess C)	Methan	–	5,60 kg
	Lachgas	–	0,80 kg
	Ammoniak	–	–
	Restliche Auswirkungen	–	1,28 kg
	Zwischentotal	**–**	**8 kg**
Gülle/Gärgülle Ausbringung	Methan	–	–
	Lachgas	57,30 kg	62,80 kg
	Ammoniak	–	–
	Restliche Auswirkungen	1,20 kg	1,20 kg
	Zwischentotal	**59 kg**	**64 kg**
Total		**123 kg**	**81 kg**

Umweltauswirkungen von Biogas aus Gülle mit der Methode MöK 2021 in kUBP pro m^3 Gülle

Prozess	Rohstoff	Referenzprozess A	Prozesseschritte B/C
Gülle Lagerung	Methan	62,47 kUBP	8,43 kUBP
	Lachgas	3,24 kUBP	1,16 kUBP
	Ammoniak	15,36 kUBP	0,62 kUBP
	Restliche Auswirkungen	0,22 kUBP	0,04 kUBP
	Zwischentotal	**81 kUBP**	**10 kUBP**
Gülle Vergärung (Prozess C)	Methan	–	5,77 kUBP
	Lachgas	–	0,80 kUBP
	Ammoniak	–	0,38 kUBP
	Restliche Auswirkungen	–	3,12 kUBP
	Zwischentotal	**–**	**10 kUBP**
Gülle/Gärgülle Ausbringung	Methan	–	–
	Lachgas	56,71 kUBP	62,11 kUBP
	Ammoniak	26,14 kUBP	28,60 kUBP
	Restliche Auswirkungen	2,46 kUBP	2,46 kUBP
	Zwischentotal	**85 kUBP**	**93 kUBP**
Total		**166 kUBP**	**113 kUBP**

Quelle: Studie «Stoffflüsse landwirtschaftliche Biogasproduktion und Ökobilanz», 03/2022

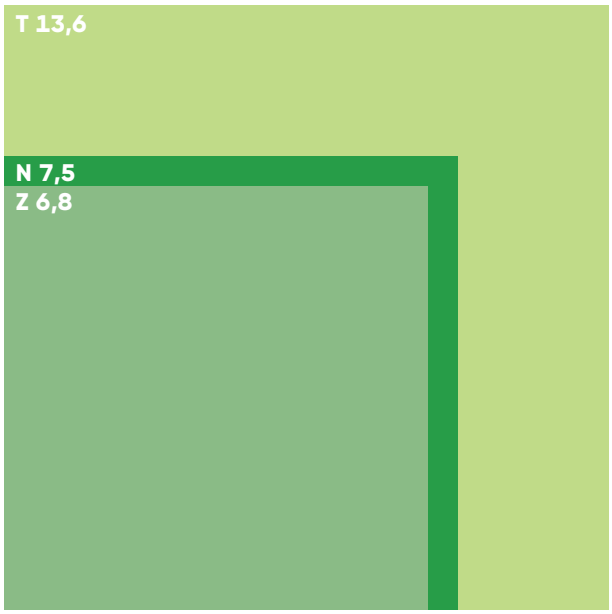
Biogas aus Hofdünger
Das ungenutzte Potenzial

Das nachhaltige Potenzial von Schweizer Hofdünger für die energetische Nutzung ist beträchtlich. Obwohl die Vergärung von Hofdünger technisch ausgereift ist, wird sie nur sehr beschränkt eingesetzt. Das im Dezember 2021 publizierte White Paper «Biogas aus Hofdünger in der Schweiz» hat sich das Ziel gesetzt, die Nutzung von Hofdünger (der hauptsächlich aus Gülle und Mist besteht) als Energiequelle zu fördern.

Trotz der beträchtlichen Menge anfallenden Hofdüngers und obwohl die Biogastechnologie hoch entwickelt und am Markt etabliert ist, wird Hofdünger als Energiequelle in der Schweiz noch sehr begrenzt eingesetzt. Aktuell gewinnen in der Schweiz rund 110 landwirtschaftliche Biogasanlagen jährlich rund 400 GWh Biogas, wobei ein beträchtlicher Teil auf die Vergärung von Co-Substraten zurückzuführen ist. Somit werden nur rund 5 Prozent des verfügbaren Hofdüngers energetisch verwertet.

Unter Hofdünger werden alle Ausscheidungen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung verstanden. Je nach Stallsystem können diese in flüssiger Form als Gülle oder in fester Form als Mist anfallen.

Potenzial von Hofdünger in der Schweiz
Primärenergie in TWh pro Jahr



Das theoretische Potenzial von Schweizer Hofdünger beträgt knapp 14 TWh Primärenergie pro Jahr (siehe Abbildung unten). Primärenergie bezeichnet die gesamte in der Ressource enthaltene Energie ohne Verluste infolge Umwandlung in Sekundärenergie. Dieses theoretische Potenzial entspricht der Gesamtmenge an Hofdünger, die pro Jahr in der Schweiz anfällt. Rund 7,5 TWh des Hofdüngers könnten pro Jahr nachhaltig für die Energiegewinnung genutzt werden (Burg et al. 2018a; Thees et al. 2017). Dieses nachhaltige Potenzial berücksichtigt die Verluste, die entstehen, wenn die Tiere auf der Weide sind, und die technisch-ökonomischen Restriktionen der Nutzung, die mit der räumlichen Verteilung des Hofdüngers verbunden sind.

Hofdünger wird vorwiegend aus wirtschaftlichen Gründen kaum energetisch genutzt. Daher besitzt Hofdünger ein grosses ungenutztes Potenzial von rund 6,8 TWh pro Jahr – was etwa 20 Prozent des gesamten Gasverbrauchs der Schweiz entspricht (33 TWh Erdgas Hi Bruttoenergie [VSG 2021]).

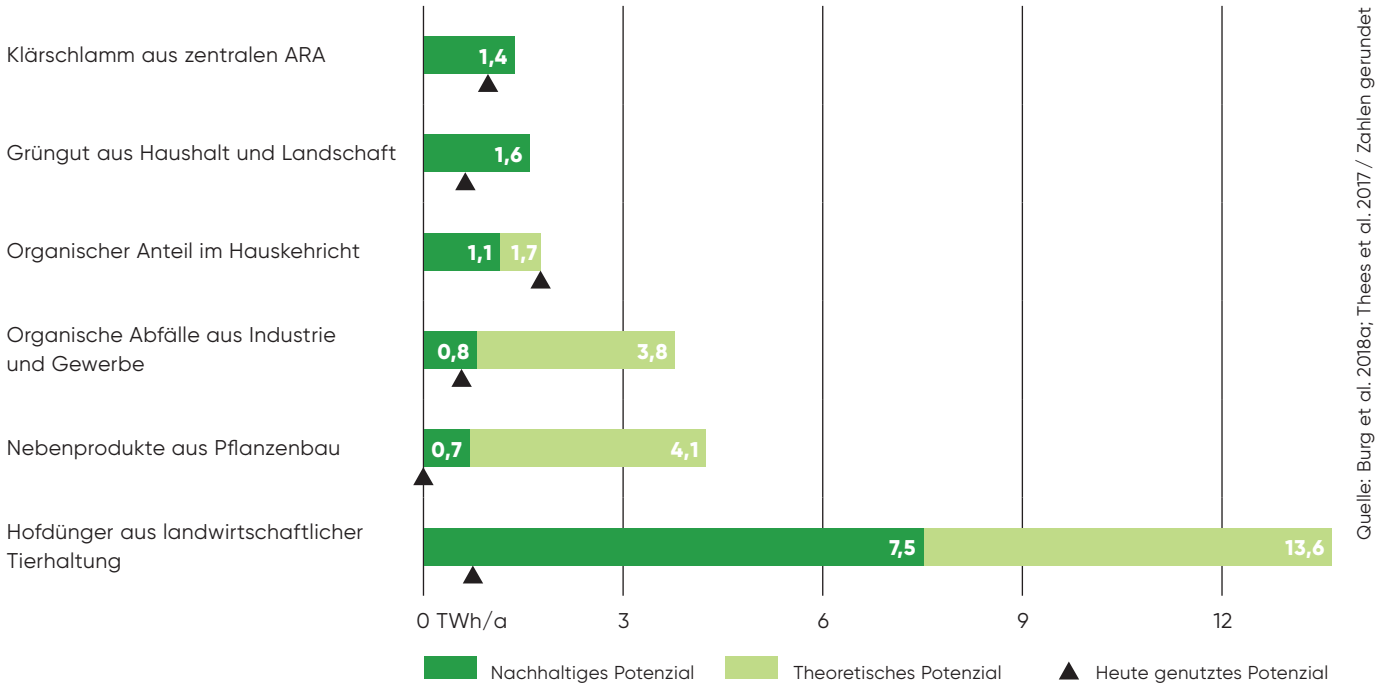
Das Hofdünger-Potenzial ist über die gesamte Schweiz verteilt. Diese Streuung erschwert neben der Kleinteiligkeit der Bauernhöfe (durchschnittlich 27 Grossvieheinheiten) die Hofdüngersammlung und -verwertung für die energetische Nutzung. Die grössten Hofdüngermengen sind im Mittelland (Kantone Bern, Luzern und St. Gallen) verfügbar, wo sich auch die grossen Tierbestände befinden.

T = Theoretisches Potenzial: 13,6 TWh/a
N = Nachhaltiges Potenzial: 7,5 TWh/a
Z = Zusätzliches Potenzial: 6,8 TWh/a

Um einen effektiven Einsatz des Hofdüngers zur Energiegewinnung zu fördern, ist es wichtig, diejenigen Regionen zu identifizieren und zu priorisieren, in denen sowohl die Verfügbarkeit von genügend Hofdünger als auch die sozioökonomischen Voraussetzungen für den Aufbau einer Biogasinfrastruktur gegeben sind. Im Jahr 2050 wird erwartet, dass die für die Energienutzung verfügbare Hofdüngermenge ähnlich hoch sein wird wie die aktuellen Werte (Burg et al. 2019). Das zukünftige theoretische Potenzial bleibt mit rund 14 TWh pro Jahr gleich hoch. Das nachhaltige Potenzial dagegen reduziert sich leicht auf rund 6,9 TWh pro Jahr, da die Tiere mehr Zeit auf der Weide verbringen, wo der Hofdünger nicht eingesammelt werden kann.

Das erwartete Potenzial im Jahr 2050 berücksichtigt diverse Treiber wie beispielsweise das Bevölkerungswachstum und den Konsum, aber keine unvorhersehbaren Ereignisse und Veränderungen. So könnte ein plötzlich starker Rückgang des Fleisch- und Milchkonsums die Verfügbarkeit von Hofdünger drastisch reduzieren. Die langfristige Schätzung des Hofdünger-Potenzials in der Schweiz geht davon aus, dass auch zukünftig genügend Mist und Gülle aus der landwirtschaftlichen Viehwirtschaft für energetische Zwecke zur Verfügung stehen werden. Mit Blick auf die ambitionierten Ziele der Energiestrategie der Schweiz muss das ungenutzte Potenzial des Hofdüngers zur Gewinnung von Biogas zwingend besser genutzt werden.

Biomassepotenzial der Schweiz zur energetischen Nutzung in TWh pro Jahr



Ziel White Paper «Biogas aus Hofdünger in der Schweiz»

Ziel dieses White Paper ist es, Entscheidungsträgern, Verwaltungen und Stakeholdern die aktuellen Forschungsergebnisse zur Verfügung zu stellen, um die optimale Nutzung von Bioenergie aus Hofdünger in der Schweizer Energiewende zu fördern. Zu diesem Zweck werden die Ergebnisse des Schweizer Kompetenzzentrums für Bioenergieforschung – SCCER BIOSWEET – zusammengefasst und in einem breiteren Kontext dargestellt. Wenn nichts anderes erwähnt wird, beziehen sich die Ergebnisse auf die Schweiz und im Fall der Ressourcen auf die heimischen Biomassepotenziale.

Quelle: White Paper «Biogas aus Hofdünger in der Schweiz», 12/2021

Biogas aus Hofdünger
Fazit

Hofdünger, der in der Schweiz in beachtlichen Mengen anfällt, kann in der zukünftigen Energieversorgung der Schweiz eine wichtige Rolle einnehmen. Denn die Vergärung von Hofdünger zu Biogas bietet einige gewichtige energetische und ökologische Vorteile. Das bedingt aber einen möglichst flächendeckenden Ausbau der Biogas-infrastruktur. Nachfolgend sind die wichtigsten Aspekte von Biogas aus Hofdünger zusammengefasst.

Trotz der beträchtlichen Menge an anfallendem Hofdünger und obwohl die Biogastechnologie hoch entwickelt und am Markt etabliert ist, wird Hofdünger als Energiequelle in der Schweiz noch sehr begrenzt eingesetzt. Das nachhaltige Potenzial von Schweizer Hofdünger (Gülle und Mist) zur Gewinnung von Biogas beträgt aktuell jährlich rund 7,5 TWh. Auch für das Jahr 2050 wird mit knapp 7 TWh gerechnet. Die Schätzung des Hofdünger-Potenzials in der Schweiz zeigt, dass auch langfristig genügend Hofdünger für die energetische Nutzung zur Verfügung stehen wird.

Die Gewinnung von Biogas aus Hofdünger kann einen wichtigen Beitrag zur Energieversorgung der Schweiz leisten und ermöglicht in Kombination mit anderen einheimischen erneuerbaren Energien eine grössere Unabhängigkeit von Energieimporten, insbesondere von fossilen Brennstoffen.

Die Vergärung von Gülle reduziert sowohl die Treibhausgasemissionen (THG) als auch die Umweltauswirkungen (UBP) im Vergleich zur direkten Gülle-Ausbringung erheblich. Aus einem Kubikmeter Gülle lassen sich rund 30 m^3 Biogas gewinnen und pro m^3 Biogas können rund 1,4 kg CO_2-eq. und 1750 UBP eingespart werden.

Allein durch die Vergärung des nachhaltig verfügbaren Hofdüngers und die damit verbundene Methanreduktion könnten rund 3 Prozent der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen der Schweiz vermieden werden. Aktuell trägt die Landwirtschaft etwa 12 Prozent zu den gesamten anthropogenen THG-Emissionen der Schweiz bei.

Die Charakteristiken des Hofdüngers erschweren die potenzielle Nutzung für andere nachhaltige Produkte wie zum Beispiel Chemikalien oder Werkstoffe. Dagegen ist die energetische Nutzung von Hofdünger etabliert und bietet zudem den Vorteil, dass die Nährstoffe nicht nur vollständig erhalten bleiben und als Dünger eingesetzt werden können, sondern deren Pflanzenverfügbarkeit noch erhöht wird. Das heisst, die energetische Nutzung trägt dazu bei, Mineraldünger zu ersetzen.

Daher sollte der Hofdünger als eine wichtige und wertvolle lokale Ressource betrachtet werden, die zur Nährstoffrückgewinnung (Düngung) und Energieversorgung genutzt werden kann. Des Weiteren führt die Vergärung zu einer erheblichen Reduktion der Treibhausgasemissionen.

Herausgeber
Verband der Schweizerischen Gasindustrie VSG
044 288 31 31
vsg@gazenergie.ch
www.gazenergie.ch
Redaktion
Hubert Palla, VSG
hubert.palla@gazenergie.ch
Suisse romande
Nathalie Pfund, ASIG
nathalie.pfund@gazenergie.ch

Auflage
12000 deutsch, 4500 französisch
Grafiken
Bühler Druck AG
Bilder
SwissFarmerPower, Inwil LU
Grafik/Layout/Druck
Bühler Druck AG, Volketswil
Adressänderung
info@buehler-druck.ch
Gratis-Abonnements
vsg@gazenergie.ch

MIX Papier FSC FSC® C031954
Klimaneutral Druckprodukt ClimatePartner.com/11058-2110-1001
gedruckt in der schweiz