

# optimierBAR: Mist und wieso er zur Sprache kommen muss

## Hofdünger-Vergärung in der Schweiz: Energetisches Potenzial, reduzierte Treibhausgasemissionen und Grundeinstellung der Landwirte

Vanessa Burg, Gillianne Bowman und Oliver Thees

Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, vanessa.burg@wsl.ch, gillianne.bowman@wsl.ch, oliver.thees@wsl.ch

**Hofdünger fällt bei der Tierhaltung in der Landwirtschaft an. Er liefert einerseits Nährstoffe für die Produktion von Nahrungsmitteln auf den Kulturlandflächen. Andererseits ist er ein potenzielles Biogassubstrat. Heute wird aus Hofdünger in der Schweiz noch kaum Energie erzeugt. Ein wichtiger Grund dafür sind ungenügende Anreize, vor allem ökonomischer Art. Das wachsende Bewusstsein für den Klimawandel und die Nutzung erneuerbarer Energien machen das riesige, ungenutzte Potenzial von Hofdünger jedoch attraktiver, insbesondere für die Biogaserzeugung durch Vergärung. Vor diesem Hintergrund analysierten wir unter Berücksichtigung der räumlichen Verteilung des Hofdüngers in der Schweiz, wie viel Energie sich aus dieser Biomasse gewinnen lässt und ob sich dadurch die Emissionen von Treibhausgasen reduzieren liessen. Ausserdem wollten wir wissen, ob die Landwirte bereit sind, ihren Hofdünger zu vergären: Denn am Schluss sind es sie, die sich dafür oder dagegen entscheiden.**

### 1 Einleitung

#### 1.1 Hintergrund

Die 2013 in der Schweiz gegründeten Swiss Competence Center for Energy Research (SCCER) suchen Lösungen für die technischen, gesellschaftlichen und politischen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Energiewende. In diesem Kontext ist es das Ziel der Eidg. Forschungsanstalt WSL, die Potenziale der verfügbaren Biomasseressourcen der Schweiz zu quantifizieren und lokalisieren. Ausserdem ist es wichtig zu verstehen, wie das ungenutzte Potenzial besser mobilisiert werden könnte. Mit diesen Kenntnissen lassen sich (i) die Umwandlungsprozesse im Rahmen der Technologieentwicklung optimieren und (ii) erfolversprechende Biomassenutzungspfade und optimale Standorte für die Produktion von Energie aus Biomasse identifizieren. Darüber hinaus soll der Forschung, Wirtschaft und Politik eine umfassende und detaillierte Grundlage über die Schweizer Biomassepotenziale zur Verfügung gestellt werden. Die Biomasse umfasst sämtliche Rohstoffe pflanzlichen Ursprungs (Holz, Schnittgut, Gemüseabfälle etc.) sowie tierischen Ursprungs (Klärschlamm, Schlachtabfälle, Gülle

etc.). Alle diese Biomassetypen lassen sich für die Erzeugung von sogenannter «Bioenergie» verwenden.

#### 1.2 Hofdünger in der Schweiz

Im Fokus dieses Artikels steht die Frage, wie gut sich Hofdünger für die Erzeugung von Bioenergie eignet und wo in der Schweiz er dafür zur Verfügung stünde. Unter Hofdünger werden zusammenfassend alle Ausscheidungen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung verstanden. Grundbestandteil sind Kot und Harn der Nutztiere, wobei die Ausscheidungen je nach Stallsystem möglicherweise mit Wasser (Gülle) und/oder Stroh vermischt werden.

Die Tierhaltung ist ein wichtiger Teil der Schweizer Landwirtschaft. 2014 machte sie rund die Hälfte der landwirtschaftlichen Gesamtproduktion von 10,6 Milliarden Franken aus<sup>[9]</sup>. Dabei prägen Kühe die Nutztierhaltung der Schweiz: Drei Viertel aller Grossvieheinheiten sind Rinder, davon fast die Hälfte Milchkühe<sup>[6]</sup>.

Hofdünger liefert einerseits Nährstoffe für die Produktion von Nahrungsmitteln auf landwirtschaftlichen Flächen, und ist andererseits ein potenzielles Biogassubstrat. Zudem kann

Hofdünger bei schlechter Bewirtschaftung zu einer wichtigen Quelle für Luft- und Wasserverschmutzung werden. In der Schweiz wird bisher aus Hofdünger wenig Energie hergestellt<sup>[1]</sup>. Dennoch birgt er etwa die Hälfte des gesamten Primärenergiepotenzials von Biomasse<sup>[2]</sup>. Seine Vergärung zu Bioenergie könnte ausserdem dazu beitragen, die Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft bedeutend zu reduzieren<sup>[3]</sup> – ein wichtiges Puzzle-Teil also für eine integrierte Klima- und Bioenergieplanung.

### 2 Energetisches Potenzial

#### 2.1 Vorgehen

Mit einem methodisch vergleichbaren Ansatz wurde sowohl die verholzte als auch die nicht verholzte Biomasse untersucht. Erfasst wurden zehn Biomasse-Kategorien (Abb. 1): Waldholz, Flurholz, Restholz und Altholz sowie Hofdünger, landwirtschaftliche Nebenprodukte, organische Anteile im Kehricht, Grüngut der Haushalte und Landschaftspflege, biogene Abfälle aus Gewerbe und Industrie sowie Klärschlamm. Nicht untersucht wurden Energieholzplantagen auf landwirtschaftlichen Böden und Energiepflanzen, sogenannte «energy crops».

Für alle Kategorien von Biomasse wurden das theoretische Potenzial, das nachhaltige Potenzial, das bereits genutzte sowie das zusätzliche Potenzial zum aktuellen Zeitpunkt bestimmt (Abb. 1). Das theoretische Potenzial beinhaltet die im Inland erzeugte Biomasse, die maximal genutzt werden könnte. Aus diesem ergibt sich nach Abzug von ökologischen und ökonomischen sowie rechtlichen und politischen Restriktionen das nachhaltige Potenzial. Das zusätzliche beziehungs-

**10 Biomassekategorien**



**Auf verschiedenen Potenzialstufen**

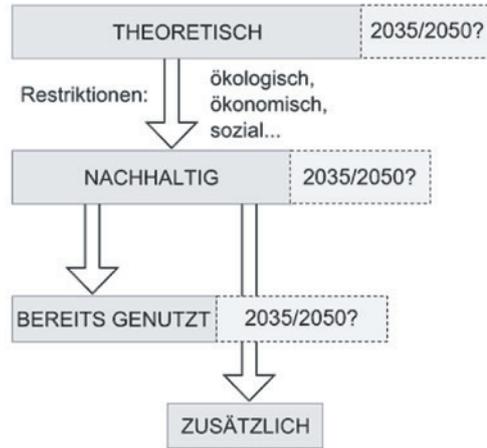


Abb. 1. Ermittlung des Potenzials von Biomasse für eine energetische Nutzung in der Schweiz – Unterteilung in 10 Biomassekategorien und verschiedene Potenzialebenen.

weise verbleibende Potenzial errechnet sich, indem man die bereits energetisch genutzte Biomasse vom nachhaltigen Potenzial abzieht. Die einheitliche Abgrenzung und der gleiche Erfassungszeitpunkt gewährleisten, dass sich die Potenziale vergleichen und damit gemeinsam betrachten lassen.

**2.2 Primärenergieinhalt**

Zusammenfassend zeigt Abbildung 2 die verschiedenen ermittelten Potenziale der jährlich anfallenden Biomasse in der Schweiz in Primärenergie (Petajoule PJ) [2]. Die verschiedenfarbigen Quadrate stellen jeweils das theoretische

und das zusätzlich nutzbare Potenzial der einzelnen Biomassen dar. Der Flächeninhalt der Quadrate ist proportional zu den Primärenergiemengen, die sie darstellen. Gemäss unseren Berechnungen beträgt das theoretische Potenzial von Schweizer Biomasse total 209 PJ Primärenergie pro Jahr, wovon etwa die Hälfte aus Waldholz (108 PJ) und ein Viertel aus Hofdünger (49 PJ) stammt. Hauptsächliche Grenzen der nachhaltigen Verfügbarkeit für eine energetische Nutzung sind ökologische oder ökonomisch-technische Restriktionen. Werden sie berücksichtigt, stünde gemäss unseren Betrachtungen, jährlich etwa die Hälfte des theoretischen Potenzials für eine energetische Nutzung nachhaltig zur Verfügung (97 PJ). Diese Energiemenge entspricht umgerechnet etwa dem Energieinhalt von 2,2 Millionen Tonnen Rohöl.

Etwa 75 % dieses Hofdüngerpotenzials stammen aus der Rindviehhaltung. Um das nachhaltige Potenzial zu ermitteln, wurden einerseits die Verluste durch Weidegang berücksichtigt

**Primärenergie (PJ pro Jahr)**

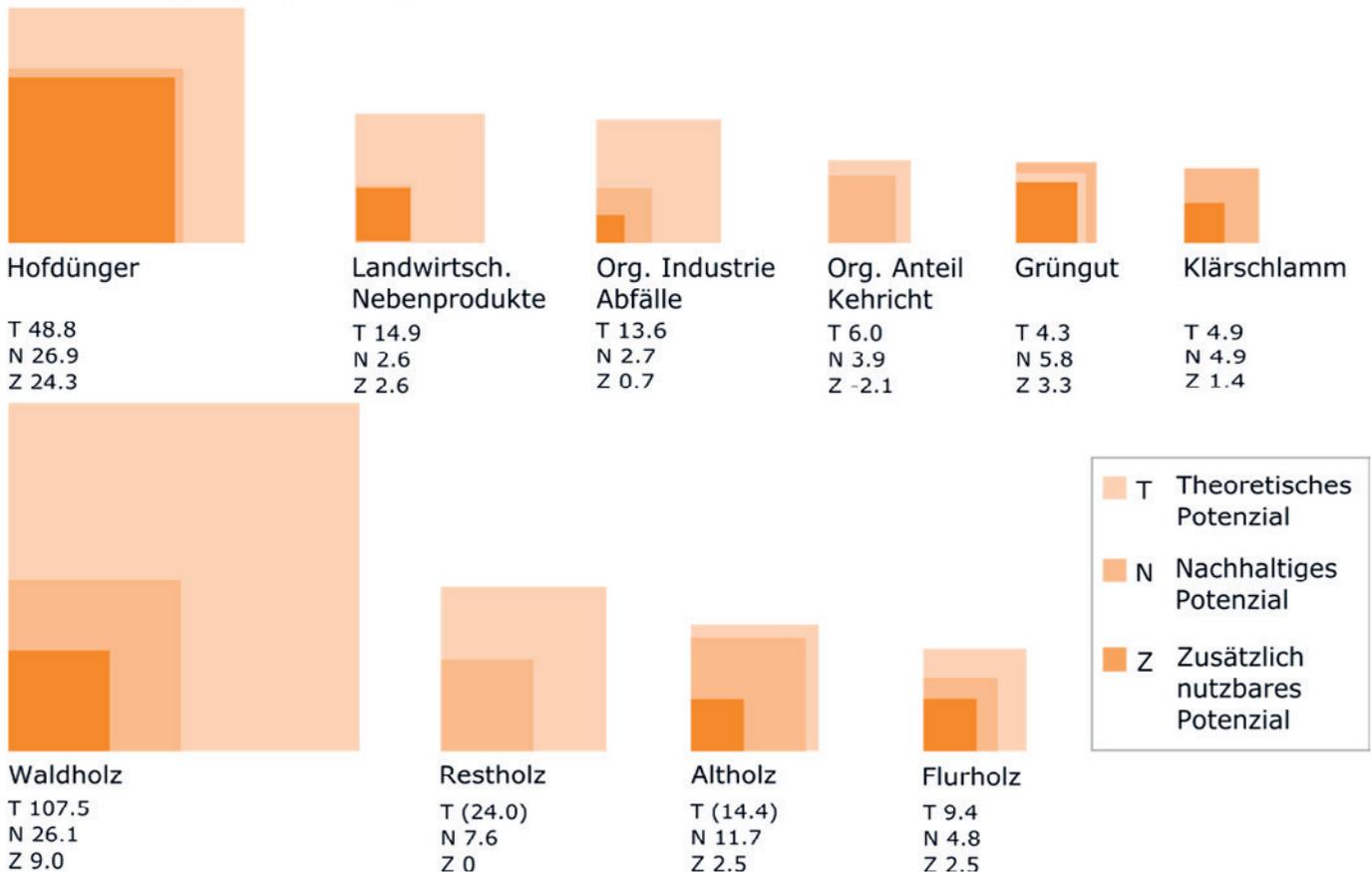


Abb. 2. Primärenergiepotenziale aller 10 Biomassen in Petajoule (PJ) pro Jahr.

(Zwischenpotenzial: 42 PJ). Andererseits wurde eine Mindestmenge an regional verfügbarem Hofdünger vorausgesetzt, um den Betrieb einer Biogasanlage nach heutigem Technologiestand zu ermöglichen (10 kWel für einen Einzelbetrieb oder 40 kWel in 1 km Distanz für eine Gemeinschaftsanlage<sup>[2]</sup>). Da die Struktur der Schweizer Nutztierhaltung typischerweise von kleinen Betrieben geprägt ist – im Mittel werden nur rund 24 GVE pro Betrieb gehalten<sup>[4]</sup> – ist dieses Kriterium massgebend und führt dazu, dass nur rund die Hälfte des theoretischen Potenzials energetisch nutzbar ist. Das resultierende nachhaltige Potenzial von Hofdünger beträgt rund 27 PJ und liegt etwa in derselben Grössenordnung wie das vom Waldholz (26 PJ). Seit mehreren Jahrzehnten nimmt die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe stetig ab, wobei sich ein Trend zu grösseren Betrieben beobachten lässt<sup>[4]</sup>. Entsprechend ist zu erwarten, dass die Anlagengrösse künftig weniger limitierend wirken wird.

Da Hofdünger bisher nur sehr wenig energetisch genutzt wird, hat er von allen 10 Biomassen das grösste zusätzlich nutzbare Potenzial (24 PJ). Umgerechnet entspricht dies dem Energieinhalt von rund 659 Millionen Liter Rohöl oder 2 % des totalen Energie-Bruttoverbrauchs der Schweiz<sup>[5]</sup>.

### 2.3 Räumliche Verteilung

Durch eine Analyse der räumlichen Verteilung des Hofdüngers ist es möglich, die regionalen Potenziale zu bestimmen (Abb. 3). Daraus ist ersichtlich, dass das Mittelland die höchsten Potenziale aufweist. Dies ist insbesondere auf die geographischen Gegebenheiten bzw. die damit verbundene Anzahl Nutztiere zurückzuführen.

Um die Energiewende zu fördern, wurden diese Informationen auf dem Portal vom Bund (geo.admin.ch) öffentlich zugänglich gemacht, sodass jeder Bürger und jede Gemeinde sehen kann, welche Ressourcen wo zur Verfügung stehen. Dies sollte dazu beitragen, die lokalen Behörden bei ihrer Energieplanung zu unterstützen.

Ferner zeigte die räumliche Analyse ein erhebliches Potenzial für die Entwicklung von Mikro-Anlagen (Einzel-

### Primärenergie (TJ pro Jahr) Hofdünger

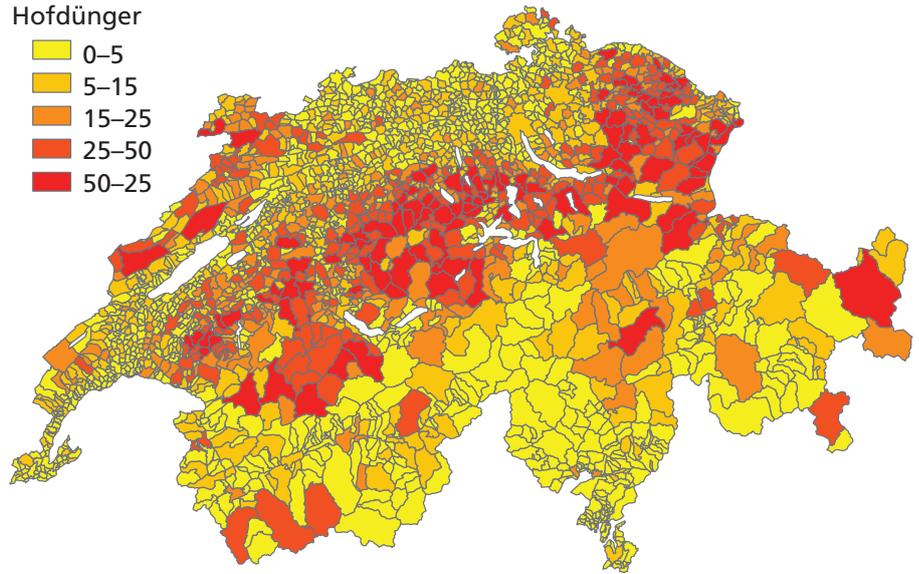
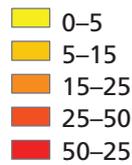


Abb. 3. Nachhaltiges Potenzial von Hofdünger auf Gemeinde-Ebene in Primärenergieinhalt, Tera Joule (TJ) pro Jahr.

betrieb) mit einem Spitzenwert von ca. 250 GJ Brutto-Biogas pro Jahr<sup>[2]</sup>. Da die landwirtschaftlichen Betriebe allgemein in Clustern liegen und durchschnittlich weniger als 300 m von nächsten Nachbarn entfernt sind, wird auch das Potenzial für gemeinsame Anlagen mit Betrieben klar, die ihren Hofdünger zusammenfügen.

Im Energie-Sektor erfordern Entscheidungen und Investitionen oft eine mittel- bis langfristige Zeitperspektive. Daher sind auch zuverlässige Einschätzungen der zukünftigen Ressourcenverfügbarkeit erforderlich, um den Entscheidungsprozess zu unterstützen. Gemäss unseren Berechnungen<sup>[6]</sup> sind bis 2050 keine wesentliche Änderungen des Hofdünger-Potenzials zu erwarten. Insgesamt dürfte das nachhaltige Potenzial um ca. 1 PJ (25 PJ im Jahr 2050) zurückgehen, was insbesondere auf eine angepasste Tierbewirtschaftung mit mehr Zeit auf der Weide zurückzuführen ist. Ein neuer Trend zu weniger Fleischkonsum – vor allem bei jüngeren Menschen – erschwert es jedoch, die künftigen Tierzahlen bzw. anfallenden Hofdüngermengen vorzusagen. Wenn der heutige Trend anhält, sind zudem weniger, aber grössere Betriebe zu erwarten, wobei sie nicht signifikant anders verteilt sein dürften als heute.

### 2.4 Biogasertrag

Bisher wird Hofdünger in der Schweiz nur sehr bedingt als Energieträger verwendet. Gemäss aktueller Praxis erfolgt die energetische Nutzung dabei durch Vergärung. Bei der Vergärung lässt sich wertvolles Biogas gewinnen, das sowohl im Strom- als auch im Wärme- und Kraftstoffbereich einsetzbar ist. Darüber hinaus lässt sich Biogas speichern (z.B. nach Aufbereitung im Erdgasnetz) und damit die Fluktuation der erneuerbaren Energien aus Wind und Sonne ausgleichen.

Um die Biogasproduktion zu steigern, werden oft auch externe organische Abfälle mitvergoren. Man spricht dann von Co-Vergärung. Durch die höheren Biogaserträge und die allfälligen Entsorgungsgebühren wird die Anlage wirtschaftlicher. Gemäss der Schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien produzierten im Jahr 2017 in der Schweiz 106 landwirtschaftliche Biogasanlagen insgesamt 1,3 PJ Biogas Primärenergie (aus landwirtschaftlichen Nebenprodukten wie Hofdünger sowie Co-Substrate)<sup>[1]</sup>. Diese Menge Biogas entspricht nur rund 0,1 % des heutigen totalen Energie-Bruttoverbrauchs der Schweiz (1108 PJ).

Das produzierte Biogas kann anschliessend in einem Blockheizkraft-

werk in Strom und Wärme umgewandelt oder auf Erdgasqualität aufbereitet werden. Im Jahr 2018 wurden so in der Schweiz insgesamt 139 GWh Strom und 48 GWh Wärme (resp. 0,5 PJ und 0,2 PJ Endenergie) aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen produziert [7]. Das heute einheimisch aufbereitete Biomethan deckt nur weniger als 1 % der Gasnachfrage des Landes [7]. Die Schweizer Gaswirtschaft plant jedoch, bis 2030 einen Biogasmix von 30 % zur Beheizung von Privathaushalten bereitzustellen [8].

Bei der Umwandlung bzw. Biogasproduktion kann nur ein Teil der in der Biomasse gespeicherten Primärenergie genutzt werden. Entsprechend ist der potenzielle Biogasertrag von Hofdünger kleiner als der berechnete Primärenergieinhalt (2.1). Wie wirksam Hofdünger als Biomethanquelle ist, hängt von mehreren Faktoren ab (z.B. Fütterung, Haltungssystem, Tierhaltung, Lagerung usw.), die von Land zu Land sehr unterschiedlich sein können. Gemäss unseren Berechnungen könnte Schweizer Hofdünger nach der derzeitigen landwirtschaftlichen Praxis und Struktur jährlich rund 10 PJ Brutto-Biogas (nachhaltiges Potenzial) bzw. bis zu 15 PJ produzieren (Zwischenpotenzial: aktuell gesammelter Hofdünger nach Abzug von Verlusten durch Weidegang) [3]. Das heisst verglichen mit der heutigen Situation, könnte aus Schweizer Hofdünger gegen rund 10 Mal mehr Biogas gewonnen werden.

Abgesehen von organischem Kohlenstoff, der teilweise zu CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> umgewandelt wird, verbleiben die Nährstoffe im Gärgut, welches sich anschliessend wieder auf den Feldern ausbringen lässt. So werden die Nährstoffe fast vollständig wieder in Umlauf gebracht.

### 3 Potenzial zur Minderung von Treibhausgasemissionen

Die anaerobe Vergärung von Hofdünger ist nicht nur aus energetischer Sicht interessant. Da so weniger Gase unkontrolliert in die Atmosphäre gelangen, lassen sich ausserdem die Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft deutlich reduzieren. Das ist ein wichtiger Punkt sowohl für die Umwelt als auch für die Politik. Eine umfassende ökologische Bilanz hat zudem gezeigt, dass die energetische Verwertung von Hofdünger auch vorteilhaft ist, wenn weitere Umweltindikatoren berücksichtigt werden [9].

Wir haben für drei verschiedene Nutzungsszenarien ermittelt, um wie viel sich die Treibhausgasemissionen vermindern liessen (Abb. 4): A) die aktuelle Situation, B) das nachhaltige Potenzial, C) Zwischenpotenzial: aktuell gesammelter Hofdünger nach Abzug von Verlusten durch Weidegang. Die Berechnungen basie-

ren grundsätzlich auf den IPCC-Methoden, welche für den spezifischen Kontext dieser Studie etwas angepasst wurden [3]. Die Systemgrenzen dieser Studie umfassten das Hofdüngermanagement, den Transport des Hofdüngers zur Biogasanlage, die Emissionen aus der Vergärungsanlage selber und die Gärgutlagerung vor dem Austrag auf die Felder. Weder die während des Verdauungsprozesses der Tiere entstehenden Gase (enterische Fermentation), noch die indirekten Emissionen, die nicht mit der anaeroben Vergärung verbunden sind, wurden berücksichtigt. Ebenfalls nicht Teil der Studie war, wie viel CO<sub>2</sub> sich zusätzlich einsparen liesse, durch den Ersatz anderer Energiequellen, die mehr Treibhausgasemissionen verursachen.

Die Ergebnisse zeigten, dass sich der in den Kyoto-Zielen festgelegte Treibhausgasausstoss um bis zu 7 % reduzieren liesse, wenn der gesamte gesammelte Schweizer Hofdünger (Zwischenpotenzial von 15 PJ Biogasertrag) anaerob vergärt würde (3 % beim nachhaltigen Potenzial). Dies ist ein beträchtlicher Anteil für einen Sektor, der weltweit von 10 bis 12 % der gesamten globalen anthropogenen Treibhausgasemissionen beiträgt [10, 11] und für die Schweiz 12,7 % [12]. Die Schweiz hat sich verpflichtet, bis 2020 (Kyoto-Protokoll) 20 % und bis 2030 (Pariser Abkommen) 50 % unter dem Niveau von 1990 zu reduzieren [13].

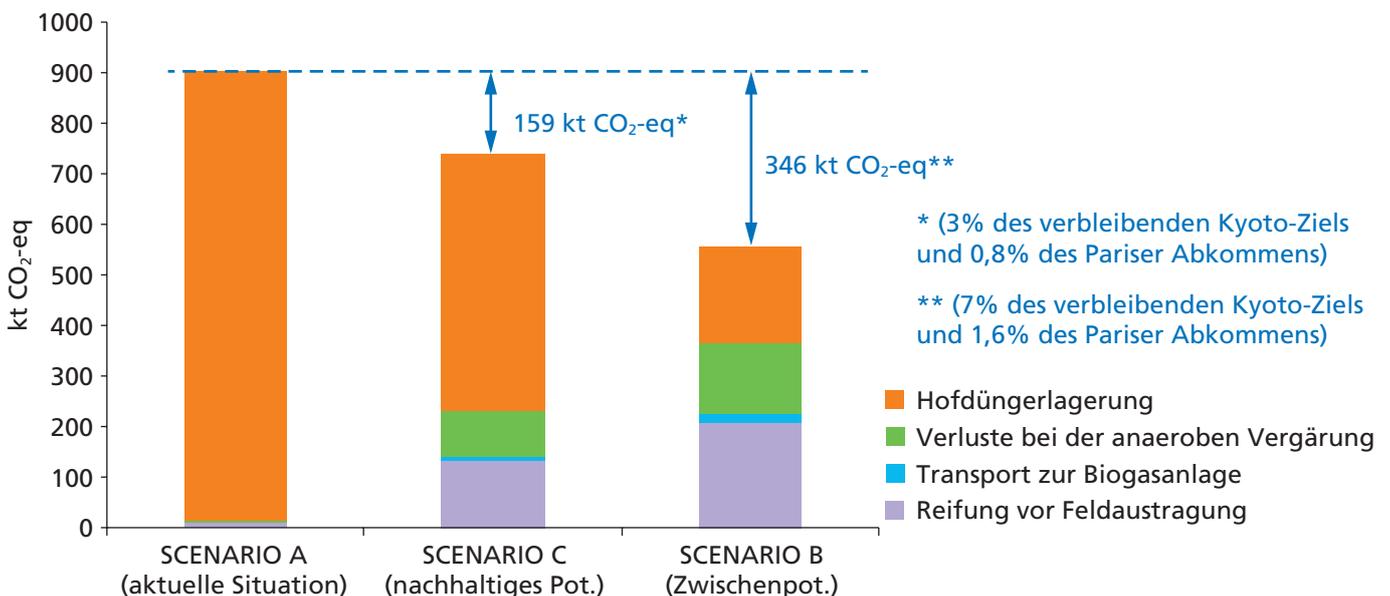


Abb. 4. Treibhausgas-Minderungsvorteile von 3 Nutzungsszenarien (mit unterschiedlichem Anteil an vergärem Hofdünger).

#### 4 Mobilisierung: Und was denken die Landwirte?

Um zu erfahren, wie gewillt Landwirte sind, ihren Hofdünger zu vergären oder eine landwirtschaftliche Biogasanlage zu bauen, sowie die Hürden und Chancen ihres Engagements zu kennen, wurde im Frühling 2019 eine grosse Umfrage unter Schweizer Landwirten durchgeführt. Dabei hatten die Teilnehmer auch die Möglichkeit, differenzierte Antworten zu geben und ergänzende Kommentare zu machen. Teilgenommen haben rund 190 Landwirte aus der ganzen Schweiz.

Es hat sich bestätigt, dass Hofdünger für die Landwirte eine wertvolle Ressource zur natürlichen Düngung ihrer Felder darstellt (Abb. 5, links). Nur wenige (insgesamt 6%) waren etwas weniger positiv eingestellt und äusserten zumindest gewisse Bedenken bei der Lagerung und Ausbringung. Bei der Frage, was sie von der Vergärung von Hofdünger halten, wa-

ren die Antworten ebenfalls sehr positiv (Abb. 5, rechts): Mehr als 80% fanden es grundsätzlich eine gute Sache. Diese Frage wurde jedoch auch rege kommentiert (bezüglich Gärgut-Qualität, Wirtschaftlichkeit, Co-Substraten), was auch eine gewisse Vorsicht widerspiegelt. Entsprechend ist ein qualitativ einwandfreies Gärgut, das sich auch zeitlich optimal einsetzen lässt, wesentlich für die Akzeptanz der Landwirte. Über Vor- und Nachteile einer Düngung mit Gärgut sowie die wichtigen Unterschiede zur Düngung mit Hofdünger sollte gut informiert werden, damit die Ausbringung von Gärgut zum gängigen Management wird.

Gemäss den Antworten der Befragung gehören ökologische Grundsätze zur meistgenannten Definition eines «guten» Landwirtes (Abbildung 6, links). Ferner hat auch der Beitrag zur Selbstversorgung der Schweiz einen bemerkenswerten Stellenwert und erst an dritter Stelle kommen ökonomische Aspekte (Gewinnmaximierung

für Hof/Familie). Zudem äusserten sich über 70% klar für eine stärkere Nutzung von erneuerbaren Energien in der Schweiz, und nur 3% erklärten, eher dagegen zu sein (Abb. 6, rechts). In der Tat gaben etwa drei Viertel der Teilnehmenden an, bereits eine oder mehrere Anlagen zur Produktion von erneuerbarer Energie zu besitzen (hauptsächlich Holzfeuerung 70%, gefolgt von Solaranlagen 45%). Ihre Hauptmotivation war dabei in erster Linie die energetische Selbstversorgung, gefolgt von ökologischen und finanziellen Aspekten. Beinahe alle Landwirte (>90%), die eine Biogasanlage besitzen, würden wieder eine bauen.

Etwas mehr als die Hälfte der Landwirte gab an, über Biogasanlagen gut informiert zu sein (nur 3% hatten noch nie etwas davon gehört). Als Hauptinformationsquelle über aktuelle landwirtschaftliche Themen nannten sie das Internet (32%), gefolgt von Tagungen (24%) und Erfahrungen im Bekanntenkreis (19%) (Abb. 7, links). Zudem

Welche Bedeutung hat Hofdünger für Sie?

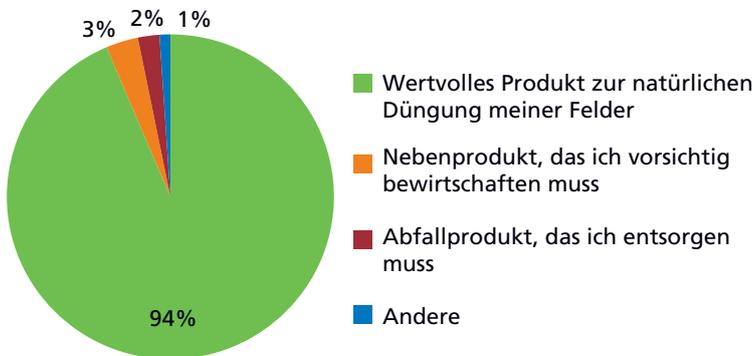
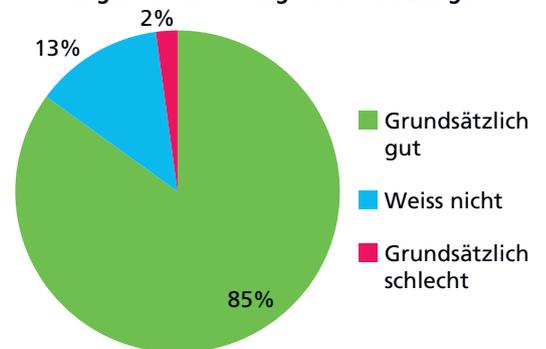


Abb. 5. Ergebnisse der Umfrage unter Landwirten zu Hofdünger.

Was halten Sie von der Vergärung von Hofdünger für eine energetische Nutzung?



Was macht für Sie einen «guten» Landwirt aus?

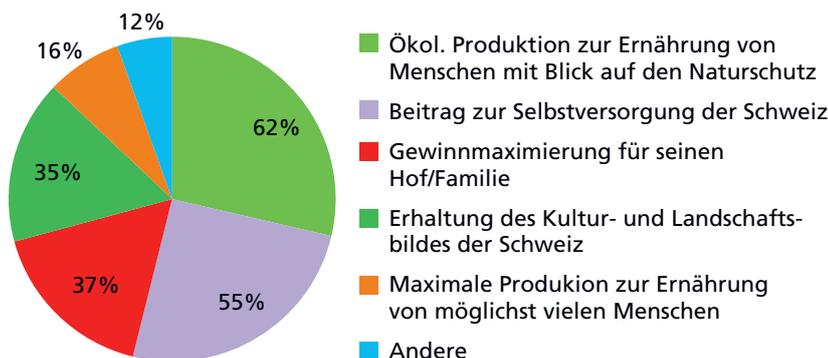
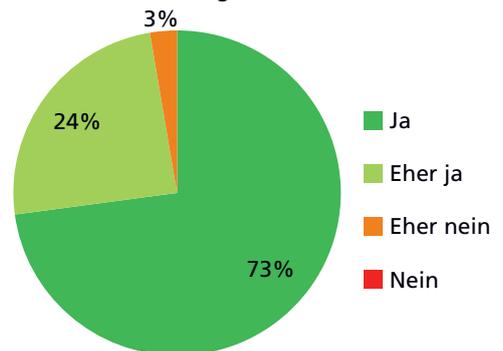


Abb. 6. Ergebnisse der Umfrage unter Landwirten zu ihre Grundeinstellung.

Sind Sie für eine stärkere Nutzung von erneuerbaren Energien in der Schweiz?



gaben mehr als 80 % an, grundsätzlich gerne neue Technologien in ihrem Betrieb einzusetzen (Abb. 7, rechts), was eine positive Ausgangslage für den Ausbau der Biogasanlagen in der Landwirtschaft darstellt.

Jedoch bewerteten etwa drei Viertel der Landwirte die heutigen Fördermassnahmen für den Ausbau von landwirtschaftlichen Biogasanlagen in der Schweiz als schlecht bis ungenügend (Abb. 8, links). Auch der Hofdünger-Transport scheint problematisch zu sein, da die Hälfte der Hofdüngelieferanten angab, mit ihrer Situation nicht zufrieden zu sein (Abb. 8, rechts). Als Grund wurden hohe Kosten und weite Distanzen beim Transport genannt. Es sei jedoch erwähnt, dass es sich hier nur um die Antworten von 15 Landwirten bzw. Lieferanten handelt.

Um das verbleibende Biogaspotenzial zu erschliessen, gibt es verschiedene Strategien. Eine davon ist die Zusammenlegung mehrerer landwirtschaftlichen Betriebe, um ihren Hof-

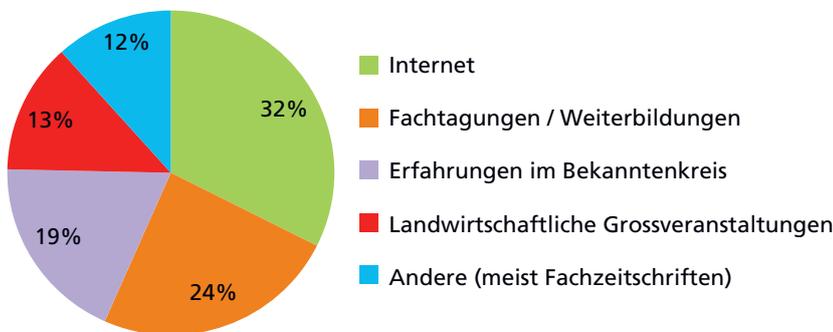
dünger in einer einzigen Anlage zu vergären. Im Rahmen eines Entscheidungsexperimentes («Discrete Choice Experiment») wurde zudem quantifiziert, wie verschiedene Faktoren die Entscheidung eines Biogasanlagebaus beeinflussen. Den Landwirten wurden jeweils mehrere (hypothetische) Situationen zur Auswahl unterbreitet, anhand derer sie sich dann für oder gegen den Bau entscheiden konnten. Die Resultate zeigen, dass die Landwirte grundsätzlich mit möglichst wenigen Partnern eine Biogasanlage bauen möchten – bzw. mit jedem zusätzlichen Partner nimmt die Bereitschaft zu bauen ab. Dabei ist dieser Aspekt bei der Entscheidung fast so wichtig wie der Erlös für die produzierte Energie (Abb. 9). Dies zeigt, dass sich der Bau von grösseren Anlagen in der Schweiz schwierig gestaltet. Ob sich dies mit speziellen Anreizsystemen oder durch Initiative von Dritten, zum Beispiel von der Gemeinde, vom Kanton oder von Energiekonzernen, ändern liesse,

ist noch offen bzw. zu untersuchen. Entsprechend wichtig ist es auch, Mini-Biogasanlagen zu entwickeln, die einen Einzelbetrieb (bzw. einen Betrieb nur mit Lieferanten aber ohne Mitbesitzer) ermöglichen. Zudem zeigen die Resultate des Discrete Choice Experiments, dass eine Einmalvergütung die Investitionsbereitschaft wenig beeinflusst (Abb. 9).

### 5 Folgerungen

Hofdünger könnte in der Schweiz viel stärker energetisch genutzt werden als heute. Dies würde aber um Beispiel einen Ausbau der Bioenergieinfrastruktur und der aktuellen Fördermassnahmen erfordern. Durch die Vergärung von Hofdünger liessen sich erhebliche Mengen erneuerbarer Energie produzieren und gleichzeitig Methanemissionen vermeiden, die sonst bei der Lagerung und Bearbeitung des Hofdüngers

Wie oder wo informieren Sie sich über aktuelle landwirtschaftliche Themen?



Setzen Sie gerne neue Technologien in Ihrem Betrieb ein?

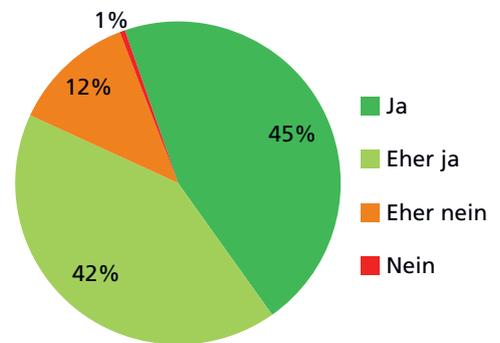
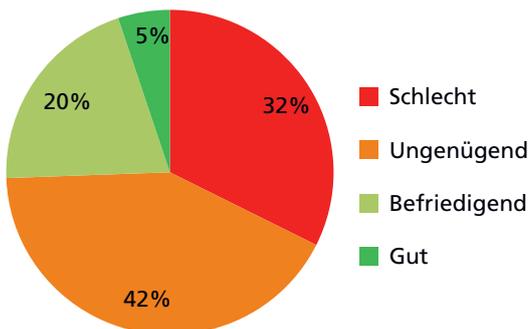


Abb. 7. Ergebnisse der Umfrage unter Landwirten: Informationsquellen und neue Technologien.

Wie bewerten Sie die heutigen Fördermassnahmen für den Ausbau von landwirtschaftlichen Biogasanlagen in der Schweiz?



Sind Sie zufrieden mit Ihrer Situation als Hofdünger-Lieferant? (15 Antworten)

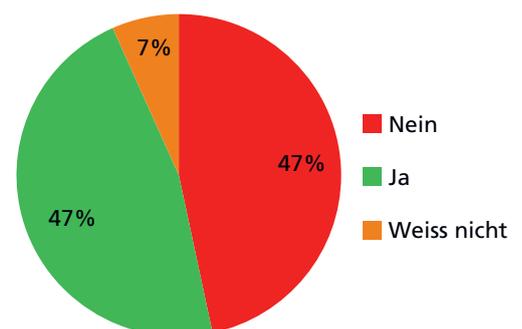


Abb. 8. Ergebnisse der Umfrage unter Landwirten: Fördermassnahmen und Hofdüngelieferanten.

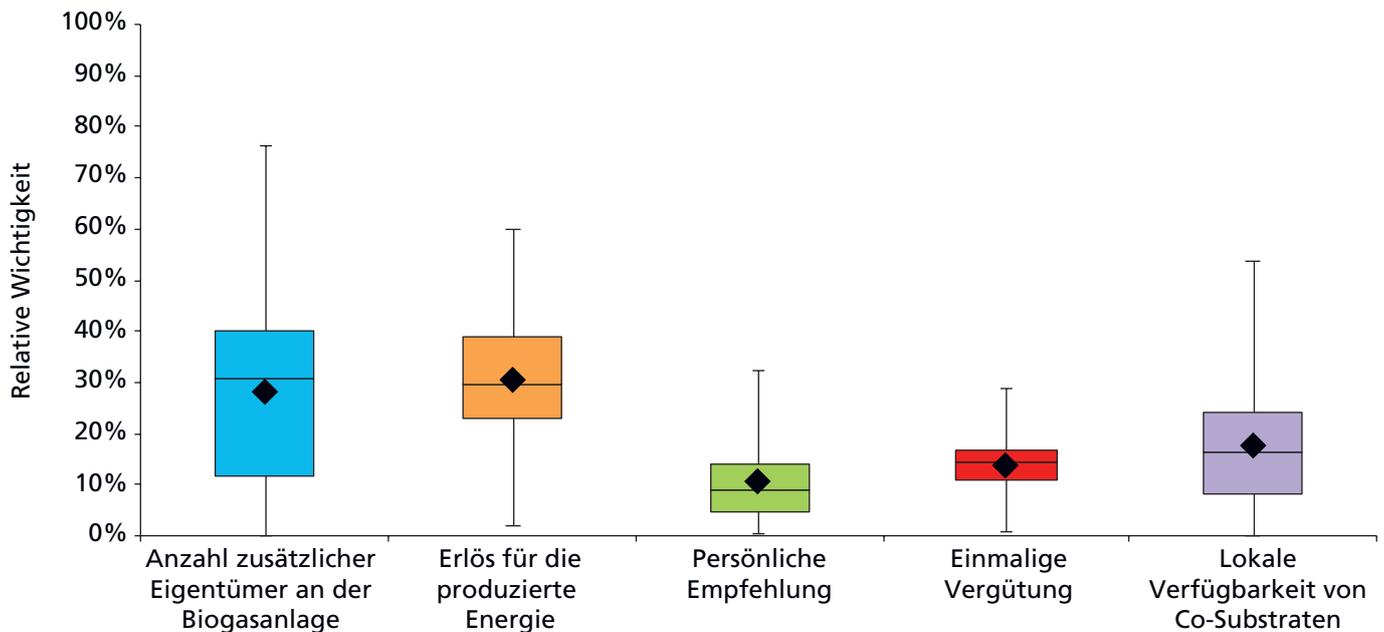


Abb. 9. Ergebnisse des Discrete Choice Experiments über die Entscheidung, eine Biogasanlage zu bauen – Relative Wichtigkeit der Attribute (Auswertung: hierarchical Bayes, linear).

anfielen. Diese Argumente dürften vor dem Hintergrund des Klimawandels und der Energiewende an Bedeutung gewinnen. Ein Ersetzen fossiler Brennstoffe durch Bioenergie hilft zudem, die Abhängigkeit von Energieimporten aus dem Ausland zu reduzieren. Dieses zusätzliche Argument könnte bei den Landwirten einen nennenswerten Stellenwert haben (sofern die Wirtschaftlichkeit gegeben ist). Obwohl gewisse Bedenken hinsichtlich des Hofdünger-Transports oder der Gärgut-Qualität erkennbar sind, spricht sich die grosse Mehrheit der Landwirte für die Vergärung von Hofdünger aus. Ganz klar ist aber, dass die heutigen finanziellen Anreize nicht genügen, um einen Ausbau von Biogasanlagen zu erreichen. Der Antrieb, grössere Biogasanlagen zu bauen, müsste wohl von extern kommen; die Initiative darf nicht nur von den Landwirten erwartet werden. Speziell vor dem Hintergrund des Klimawandels und der Endlichkeit fossiler Ressourcen kann Energie aus Hofdünger im künftigen Energiesystem der Schweiz und im Ausland durchaus eine Rolle spielen. Es bleibt jedoch nach wie vor eine Herausforderung, diese Ressource zu nutzen. Gleichzeitig bedarf es weiterer Studien (z.B. zum Hofdünger-Transport, Gärgutqualität und weitere Anreizsysteme), um mögliche Hindernisse, Voraussetzungen

und Massnahmen für eine verstärkte Nutzung von Biomasse für Energie zu identifizieren.

## 6 Literatur

- <sup>1</sup> BFE, Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien 2017. 2017: [http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00543/index.html?lang=fr&dossier\\_id=00772](http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00543/index.html?lang=fr&dossier_id=00772).
- <sup>2</sup> Burg, V., et al., Analyzing the potential of domestic biomass resources for the energy transition in Switzerland. *Biomass & Bioenergy*, 2018. 111: p. 60-69.
- <sup>3</sup> Burg, V., et al., Valorization of an untapped resource: Energy and greenhouse gas emissions benefits of converting manure to biogas through anaerobic digestion. *Resources Conservation and Recycling*, 2018. 136: p. 53-62.
- <sup>4</sup> BFS. Entwicklung der Nutztierbestände - In Tausend. 2017 15.12.2017]; Available from: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft/landwirtschaft.assetdetail.2543704.html>.
- <sup>5</sup> BFE, B.f.E., Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2016. 2017, p. 62.
- <sup>6</sup> Burg, V., et al., Long term wet bioenergy resources in Switzerland: Drivers and projections until 2050. *Energies*, 2019.
- <sup>7</sup> BFE, Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien, Ausgabe 2018. 2019: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/>

[versorgung/erneuerbare-energien/biomasse.html](https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/erneuerbare-energien/biomasse.html). p. 28.

- <sup>8</sup> Erdgas.ch. Biogasanlagen mit Einspeisung ins Erdgas-Netz. 2013 [cited 2015].
- <sup>9</sup> Vadenbo, C., et al., Environmental optimization of biomass use for energy under alternative future energy scenarios for Switzerland. *Biomass and Bioenergy*, 2018.
- <sup>10</sup> IPCC, Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers. 2014: Geneva, Switzerland. p. 32.
- <sup>11</sup> IPCC, Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment; Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014, IPCC: Cambridge University Press. p. 1420.
- <sup>12</sup> FOEN, Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2014 National Inventory Report. 2016. p. 629.
- <sup>13</sup> FOEN. Greenhouse gas inventory. 2017; Available from: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/state/data/greenhouse-gas-inventory.html>.

**Abstract****Manure, and why we have to come up with it**

Nowadays, animal manure is hardly used for energy production in Switzerland. Growing awareness of the need for renewable energy makes its huge untapped potential very attractive, especially in relation to biogas technology. The Swiss animal manure theoretical primary energy potential was estimated at 49 PJ per year, 27 PJ of which can be used for bioenergy in a sustainable way. Also, if the currently exploitable amount of manure was used for energy, the emission of 159 kt of CO<sub>2</sub> equivalent could be prevented compared to emissions under current management practices. According to a survey, farmers are keen to participate to the country's autonomy, aware of the importance of protecting the environment but prefer to build with fewer co-owners. However, it is quite clear that the current financial support is insufficient to enable the expansion of biogas plants and the impulse to build larger biogas facilities cannot rely only on the farmers. Especially against the background of climate change and the finite nature of fossil resources, energy from farmyard manure can play a role in the future energy system of Switzerland and abroad.

Keywords: bioenergy, animal manure, resource potential, energy transition, hot-spots, climate change