



Vergärungsprodukte aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Effizient und nachhaltig düngen mit Gärgülle und Gärmist

Impressum

Urheber

Ökostrom Schweiz
info@oekostromschweiz.ch
www.oekostromschweiz.ch

Geschäftsstelle Winterthur

Technoparkstrasse 2
8406 Winterthur

Geschäftsstelle Bern

Milchstrasse 9
3072 Ostermundigen

Bureau Suisse Romande

Route de Grangeneuve 31
1725 Posieux

Mit Unterstützung von



Autoren

Deborah Scharfy
Albert Meier
Victor Anspach
Simon Bolli

Zitiervorschlag

Ökostrom Schweiz (2020): Vergärungsprodukte aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen – Effizient und nachhaltig düngen mit Gärgülle und Gärmist. Ökostrom Schweiz, Fachverband landwirtschaftliches Biogas, Winterthur, Schweiz.

Redaktion

Nadine Baumgartner

Grafik

Bruno Kreis, Winterthur

Druck

Vögeli AG, Langnau im Emmental



Höchster Standard für Ökoeffektivität.
Cradle to Cradle Certified™-Druckprodukte hergestellt durch die Vögeli AG.
Bindung ausgenommen.

Cradle to Cradle Certified™ is a certification mark licensed by the Cradle to Cradle Products Innovation Institute.

Inhalt

| | | | |
|---|-----------|------------------------------|-----------|
| Vorwort | 4 | Literaturverzeichnis | 28 |
| So funktioniert eine landwirtschaftliche Biogasanlage | 5 | Abbildungsverzeichnis | 30 |
| Biogas in Zahlen | 6 | Glossar | 31 |
| Die Vergärungsprodukte | 7 | | |
| Gute Gründe für die Verwendung von Vergärungsprodukten | 8 | | |
| Nährstoff- und Ertragswirkung | 12 | | |
| Praxisporträt 1: Fokus Langzeitanwendung | 15 | | |
| Einsatz im Biolandbau | 17 | | |
| Praxisporträt 2: Fokus Biolandbau | 18 | | |
| Rechtliche Rahmenbedingungen - Das muss ich wissen | 20 | | |
| Darauf achte ich beim Ausbringen | 23 | | |
| Praxisporträt 3: Fokus Vermarktung | 27 | | |

Vorwort



Abbildung 1: Die Vorteile von Vergärungsprodukten sind wissenschaftlich nachgewiesen. (Bild: Ökostrom Schweiz)

Landwirtschaftliche Biogasanlagen erbringen eine Vielzahl gemeinwirtschaftlicher Leistungen. Nebst der Produktion von erneuerbarem Gas (Biogas), welches als Brennstoff (Wärme), Treibstoff (Mobilität) oder zur Produktion von Strom verwendet werden kann, leisten sie einen gewichtigen Beitrag zum Klimaschutz sowie zur bedarfsgerechten Energiebereitstellung durch ihre zeitliche und saisonale Produktionsflexibilität.

Biogasanlagen leisten jedoch auch einen wichtigen Beitrag im Sinne der Kreislaufwirtschaft. Nährstoffkreisläufe werden geschlossen, wertvolle organische Düngemittel bereitgestellt und Mineraldünger eingespart. Vergärungsprodukte sind somit der ideale Wegbereiter für eine nachhaltige und fruchtbare Landwirtschaft. Die Landwirtschaft, ob konventionell oder biologisch, kann von den Vorteilen der Vergärungsprodukte profitieren.

Biogasanlagen generieren eine beachtliche Wertschöpfung in der Schweiz und sind aus der modernen Landwirtschaft nicht mehr wegzudenken. In der Schweiz werden schon seit gut einem halben Jahrhundert Hofdünger in landwirtschaftlichen Biogasanlagen vergoren, über die Qualitäten und Vorteile der Vergärungsproduk-

te wird jedoch wenig geschrieben und es kursiert viel Halb- und Unwissen. Dies veranlasste Ökostrom Schweiz als Fachverband landwirtschaftliches Biogas, die Vergärungsprodukte mittels einer Fachpublikation etwas in den Vordergrund zu rücken. Der vorliegende Ratgeber ist dazu gedacht, den Vergärungsprodukten aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen mehr Beachtung zu schenken. Die vielen positiven Eigenschaften von Vergärungsprodukten, die hervorragenden Wirkungen in der Düngung sowie die Anwendung in der landwirtschaftlichen Praxis sind wissenschaftlich sehr gut untersucht und sollen einem breiten Interessenskreis in konzentrierter Form zugänglich gemacht werden.

Dieser Ratgeber richtet sich primär an Anwender landwirtschaftlicher Vergärungsprodukte sowie die landwirtschaftliche Fachberatung. Ziel ist es, die vielen Vorteile, die richtige Handhabung, sowie mögliche Anwendungsbereiche anhand wissenschaftlicher Fakten auf den Tisch zu legen und den Rechtsrahmen beim Einsatz von Vergärungsprodukten aufzuzeigen. Darüber hinaus soll auch die Praxis zu Wort kommen und Praxiserfahrungen weitergegeben werden.

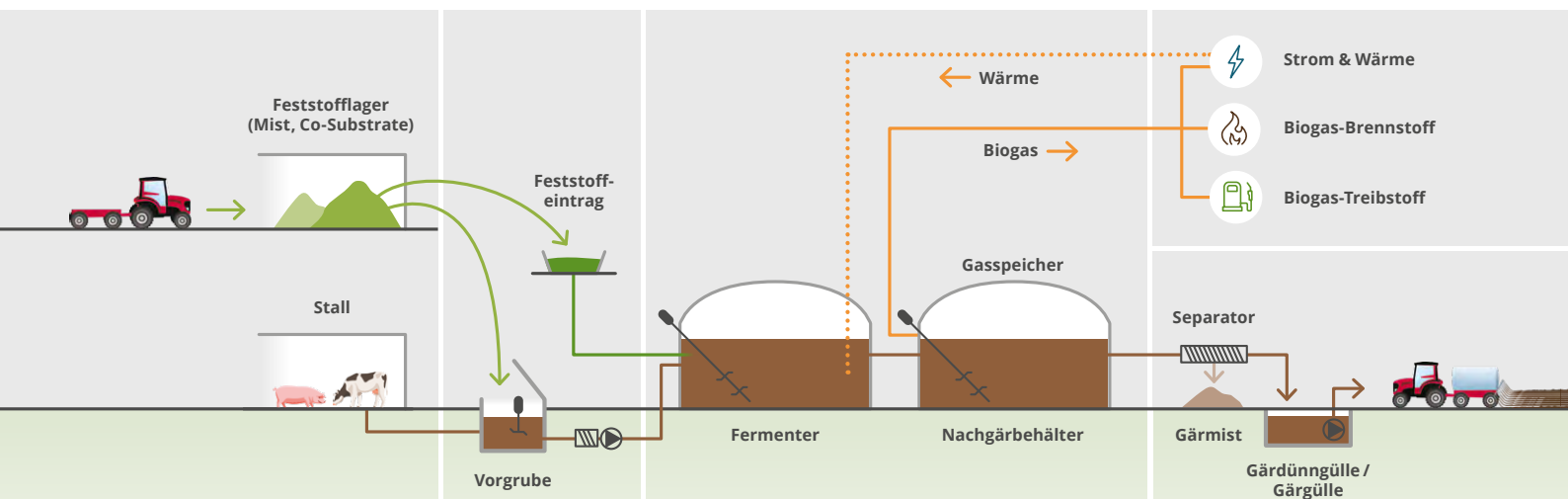
So funktioniert eine landwirtschaftliche Biogasanlage

Im Produktionsprozess werden organische Materialien wie Hofdünger (Gülle und Mist), Erntenebenprodukte oder Co-Substrate je nach Konsistenz über eine Vorgrube oder einen Feststoffeintrag in einen beheizten (40 bis 55 °C) und gasdichten Behälter (Fermenter) eingebracht. Im Fermenter erfolgt – unter Ausschluss von Sauerstoff – in einem mehrstufigen biologischen Ab- und Umbauprozess die Umwandlung bestimmter organischer Substanzen in Biogas. Biogas enthält vor allem Methan (55 bis 65 Vol. %) und Kohlendioxid (45 bis 35 Vol. %).

Je nach Technologiekonzept der Biogasanlage kann sich an die erste Fermentationsstufe eine zweite anschliessen (mehrstufiges Vergärungsverfahren). Über ein Durchflussverfahren gelangt das organische Material aus der ersten Stufe in eine zweite Vergärungsstufe. Der sogenannte Nachgärer ist ebenfalls gasdicht und beheizt. Nach Abschluss des biologischen Umwandlungsprozesses werden die Vergärungsprodukte in einem Gärgüllelager zwischengelagert, bevor sie als hochwertiger organischer Dünger ausgebracht werden können.

Das produzierte Biogas (energetisches Rohprodukt) wird in einem Gasspeicher aufgefangen und anschliessend energetisch genutzt. Das Rohbiogas kann mittels eines Gasaufbereitungsprozesses zu Erdgasqualität aufbereitet und entweder ins Gasnetz eingespeist oder als Treibstoff für Fahrzeuge genutzt werden. Alternativ kann das Rohbiogas auch über ein sogenanntes Blockheizkraftwerk (BHKW) verbrannt und zu erneuerbarem Strom und Wärme umgewandelt werden.

Abbildung 2: Schema einer landwirtschaftlichen Biogasanlage. (Quelle: Ökostrom Schweiz)



Biogas in Zahlen

In der Schweiz sind Ende 2019 an die 110 landwirtschaftliche Biogasanlagen in Betrieb. Rund 50 weitere Biogasanlagen sind zu diesem Zeitpunkt in der Planungs- oder Realisierungsphase.

Die landwirtschaftlichen Biogasanlagen standen 2018 für (Abschätzung auf Basis BFE 2019¹):

- 140 GWh Nettostromeinspeisungsleistung
- rund 50 GWh Wärmenutzungsleistung (zusätzlich zum Fermenterbedarf)
- rund 10 GWh Gaseinspeisung in das Schweizer Gasnetz
- erste installierte reine Biogastankstelle (weitere sind in Planung)

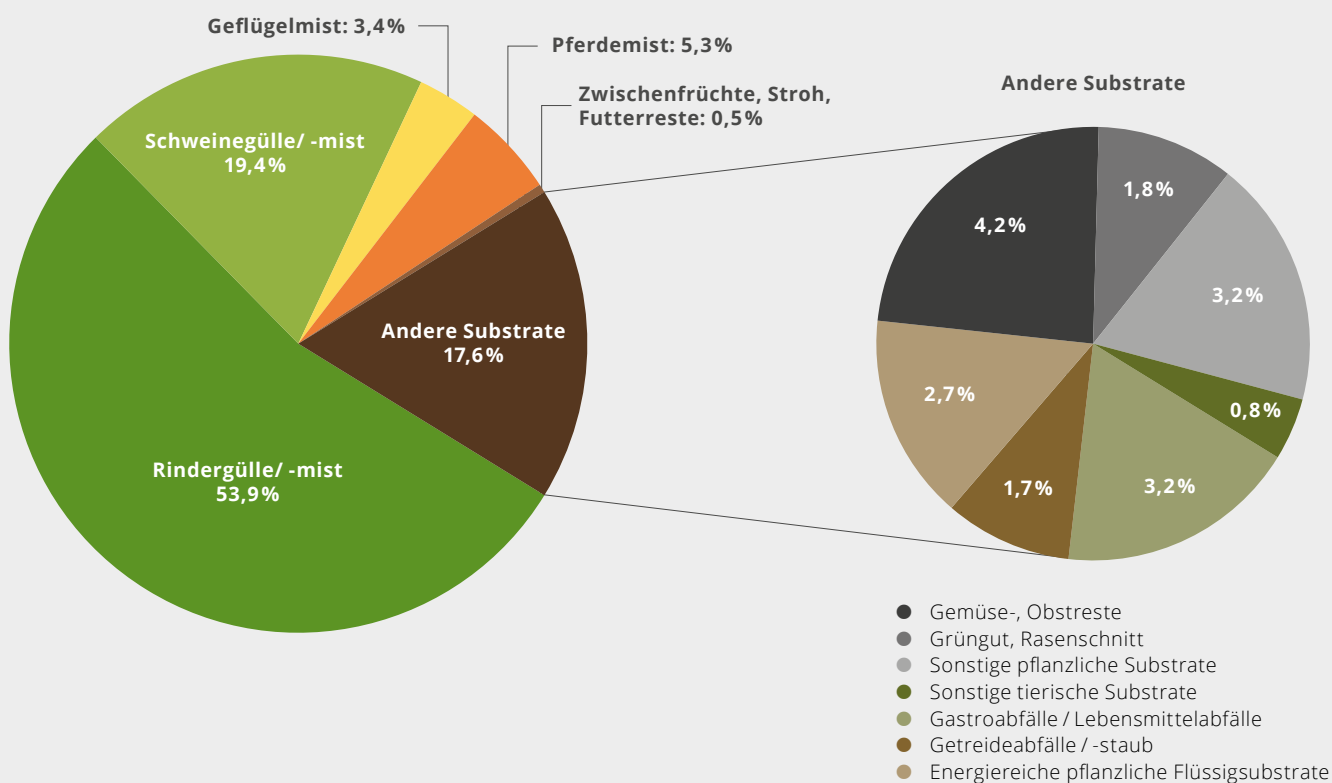
2018 wurden ca. 1.05 Mio. Tonnen Hofdünger energetisch genutzt. Dies entspricht rund 4,6% des gesamten Hofdüngeranfalls in der Schweiz. Den grössten Mengenanteil einer typischen Substratmischung für die Vergä-

rung machen Hofdünger mit 82% aus. Darüber hinaus werden zusätzlich sogenannte Co-Substrate eingesetzt. Dies sind organische Reststoffe landwirtschaftlicher Herkunft (z.B. Ernte-Rüstabfälle oder Zwischenfrüchte) und nicht landwirtschaftlicher Herkunft (z.B. Grüngut oder Reststoffe der Lebensmittelverarbeitung).

Die CO₂-Reduktionsmenge der landwirtschaftlichen Biogasanlagen betrug 2018 in Summe mehr als 82'000 Tonnen (ohne Berücksichtigung der Einspeisung von Biogas in das Gasnetz). Die CO₂-Reduktionsleistungen resultieren hierbei zu ...

- ... rund 54'000 t aus der Methanreduktion (gasdichte Hofdüngerlagerung)
- ... rund 20'000 t aus der Stromproduktion (Substitution fossiler Strom)
- ... rund 8'000 t aus der Wärmenutzung (Substitution Heizöl und Erdgas)

Abbildung 3: Durchschnittliche Substratzusammensetzung einer landwirtschaftlichen Biogasanlage – Stand 2019. (Quelle: Ökostrom Schweiz)



Die Vergärungsprodukte

Neben dem gasförmigen Energieprodukt «Biogas» entstehen in einer landwirtschaftlichen Biogasanlage auch stoffliche Vergärungsprodukte, welche sich hervorragend als organische Dünger eignen. Das flüssige Ausgangsprodukt, genannt Gärgülle, kann durch Separation weiter in eine dünnflüssige und eine feste Phase getrennt werden. Die dünnflüssige Fraktion wird als Gärdünngülle bezeichnet. Die feste Fraktion ist der Gärmist. Werden

mehr als 20% Co-Substrate nicht-landwirtschaftlicher Herkunft eingesetzt, gilt das Vergärungsprodukt nicht mehr als Hofdünger sondern als Recyclingdünger. Recyclingdünger aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen spielen mengenmässig eine untergeordnete Rolle und werden daher im weiteren Verlauf dieses Ratgebers nicht weiter betrachtet.

Gärgülle

Das Produkt aus Biogasanlagen, welches in der Praxis am häufigsten zum Einsatz kommt, ist die Gärgülle. Sie ist flüssig, enthält aber auch Anteile an organischen Feststoffen. Gärgülle kann gleichermassen verwendet werden wie herkömmliche Gülle (vgl. Kapitel *Darauf achte ich beim Ausbringen*). Mit dem Schleppschlauch-, Schleppschuh- oder Injektionsverfahren kann sie direkt auf Grünland (Wiesen und Weiden) oder auf Ackerflächen (auch in bestehende Ackerkulturen) ausgebracht werden.



Gärdünngülle

Die Gärdünngülle ist aufgrund der schnellen Infiltration und der hohen N-Verfügbarkeit besonders gut geeignet für eine rasche N-Lieferung und gezielten Einsatz in einem wachsenden Pflanzenbestand (vgl. Kapitel *Darauf achte ich beim Ausbringen*). Entsprechend wird die Gärdünngülle gerne im Acker- und Gemüsebau eingesetzt. In der Praxis wird oftmals auch eine Mischung aus Gärgülle und Gärdünngülle verwendet. Hierbei wird nur ein Teil der Gärgülle separiert.



Gärmist

Der Gärmist kann, wie der herkömmliche Mist, mittels Miststreuer ausgebracht werden. Gärmist aus der Separation enthält einen hohen Anteil organisch gebundener Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor). Er eignet sich besonders für den Einsatz vor dem Anbau der Kulturen oder für Kulturen mit einer langen Vegetationsdauer, da die Nährstofffreisetzung länger dauert als bei der Gärgülle oder Gärdünngülle.



Gute Gründe für die Verwendung von Vergärungsprodukten

| | | | |
|--|---|--------------------------------------|----|
| Weniger Geruchsemissionen | 8 | Gesenkter Unkraut- und Pathogendruck | 9 |
| Bessere Fließfähigkeit und weniger Verätzungen | 8 | Gute Humuswirkung | 10 |
| Bessere Kalkulierbarkeit beim Düngungsmanagement | 8 | Positiver Klimaschutzbeitrag | 10 |
| Verbesserte Stickstoff- und Ertragswirkung | 9 | Lebendiger Boden | 11 |
| Reduzierte Nitratauswaschung | 9 | | |

Weniger Geruchsemissionen

Im Vergleich zu unvergorenem Ausgangsmaterial sind die Geruchsemissionen von Vergärungsprodukten deutlich geringer.^{2,3} Durch den Vergärungsprozess werden flüchtige, organische Verbindungen und Geruchsbestandteile (wie z.B. Schwefelwasserstoff, Benzaldehyd und Propionsäure) aus den Hofdüngern abgebaut und Geruchsemissionen gemindert.⁴⁻⁶ Ähnlich wie bei fertigem Kompost riecht die ausgegorene Gärgülle nicht mehr streng. Und weil Gärgülle schneller im Boden versickert, reduzieren sich die Geruchsemissionen bei der Ausbringung noch einmal.

Bessere Fließfähigkeit und weniger Verätzungen

Durch die Vergärung nimmt der Trockensubstanzgehalt der tierischen Güllen um bis zu 50% ab⁷ und die Gärgülle ist deutlich dünnflüssiger und homogener als herkömmliche Gülle. Dies gilt auch für Gärgüllen mit Co-Substrateinsatz. Schweizer Gärgüllen haben im Durchschnitt einen Trockensubstanzgehalt um die 5,3% (CVIS-Datenbank). Darüber hinaus bietet die Homogenität der flüssigen Vergärungsprodukte auch Vorteile in agronomischer Hinsicht. So wird die Ausbringung grundsätzlich erleichtert und insbesondere bei der Ausbringung mit dem Schleppschlauch besteht eine geringere Gefahr von Verstopfungen und Strohmattebildung im Futterbau. Dadurch kommt es bei der Ausbringung auf Grünlandflächen zu keinerlei Verschmutzung des Futters. Durch den Vergärungsprozess werden kurzkettige, organische Säuren abgebaut und dadurch Blattverätzungen minimiert.⁴ Die bessere Fließfähigkeit flüssiger Vergärungsprodukte bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich. So tropft Gärgülle schneller vom Pflanzenbestand ab, was Verätzungen entgegenwirkt.⁸ Gleichzeitig fließt sie schneller in den Boden ab und mindert dadurch das Verlustrisiko von Ammoniak.



Abbildung 4: Gärgülle ist einfach in der Anwendung.
(Bild: Ökostrom Schweiz)

Bessere Kalkulierbarkeit beim Düngungsmanagement

Produzenten von landwirtschaftlichen Vergärungsprodukten müssen mehrmals jährlich eine Nährstoffanalyse und mindestens einmal jährlich eine Schwermetallanalyse ihrer Produkte machen (siehe auch Kapitel *Rechtliche Rahmenbedingungen – Das muss ich wissen*). Die Abnehmer von Vergärungsprodukten bekommen somit sehr genaue Angaben zu den Nährstoffgehalten. Dies erleichtert das Düngermanagement gegenüber unvergorenen Hofdüngern enorm, da deren Werte in den allermeisten Fällen nur auf Richtwerten basieren (vgl. GRUD¹²).

Verbesserte Stickstoff- und Ertragswirkung

Die Gärgülle enthält deutlich weniger organisch gebundenen Stickstoff, da dieser durch den mikrobiellen Abbau im Vergärungsprozess in anorganische Verbindungen wie Ammonium-N übergeht. Ammonium-N kann leichter von den Pflanzen aufgenommen werden, wodurch sich die Pflanzenverfügbarkeit des Stickstoffs verbessert. Mit Gärgülle können dadurch höhere Erträge im Pflanzenbau erreicht werden als mit unvergorener Gülle, da die Pflanzen bedarfsgerechter ernährt werden können.^{7,9-11}

Reduzierte Nitratauswaschung

Die bessere Stickstoffverfügbarkeit in Vergärungsprodukten kann das Risiko der Nitratauswaschung im Vergleich zu unvergorener Gülle reduzieren. Im Vergleich zu Mineraldüngern (NPK) führt Gärgülle zu signifikant niedrigeren Nitratgehalten im Sickerwasser.¹³ Die für Nutzpflanzen einfacher verfügbaren Stickstoffverbindungen werden aufgenommen und nicht zu Nitrat umgewandelt, welches leicht ausgewaschen werden kann. In verschiedenen Topfexperimenten wurde dies auch nachgewiesen. In Feldstudien zeigte sich jedoch auch, dass die Höhe der Auswaschung aller Hofdünger sehr stark vom Anbausystem und dem Ausbringungszeitpunkt abhängt. In den Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD) wird dementsprechend bei den Belastungspotenzialen für das Grund- und Oberflächenwasser kein Unterschied zwischen Gülle und Gärgülle oder Mist und Gärmist gemacht.¹²

Gesenkter Unkraut- und Pathogendruck

Samen von Unkräutern, welche in Biogasanlagen gelangen, werden durch den Fermentationsprozess nachweislich in ihrer Keimfähigkeit geschädigt oder ganz abgetötet. Dieser Effekt wird verstärkt durch eine erhöhte Verweildauer in Fermentern sowie einer höheren Temperatur.⁸ Dies bestätigen auch Laboruntersuchungen bei denen ein Grossteil von Samen verschiedener Unkrautarten einen Tag im mesophilen Temperaturbereich von 37°C übersteht und nach 7 Tagen im Fermenter mehrheitlich abgetötet werden. Bei Temperaturen bis an die 50°C hingegen (thermophiler Bereich), konnten bereits nach einem Tag keine keimfähigen Samen mehr festgestellt werden.¹⁴ Durch die lange durchschnittliche Verweildauer von Gärsubstraten im mesophilen Bereich, stellt in der Praxis eine Verschleppung von Unkrautsamen durch das Ausbringen von Gärgülle folgerichtig kein Problem dar. Die Eigenschaft des Abtötens von Unkrautsamen ist auch vor dem Hintergrund der zunehmenden Problematik mit invasiven Neophyten sehr wertvoll. So werden z. B. Samen und Rhizome des Japanknöterichs und des Erdmandelgrases in Biogasanlagen bei fachgerechter Vergärung komplett abgetötet.¹⁵

Die Temperatur im Fermenter spielt eine wichtige Rolle für das Abtöten von Pathogenen. Untersuchungen haben gezeigt, dass Vergärungsprodukte keine höheren Keimzahlen von den human- und tierpathogenen Clostridien aufweisen als unvergorene Gülle.¹⁶ Im Hinblick auf Phytopathogene wurde sogar festgestellt, dass Vergärungsprodukte frei von den Schadpilzen Fusarien, Sklerotien oder Rhizoctonia sind.¹⁶ Bei thermophilen Anlagen sind die Pathogenreduktionsraten allgemein ausreichend hoch und die Produkte seuchenhygienisch unbedenklich.¹⁷ Sie sind daher für den Einsatz in allen Kulturen empfehlenswert.¹⁸ Keimzahlen werden auch im mesophilen Gärprozess nicht erhöht, sodass die Vergärungsprodukte aus mesophilen Anlagen im Vergleich zu den Ausgangsprodukten, also den Hofdüngern, von vergleichbarer hygienischer Qualität sind.¹⁹

Abbildung 5: Rhizome des Erdmandelgrases werden in Biogasanlagen komplett abgetötet. (Bild: Agroscope)

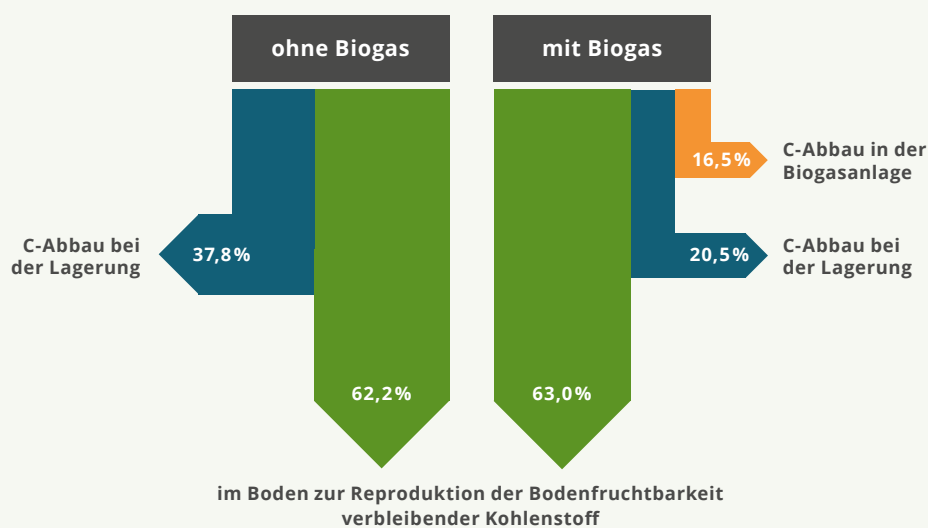


Gute Humuswirkung

Neben naturgegebenen und standort- wie bewirtschaftungsbedingten Produktionsfaktoren, hat auch die Düngung einen massgeblichen Einfluss auf die Humusbildung. Organische Dünger haben diesbezüglich einen direkten und positiven Einfluss auf den Humusgehalt, da sie die Bodenorganismen im Gegensatz zu Mineraldüngern mit organischer Substanz versorgen und somit «Futtermangel» in den Böden vorbeugen.²⁰

Da der Anteil an Trockensubstanz eine wichtige Rolle bei der Humuswirkung spielt, haben flüssige Dünger wie Gärgülle oder unvergorene Gülle natürlicherweise eine geringere Direktwirkung auf die Humusbildung als feste Dünger wie Gärmist oder Mist. Mit dem Aufkommen von Biogasanlagen und der vermehrten Ausbringung von Gärprodukten geriet auch deren Humuswirkung in den Fokus. Entgegen gewissen Einwänden – Gärgülle hätte aufgrund niedriger C-Gehalte eine geringere Humuswirkung als unvergorene Produkte – gehen beispielsweise landwirtschaftliche Forschungsanstalten in Deutschland (VDLUFA) von ähnlichen Humusreproduktionskoeffizienten um die 6–12 kg Humus-C/t Gärprodukt aus.²¹ Ein Grund für die vergleichbar gute Humusreproduktion trotz niedrigerem C-Gehalt liegt darin, dass beim Vergärungsprozess der übrigbleibende Kohlenstoffgehalt stabilisiert wird. Der stabilisierte Kohlenstoff wiederum wirkt sich massgeblich förderlich auf die Humusreproduktion aus.²² So ist beispielsweise die Humuswirkung von Gärmist sogar besser als die von Mist.²⁰ Darüber hinaus führt die Stabilisierung des Kohlenstoffs zu einem geringeren C-Abbau während der Lagerung, siehe auch Abbildung 3. Somit wird den Böden dieselbe Menge an Kohlenstoff zur Verfügung gestellt. Unter dem Strich stehen flüssige und feste Gärprodukte in Sachen Humuswirkung unvergorener Gülle und Mist in Nichts nach und leisten einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Förderung der Humusbildung und Bodenfruchtbarkeit.

Abbildung 6: Kohlenstoffbilanzierung von Hofdüngern mit und ohne Vergärung (Grafik: Ökostrom Schweiz nach Reinhold 1988)



Positiver Klimaschutzbeitrag

Der Einsatz von Gärgülle bietet nicht nur viele direkte agronomische Vorteile, sondern auch ökologische Mehrwerte im Sinne einer nachhaltigen Landwirtschaft. Mit landwirtschaftlichen Vergärungsprodukten wird ein aktiver Beitrag zum Klimaschutz geleistet.

In der Landwirtschaft erfolgt nach gängiger Praxis die Hofdüngerlagerung in offenen oder nicht-gasdicht abgedeckten Systemen (Lagerstätten), in welchen aerobe Lagerbedingungen vorherrschen. Die aerobe Lagerung von Gülle und Mist verursacht Methanemissionen, die ungehindert in die Atmosphäre entweichen. Methan ist 28-mal klimaschädlicher als CO₂. In einer Biogasanlage werden Hofdünger in gasdicht abgeschlossene Lagersysteme eingebracht, in denen ein gezielt gesteuerter anaerober Vergärungsprozess stattfindet. Das entstehende Methan wird gesammelt und energetisch verwertet. Je Grossvieheinheit (GVE) kann, abhängig von der eingesetzten Menge an Gülle im Verhältnis zu Mist, bis zu einer Tonne CO₂e-Reduktion pro Jahr erzielt werden.

Lebendiger Boden

Für einen gesunden und ertragreichen Boden ist ein intaktes Bodenleben unabdingbar. Bodenorganismen wie Regenwürmer fördern eine gute Bodenstruktur und Durchlüftung des Bodens, wieder andere Lebewesen wie Springschwänze (Collembolen) und Nematoden haben eine hygienische Wirkung auf Böden in dem sie Schadpilze wie Fusarien und ihre Toxine wirksam dezimieren.²³ Organische Düngung steigert die mikrobielle Aktivität und sorgt für ein erhöhtes Nahrungsangebot für die Bodenfauna. Dies fördert generell Bodentiere durch die Anregung ihrer Stoffkreisläufe und verhilft somit einer guten Bodenfruchtbarkeit.²⁴ Untersuchungen in Deutschland ergaben eminent höhere Individuen- und Artenaufkommen an Springschwänzen, Milben und Regenwürmern in Böden, die mit Vergärungsprodukten gedüngt wurden gegenüber Parzellen mit mineralischer Düngung. Gegenüber unbehandelter Rindergülle zeigten die Biogas-Parzellen bezüglich Bodenleben kaum Differenzen, woraus geschlossen werden kann, dass Gärgülle ähnlich attraktiv auf Bodenlebewesen wirkt wie andere organische Dünger.²⁵

Abbildung 7: Vergärungsprodukte fördern nachweislich wichtige Bodenlebewesen wie den Regenwurm. (Bild: G. Brändle, Agroscope)



Nährstoff- und Ertragswirkung

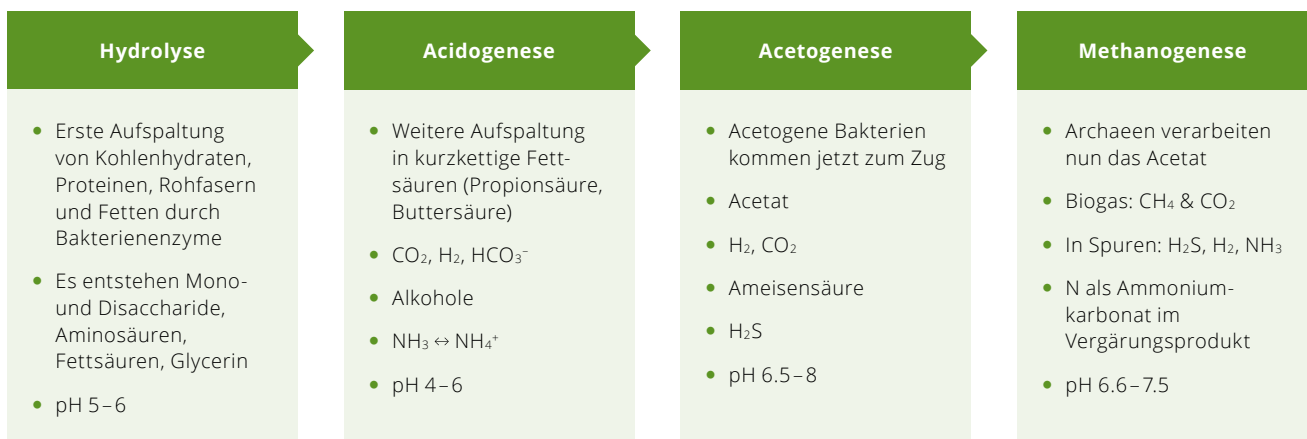
Die Nährstoffwirkung von Vergärungsprodukten ist ein zentrales Thema bei der Hofdüngervergärung und Verwendung. Sie ist wissenschaftlich gut untersucht.

Nährstoffwirkung

Für Laien ist erstmal gar nicht ersichtlich, warum sich die Nährstoffwirkung von vergorenen Hofdüngern von unvergorenen unterscheiden sollte. Schliesslich werden doch «nur» Kohlenstoffverbindungen verwertet und durch die Methangewinnung aus der Biomasse entfernt. Was also passiert mit den anderen Nährstoffen bei der Vergärung? In Abbildung 8 sind die Fermentationsprozesse der anaeroben Vergärung und die wichtigsten dabei entstehenden Stoffwechselprodukte dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass sich durch die Vergärung vor allem bei den Stickstoffverbindungen Änderungen ergeben. Organische Verbindungen werden aufgespalten und Stickstoff «freigesetzt».

In den ersten anaeroben Fermentationsprozessen Hydrolyse und Acidogenese werden Aminosäuren aus den organischen Verbindungen von Bakterien freigesetzt und abgebaut.²⁶ Dadurch wird Ammoniak frei und reagiert mit Wasser und CO_2 zu Ammonium und Hydrogencarbonat.²⁷ Ammonium-Stickstoff ist für Pflanzen einfach zu verarbeiten, also aufzunehmen, und hat daher eine rasche Stickstoffwirkung zur Folge. Der Anteil an Ammonium-Stickstoff im Vergärungsprodukt ist daher ein Indikator für die unmittelbare Stickstoffverfügbarkeit im Pflanzenbau. Der Ammonium-N ($\text{NH}_4\text{-N}$) Gehalt von Gärgüllen wurde in der Schweiz für die Jahre 2013–2016 mit einem Median von 57% bestimmt.²⁸ Gärgülle eignet sich daher als rasch wirksame N-Quelle für Ackerkulturen oder Grünland oder auch im Bio-Gemüsebau, wo Bedarf an schnellwirksamen organischen Düngern herrscht.¹⁰ Nach der Vergärung sind immer noch erhebliche Mengen an organischem N im Vergärungsprodukt enthalten, welche aber nur sehr langsam mineralisiert werden, schätzungsweise mit 1–3% pro Jahr.⁹

Abbildung 8: Die vier Prozesse der anaeroben Vergärung und dabei entstehende, wichtige Stoffwechselprodukte.
Legende: HCO_3^- = Hydrogenkarbonat. (Quelle: Ökostrom Schweiz)



Vergärungsprodukte aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen weisen typische Nährstoffgehalte wie in folgenden Beispielangaben in Abbildung 9 auf:

Abbildung 9: Durchschnittliche Nährstoffgehalte in Schweizer Vergärungsprodukten aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Die Nährstoffgehalte stammen von Betriebsanalysen aus der CVIS Datenbank des Schweizerischen Inspektorats der Kompostier- und Vergärbranche (2013 & 2017). FS = Frischsubstanz

| Typ Produkt | | N Gesamt | NH ₄ -N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Mg | S |
|-------------|-------------|----------|--------------------|-------------------------------|------------------|-----------|-----------|
| Gärgülle | kg pro t FS | 3.8–4.0 | 1.7–2.4 | 1.5–1.6 | 3.8–4.3 | 0.38–0.40 | 0.32–0.37 |
| Gärmist | kg pro t FS | 6.2 | 1.1 | 4.8 | 5.1 | 1.2 | 1.1 |

Was am Ende in den Vergärungsprodukten an Nährstoffen enthalten ist, hängt natürlich von den Ausgangssubstraten ab. Insgesamt gehen während des Vergärungsprozesses zwar nur sehr kleine Mengen an Nährstoffen verloren.⁷ Zum Beispiel wurde bei einer Untersuchung an knapp 60 Biogasanlagen ein «Stickstoffverlust» von durchschnittlich 12% ermittelt.⁷ Stickstoffverluste können durch Ammoniakverluste, Partikelsedimentation im Fermenter, Struvitbildung und auch Ausfällungen erklärt werden.^{7,29} Beim Nährstoff Phosphor und den anderen Nährstoffen verändert die Vergärung nicht viel. Die Phosphor-Verfügbarkeit bleibt unverändert. Phosphorverluste treten in einem ähnlich kleinen Umfang (<10%) auf wie beim Stickstoff und sind auch hier durch Ausfällungsprozesse oder Verbleib im Fermenter zu erklären.¹⁰ Dennoch ist es für den Pflanzenbau wichtig zu wissen, was denn nun genau in der Gärgülle oder dem Gärmist enthalten ist. Daher werden die Vergärungsprodukte auch regelmässigen Nährstoffkontrollen unterzogen (siehe auch Kapitel «Rechtliche Rahmenbedingungen – Das muss ich wissen»).

Pflanzenernährung und Ertragswirksamkeit

Die Stickstoff-Verfügbarkeit ist bei Gärgülle also relativ hoch. Ob sich dies beim Pflanzenwachstum bemerkbar macht, lässt sich in Mineraldüngeräquivalenten (MDÄ) ausdrücken. Dabei wird die N-Aufnahme der Nutzpflanzen im Verhältnis zur N-Zufuhr aus der Gärgülle verglichen mit den N-Aufnahmeraten der Mineraldüngervariante. Ein Feldversuch ergab MDÄ-Werte für Gärgülle (Rind) von 30–47%.⁹ Die unvergorene Rindergülle zeigte tiefere MDÄ-Werte von 26–37%. Dabei wurden drei verschiedene Kulturen untersucht: Winterweizen, Wintertriticale und Silomais. Silomais konnte aufgrund seiner

langen Vegetationsdauer die höchste Stickstoffausnutzung erzielen. Diese Werte erscheinen auf den ersten Blick nicht hoch. Sie sind folgendermassen zu interpretieren: Beim Stickstoff aus der Mineraldüngung kann, wenn Nährstoffbedarf und Düngungsmenge übereinstimmen, mit einer beinahe 100%igen Aufnahme gerechnet werden. Vom gesamten mit der Gärgülle zugeführten Stickstoff ist aber ein Teil organisch und ein Teil anorganisch. Vom anorganischen Teil kann das Meiste durch die Pflanzen aufgenommen werden, aber vom organisch gebundenen Stickstoff kann in der Periode der Zufuhr nur sehr wenig aufgenommen werden. Wenn von den beispielsweise 57% Ammonium-N das Meiste aufgenommen wird, dann liegen die MDÄ kleiner 57%. Auf langjährig organisch gedüngten Böden kann eine N-Nachlieferung aus dem Boden dazukommen. Auch andere Studien zeigen für vergorene Gülle ebenfalls eine verbesserte oder gleichwertige Stickstoffdüngewirkung (in MDÄ gemessen) als für unvergorene Gülle.^{16,30}

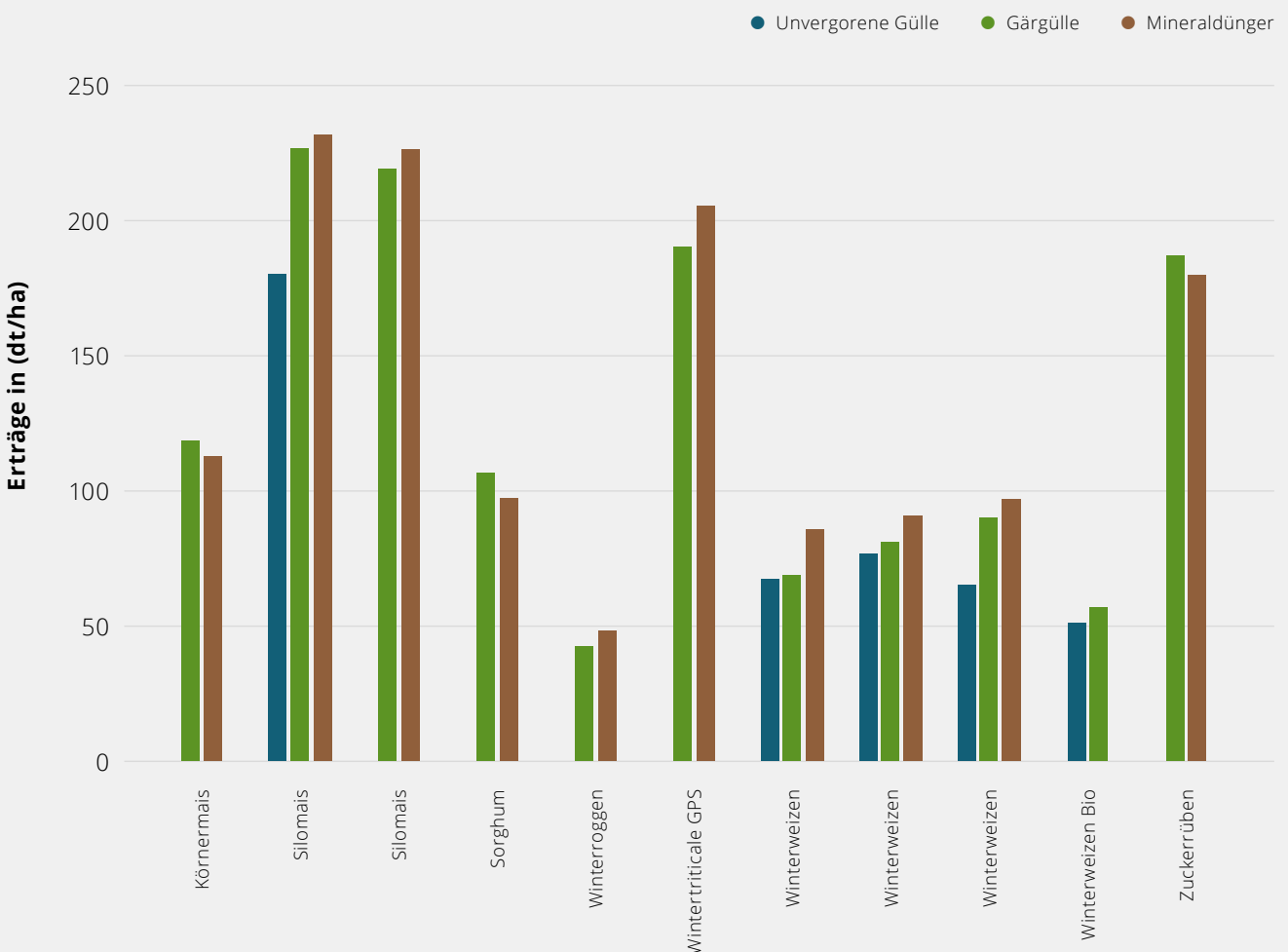
Für Gärmist wird hingegen von einer weniger raschen Düngewirkung berichtet, ähnlich wie für unvergorenen Stallmist. Obwohl der Gärmist recht viel Ammonium-Stickstoff enthält, kann dieser im Ausbringungsjahr weniger gut pflanzenwirksam werden als bei der flüssigen Fraktion. Zum einen weist Gärmist einen hohen pH auf (9 und höher), weshalb das Risiko von Ammoniakverlusten hoch ist. Zudem kann es im Boden zu einer Stickstoff-Immobilisierung kommen, wenn der Abbau der organischen Substanz langsam voranschreitet.³¹ Deswegen gelten für Gärmist spezielle Empfehlungen für die Lagerung und Ausbringung (siehe Kapitel *Ausbringung*). Gärmist hat aber einen höheren Phosphorgehalt als Gärgülle und ist wichtig für die Versorgung der Böden mit organischer Substanz.

Bei den Erträgen zeigen Feldversuche erfreuliche Ergebnisse:

Mit Gärgülle können höhere Erträge im Pflanzenbau erreicht werden als mit unvergorener Gülle. So wurden Ertragssteigerungen in Feldversuchen bei Winterweizen^{7,32,33} und Silomais³⁰ dokumentiert (siehe Abbildung 10). Im Biolandbau wurden Ertragssteigerungen von 15–28% gefunden¹⁰, wenn Ernterückstände und Zwischenfrüchte in die Vergärung und damit den Düngerpool eingebaut wurden. Gegenüber mineralischer Düngung kann Gärgülle eine Ertragsleistung von 80–100% erbringen. Feldversu-

che wurden hierbei vor allem für Wintergetreide, Silomais und Zuckerrüben durchgeführt.^{7,30,32,34,35} Die Ergebnisse bedeuten, dass ein Grossteil der Ertragsbildung und mineralischen Düngung durch die Düngung mit Vergärungsprodukten abgedeckt werden kann. So sprechen die Mineraldüngeräquivalente und die Ertragsversuche dafür, dass mit Vergärungsprodukten bedarfsgerecht gedüngt werden kann. Eine aus den Feldversuchen abgeleitete Empfehlung lautet, dass eine Frühjahrsanwendung von Vergärungsprodukten bei direkter Einarbeitung für deren Düngewirkung am vorteilhaftesten sind.³⁵

Abbildung 10: Ertragsleistung von Gärgülle im Vergleich zu unvergorener Gülle und/oder Mineraldüngung in verschiedenen Kulturen, ermittelt in mehreren Feldversuchen (Deutschland, Italien). Die Ertragsdaten stammen aus mehreren Quellen.^{7,10,30,32–35} Bei Mehrfachnennung einer Kultur unterscheiden sich Standort oder Quelle der Angaben. TS = Trockensubstanz; GPS = Ganzpflanzensilage. Bei den Versuchen wurde auf eine vergleichbare Menge an zugeführtem Stickstoff (N_{tot} oder N_{verf}) mit den Düngevarianten geachtet.



Praxisporträt 1: Fokus Langzeitanwendung

«Die positiven Auswirkungen habe ich Schwarz auf Weiss»

Die Biogasanlage auf dem Betrieb von Thomas Schnyder in Bösinggen wurde in den 70er Jahren erbaut und hat damit Pioniercharakter. Seit jeher düngt der umtriebige Landwirt seine Kulturen denn auch zu einem grossen Teil mit Gärgülle.

«Mit Gärgülle setzen wir hier einen Volldünger ein, der aufgrund vieler positiver Eigenschaften für den Pflanzenbau sehr praxistauglich ist und von den Landwirten immer mehr geschätzt und nachgefragt wird», sagt Thomas Schnyder mit Überzeugung. Der Ackerbauer, Schweinezüchter und -mäster und nicht zuletzt leidenschaftliche Biogasanlagenbetreiber spricht aus Erfahrung wenn er die positiven Eigenschaften der Vergärungsprodukte beschreibt.

Es fange schon bei der problemlosen Ausbringung an. Die Fließfähigkeit der Gärgülle sei viel besser als jene der herkömmlichen Hofdünger. Ausserdem finde praktisch keine Entmischung statt. Der hohe Ammoniumgehalt sorgt für eine verbesserte Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe und wirkt sich daher positiv auf seine Erträge aus. Darüber hinaus bringt Gärgülle sämtliche Eigenschaften von organischen Düngern mit, welche die Bodenfruchtbarkeit erhöhen. «Besonders herausheben lässt im Gegensatz zur unvergorenen Gülle, der höhere Gehalt an Kohlenstoffverbindungen, mit einer deutlich besseren Abbaufestigkeit. Dies führt dazu, dass der Restkohlenstoff aus der Gärgülle nicht allzu schnell umgesetzt wird und somit länger auf die Böden einwirken kann», bemerkt Schnyder. «Dies wertet die Gärgülle in Bezug auf ihre Humuswirkung auf. Von Flüssigdünger im Allgemeinen kann man jedoch nicht erwarten, dass durch die alleinige Anwendung Humusgehalte substantiell erhöht werden. Dafür sind die Gehalte an organischen Substanzen schlicht zu tief.»

Die langfristig positiven Auswirkungen der Gärgülle auf die Böden lassen sich auf dem Papier beweisen. So lässt Thomas Schnyder alle fünf Jahre Bodenanalysen durchführen, welche seine Böden auf Humus- und Nährstoffgehalte überprüft. Der Humusgehalt konnte über



Abbildung 11: Thomas Schnyder betreibt eine Pionier-Biogasanlage und kann beim Einsatz von Vergärungsprodukten auf über 40 Jahre Erfahrung zurückgreifen. (Bild: Charlotte Walker, wapico.ch)



Abbildung 12: Thomas Schnyder bezieht Geflügelmist von 14 Betrieben, die im Gegenzug dann auch Abnehmer für Gärgülle sind. Durch den Gärprozess wird nicht nur der Düngungseffekt verbessert, sondern auch die Geruchsproblematik entscheidend entschärft. (Bild: Ökostrom Schweiz)

Jahrzehnte stets in einem zufriedenstellenden Bereich gehalten werden. Dieser Umstand ist sehr bemerkenswert, denn der Betrieb von Schnyder ist seit den Siebzigerjahren auf Ackerbau ausgerichtet und seitdem wurden kaum feste organischen Dünger, wie Mist, eingesetzt. Dies wären grundsätzlich eher humuszehrende Voraussetzungen, welche mit Vergärungsprodukten nachweislich entgegengewirkt werden konnten. Die Böden weisen darüber hinaus sehr gute Anreicherungen mit Phosphor, Kalium und Magnesium auf. «Die hohen P- und K-Werte haben aber nicht viel mit der BGA zu tun, sondern viel eher mit dem Umstand, dass auf unserem Betrieb über eine lange Zeit Schweinehaltung betrieben wird», fügt Schnyder an.

Thomas Schnyder stellt fest, dass die Betriebe in seiner Umgebung, die Wirkung der Gärgülle mehr und mehr zu schätzen wissen. So hat er mittlerweile auch viele tierlose Betriebe unter seinen Abnehmern sowie vermehrt Bio-Betriebe, welche besonders die hygienisierenden Eigenschaften des Gärprozesses schätzen, welche der Unkrautproblematik eminent entgegenwirken. Die Nachfrage steige, was Gärgülle heute zu einem äusserst gefragten Dünger mache, welcher dann besonders im Frühjahr immer knapper werde. «Das könnte in naher Zukunft den Wert von Vergärungsprodukten enorm steigern», so Schnyder, der aktuell seine Gärgülle selbst nicht verkauft und primär Dienstleistung für die Ausbringung und den Transport ab 5 km verrechnet.

Einsatz im Biolandbau

Der Einsatz von Gärgülle im Schweizer Biolandbau erfreut sich immer grösserer Beliebtheit. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass Gärgülleprodukte gegenüber herkömmlichem Hofdünger bedeutende Vorteile aufweisen, wie wir im Kapitel «*Gute Gründe für die Verwendung von Vergärungsprodukten*» dargelegt haben.

Vergärungsprodukte im Biolandbau – ein kontrovers diskutiertes Thema

Trotz der vielen Vorteile, die Vergärungsprodukte für den Biolandbau mit sich bringen, wird deren Einsatz auch kontrovers diskutiert. Ein weit verbreiteter Kritikpunkt ist beispielweise die sich verändernde Düngungspraxis durch den Vorbehalt, dass vergorener Hofdünger den Mineraldüngern ähnlich sei. Die indirekte Düngung von Kulturen durch unvergorene Hofdünger rücke so vermehrt in den Hintergrund, was dem Grundsatz der biologischen Landwirtschaft widerspreche. Während die Schweizer Bio-Verordnung den Einsatz von Gärgülleprodukten grundsätzlich nicht direkt einschränkt, restringiert der Verein Bio Suisse den Einsatz von Gärgülleprodukten gleichermassen wie jenen von Recyclingdüngern.

Dieser Ratgeber hat zum Ziel zu einer Versachlichung dieser Diskussion auf Basis wissenschaftlicher Grundlagen beizutragen.

Restriktionen und Anforderungen des Vereins Bio Suisse

Es gelten die allgemeingültigen «Kriterien für die Abgabe von Hof- und Recyclingdünger an Bio Suisse Betriebe». Dies beinhaltet unter anderem Restriktionen zu folgenden Punkten:

- Per 01.01.2021 dürfen Bio Suisse Betriebe nur noch landwirtschaftliche Vergärungsprodukte anwenden, welche auf der FiBL-Betriebsmittelliste gelistet sind.
- Begrenzung der Nährstoffzufuhr auf Bio Suisse Betrieben durch Gärgülleprodukte auf maximal 50% ihres Nährstoffbedarfes gemäss Suisse Bilanz
- Limitierung der Transportdistanzen für die Zulieferung von Gülle (Biobetrieb → Biogasanlage) und die Auslieferung von Gärgülle (Biogasanlage → Biobetrieb) auf max. je 20 km Luftdistanz
- Limitierung der Transportdistanzen für die Zulieferung von Mist (Biobetrieb → Biogasanlage) und die Auslieferung von Gärmist (Biogasanlage → Biobetrieb) auf max. 40 km Luftdistanz

An die Vergärungsprodukte selbst werden folgende Anforderungen gestellt:

- Bei der Vergärung dürfen keine Nahrungs- und Futtermittel verwendet worden sein
- Es dürfen keine Exkremate von Tieren für die Vergärung eingesetzt werden, welche mit GVO-Futtermitteln gefüttert wurden
- Der Gehalt an Fremdstoffen muss auf ein Minimum reduziert werden. Für Kunststoff gelten folgende Höchstwerte (bezogen auf die TS des Endprodukts):
 - ab 1.1.2021: 0,1 %
 - ab 1.1.2024: 0,05 %

Die Einhaltung dieser Grenzwerte muss jährlich anhand von Analyseresultaten belegt werden.

«Wir kaufen keinen Handelsdünger mehr zu»

Alexandre Peiry betreibt eine Biogasanlage in Ferpicloz (FR) und hat sich zudem auf seinem biologisch geführten Landwirtschaftsbetrieb auf die Haltung von Milchkühen spezialisiert. Seit 8 Jahren nutzt Alexandre Peiry Vergärungsprodukte aus der Biogasanlage, um damit insbesondere auf seinen Grünflächen eine wirksame Düngung sicherzustellen.

«Wir geben jedes Jahr rund 2'800 t nicht-separierte Gärgülle auf unseren Flächen aus, was in etwa 85% der gesamten Düngung entspricht», rechnet Alexandre Peiry vor. Die restliche Menge wird durch unvergorene Gülle, respektive Mist gewährleistet. Dies nicht zuletzt auch darum, weil die Kapazität in der Biogasanlage teilweise ihr Maximum erreichte.

In Peirys Biogasanlage in Ferpicloz fallen jährlich rund 24'000 Tonnen Gärgülle an. Dies bedeutet, dass der allergrösste Teil davon wieder auf andere landwirtschaftliche Betriebe zurückgeführt wird. Alleine 2019 waren es 52 Betriebe. Transport und Ausbringung werden von einem speziell beauftragten landwirtschaftlichen Lohnunternehmen durchgeführt. «Die Wertschätzung der Gärgülle ist ausgezeichnet, die Landwirte sind zufrieden. Ohnehin steigt die Nachfrage nach Hofdünger», stellt Peiry fest.

Für den Biolandwirt sind die wichtigsten positiven Eigenschaften nachfolgende: Die dünne Gärgülle hinterlässt wenig Strohrückstände oder lange Stränge. Diese «Sauberekeit» erleichtert die Ausbringung, freut sich Peiry. Die hohe Verfügbarkeit von Stickstoff trägt dazu bei, dass er gesamthaft weniger Gülle ausbringen muss. Nicht zuletzt schätzen die Anwohner, dass die Geruchsemissionen viel geringer ausfallen. «Wir sind sehr zufrieden mit der Nährstoffwirkung, die es uns erlaubt, keinen Handelsdünger

kaufen zu müssen. Für mich als Bio-Landwirt ist dies ein grosser Vorteil, denn biologischer Handelsdünger ist sehr teuer. Mein Betrieb produziert seit 3 Jahren nach den ökologischen Richtlinien von Bio-Suisse. Wichtig sind für mich als Bio-Betrieb die schnelle Assimilation des Stickstoffs durch die Pflanzen und die Abtötung von Unkrautsamen während der Fermentation.» Doch damit die positiven Eigenschaften auch voll zur Geltung kommen, sollten idealerweise keine grossen Mengen an Gärprodukten auf einmal ausgebracht werden und kleinere Teilmengen bevorzugt werden. «Wir bringen alles mit dem Schleppschauch aus. Natürlich müssen wir uns vor Feuchtigkeit und Wind in Acht nehmen: Dies sind gute landwirtschaftliche Praktiken, genau wie bei unvergorenem Hofdünger», resümiert Peiry.

Der Betrieb von Alexandre Peiry, mit seinem hohen Anteil an Grünland beweist, dass eine Düngung durch Gärgülle auch für den Futterbau eine ausgesprochen gute Wahl ist. Vergärungsprodukte hätten einen positiven Effekt bezüglich der Minderung von Problempflanzen im Grünland, da die Gärgülle die Dichte des Grünlands fördert und somit weniger Raum für Unkrautwachstum zugelassen wird. Deshalb wird die Nutzung von intensivem Grünland gegenüber extensivem Grünland bevorzugt. Angesprochen auf die Auswirkung auf Futterqualität und Ertrag meint Alexandre Peiry: «In unserem System verwenden wir hauptsächlich Grassilage. Unsere Gärgülle ist sehr flüssig (ca. 5% Trockensubstanz) und frei von Stroh und Feststoffen, so dass weniger Material auf den Pflanzen zurückbleibt als bei herkömmlichem Hofdünger. Dies könnte der Grund für die hohe Futterqualität und die tiefe Anzahl Buttersäurebakterien in der Silage sein. Zudem sind die Auswirkungen auf die Erträge positiv, denn der Stickstoff in Vergärungsprodukten wird schnell assimiliert, was ein schnelleres Pflanzenwachstum ermöglicht.»

Als hilfreichen Tipp fügt Peiry an: «Die Erfahrung hat gezeigt, dass es besser ist, nach dem Mähen einige Tage zu warten, als direkt nach dem Schnitt zu applizieren. In diesem Fall wird die Gülle gut unter die Pflanze abgelagert und verschmutzt das Gras nicht von oben.»



Abbildung 13: Auch im Grünland ist die Verwendung von Gärgülle als Düngung ideal und wirkt sich positiv auf Futterqualität und Ertrag aus. (Bild: Ökostrom Schweiz)

Rechtliche Rahmenbedingungen - Das muss ich wissen

Die landwirtschaftlichen Vergärungsprodukte unterliegen strengen Auflagen bezüglich der Handhabung und des Vertriebs. Im Folgenden sind die wichtigsten Weisungen aus dem Modul 8 der Suisse Bilanz zusammengestellt. Im ersten Teil jene, die für Anwender und Betreiber gleichermaßen gelten, und in einem zweiten Teil sind wichtige Informationen nur für die Anlagenbetreiber zusammengetragen.

Für Anwender und Betreiber gelten folgende Regelungen:

Regelmässige Nährstoffanalysen

- Für flüssige Vergärungsprodukte (Gärgülle, Gärdünngülle): Mindestens 6 Nährstoffanalysen pro Jahr und abgegebenes Produkt.
- Für feste Vergärungsprodukte (Gärmist): Mindestens 4 Nährstoffanalysen pro Jahr und abgegebenes Produkt (vierteljährlich)

Die kantonale Kontrollstelle kann die geforderte Anzahl Nährstoffanalysen reduzieren oder erhöhen.

Ermitteln des durchschnittlichen Nährstoff-Gehalts

Für den Eintrag der Vergärungsprodukte in die Input/Output-Bilanz sowie in die Suisse-Bilanz zu berücksichtigende Nährstoffanalysen:

- für flüssige Vergärungsprodukte (Gärgülle, Gärdünngülle): Durchschnitt der mindestens 6 letzten Analysen
- für feste Vergärungsprodukte (Gärmist): Durchschnitt der letzten 4 Analysen

Eintrag der Vergärungsprodukte in die Suisse-Bilanz

Eine landwirtschaftliche Biogasanlage wird hinsichtlich Nährstoff- und Materialfluss grundsätzlich als unabhängiges System innerhalb des Landwirtschaftsbetriebs mittels Input/Output-Bilanz bilanziert. Der Betrieb führt seine Hofdünger, die in die Biogasanlage gehen, als «Wegfuhr von Hofdüngern» in seiner Suisse-Bilanz auf. Vergärungsprodukte werden dann als «Zufuhr» im Formular E «Vergärungsprodukte» verbucht.

Zufuhr von Hofdüngern von landwirtschaftlichen Biogasanlagen

In der Suisse-Bilanz ist definiert, dass für die korrekte Anrechnung der verfügbaren N-Mengen im Betrieb die ausgebrachte Menge an Gärgülle und Gärdünngülle mit einem Verfügbarkeitsfaktor von 65% ausgehend vom Gesamtstickstoffgehalt zu veranschlagen ist (siehe Tabelle). Dies sind 5% mehr als für unvergorene Gülle. Für Gärmist beträgt dieser Faktor 20% vom Gesamtstickstoff. Diese Berechnung von N_{verf} berücksichtigt auch jährliche Nachlieferungen aus organisch gebundenem Stickstoff.

| Vergärungsprodukt | Formular Suisse Bilanz | Stickstoffverfügbarkeit |
|-------------------------|------------------------|--|
| Zufuhr von Gärgülle | E | $N_{\text{verf}} = N_{\text{ges}}$ gemäss HODUFLU multipliziert mit 0.65 und korrigiert um Anteil offene Ackerfläche $\times 0.15$ |
| Zufuhr von Gärdünngülle | E | $N_{\text{verf}} = N_{\text{ges}}$ gemäss HODUFLU multipliziert mit 0.65 und korrigiert um Anteil offene Ackerfläche $\times 0.15$ |
| Zufuhr von Gärmist | E | $N_{\text{verf}} = N_{\text{ges}}$ gemäss HODUFLU multipliziert mit 0.2 |

Abbildung 14: Anrechnung der verfügbaren Stickstoffmengen in landwirtschaftlichen Vergärungsprodukten. (Quelle: BLW 2018)

- N_{org} Organischer Stickstoff ($N_{\text{org}} = N_{\text{ges}} - N_{\text{Iös}}$)
- N_{ges} Gesamtstickstoff nach Abzug der unvermeidbaren N-Verluste im Stall und bei der Hofdünger-Lagerung
- N_{verf} Verfügbarer Stickstoff. Prozentualer Anteil vom anfallenden Gesamtstickstoff in Ernterückständen, Hof-, Recycling- und Gründüngern, welcher bei optimaler Wirtschaftsweise kurz- und mittelfristig für die Pflanzen verfügbar ist bzw. verfügbar wird.

Reduktion der Anrechenbarkeit des Stickstoffs

Für die Anrechenbarkeit des verfügbaren Stickstoffs sind Korrekturmöglichkeiten für die Abnehmerbetriebe möglich. Die Korrektur erfolgt über HODUFLU, da die Lieferungen darin enthalten sind.

Es gilt folgendes Vorgehen:

- Der Bewirtschafter kann per Gesuch beim Kanton für Gärgülle oder Gärdünngülle von landwirtschaftlichen Biogasanlagen eine Korrekturbuchung in HODUFLU beantragen.
- Der Kanton nimmt in HODUFLU eine Korrekturlieferung vor: bei Gärgülle und Gärdünngülle von max. minus 7,2 % beim N_{ges}

Mit dieser Korrekturbuchung vermindert sich der Saldo in HODUFLU, welcher anschliessend in die Suisse-Bilanz des Abnehmers übertragen wird.

Für Anlagenbetreiber sind weiterhin folgende Informationen wichtig:

Input/Output-Bilanz

Biogasanlagen werden hinsichtlich Nährstoff- und Materialfluss grundsätzlich als unabhängiges System gesehen. Sämtliche zu- und weggeführten Materialien und Produkte (auch die betriebseigenen Hofdünger) werden über eine Massenbilanz (bezogen auf die Frischmasse) ein- resp. ausgebucht. Die Input/Output-Bilanz muss grundsätzlich für alle landwirtschaftlichen Biogasanlagen geführt werden.

Ausnahme: Biogasanlagen, die weniger als 20% Material nicht-landwirtschaftlicher Herkunft zuführen und keine Vergärungsprodukte wegführen, können auf eine Input/Output-Bilanz verzichten. Sämtliche Materialien und Produkte können direkt in das Suisse-Bilanz Formular A3 «Zu- und Wegfuhr von Hofdüngern» eingetragen werden.

Aufzeichnungspflicht

Alle Betreiber landwirtschaftlicher Biogasanlagen sind verpflichtet, folgende Aufzeichnungen laufend zu führen:

- Datum und Menge an Zufuhr betriebseigener und betriebsfremder Materialien landwirtschaftlicher und nicht-landwirtschaftlicher Herkunft.
- Datum und Menge an Wegfuhr der Vergärungsprodukte (inkl. der auf dem eigenen Betrieb eingesetzten Vergärungsprodukte).

Ausnahme: Biogasanlagen, die weniger als 20% Material nicht-landwirtschaftlicher Herkunft zuführen und keine Vergärungsprodukte wegführen, müssen nur Zufuhrmaterialien erfassen.

Verwendung HODUFLU

In HODUFLU müssen mindestens die Zu- und Wegfuhrmengen folgender Produkte (gemäss Vorgaben in HODUFLU) erfasst werden:

- Alle Zufuhrmaterialien landwirtschaftlicher Herkunft inkl. Gülle und Mist aus der Nutztierhaltung aus nicht landwirtschaftlichen Betrieben.
- Wegfuhr der Vergärungsprodukte, welche direkt oder indirekt (via Dritte, Handel) der Landwirtschaft zugeführt werden.

Die Zu- und Wegfuhren der restlichen Produkte können mit einem separaten Tool (bspw. Excel-Liste) erfasst und als Total in HODUFLU übertragen werden.

Bilanzierungspflicht

Alle Betreiber landwirtschaftlicher Biogasanlagen sind verpflichtet, N_{ges} und P_2O_5 sowie die zu- und weggeführten Material- und Produktmengen jährlich zu bilanzieren. Die Bilanzierung von weiteren Nährstoffen ist freiwillig.

Ausnahme: Biogasanlagen, die keine Vergärungsprodukte wegführen, können auf eine Bilanzierung verzichten.

Die in HODUFLU erfassten und bestätigten Lieferungen werden in die entsprechende Periode der Suisse-Bilanz übernommen. Ein allenfalls auftretendes Ungleichgewicht der Nährstoff-Bilanz der Biogasanlage wird nicht auf die Suisse-Bilanz des zugehörigen Landwirtschaftsbetriebes übertragen.

Analyse von Vergärungsprodukten

Alle Betreiber landwirtschaftlicher Biogasanlagen sind verpflichtet, sämtliche Vergärungsprodukte, unabhängig von der Menge, der Herkunft und der Ausbringung des vergorenen Materials, mehrmals jährlich durch ein anerkanntes Labor mindestens auf TS, organische Substanz, pH, N, P_2O_5 , K_2O , Mg, Ca und die elektrische Leitfähigkeit analysieren zu lassen.

Ausnahme: Ausgenommen von dieser Bestimmung sind Biogasanlagen, welche keine Vergärungsprodukte wegführen.

Vergärungsprodukte werden gemäss ChemRRV regelmässig auf Schwermetalle analysiert.

Aufgrund der aktuellen Thematisierung in der Öffentlichkeit werden Fremdstoffanalysen auch immer mehr Thema für landwirtschaftliche Vergärungsprodukte. Wie im Kapitel «Einsatz im Biolandbau» beschrieben, werden für Vergärungsprodukte bei Bio Suisse Fremdstoffanalysen ab 2021 Pflicht. Ökostrom Schweiz führt diesbezüglich seit 2019 jährliche Analysekampagnen für seine Mitglieder durch.

Darauf achte ich beim Ausbringen

Rechtliche Grundsätze

Die revidierte Luftreinhaltsverordnung (LRV), welche seit 12.02.2020 in Kraft ist schreibt vor, dass flüssige Hofdünger auf Flächen mit Hangneigungen bis 18 Prozent durch emissionsmindernde Verfahren auszubringen sind, falls diese Flächen auf dem Betrieb insgesamt 3 oder mehr Hektaren betragen.³⁶

Als geeignete Verfahren gelten:

- die bandförmige Ausbringung mit Schleppschlauch- oder Schleppschuhverteiltern;
- das Schlitzdrillverfahren mit offenem oder geschlossenem Schlitz;
- die Ausbringung mit Breitverteiltern im Ackerbau, sofern die ausgebrachten flüssigen Hofdünger innerhalb von wenigen Stunden in den Boden eingearbeitet werden.

Im Rahmen der Agrarpolitik 22+ hat der Bundesrat in seiner Botschaft dargelegt, die Schleppschlauchpflicht gemäss LRV neu in den ÖLN aufzunehmen. Somit wird das bis anhin angewandte Anreizsystem in ein Obligatorium überführt. Für Bewirtschafter wird es daher sehr wichtig bei einer allfälligen Neuanschaffung von Güllefässern sowie in der generellen Düngungsplanung diese neuen Umstände miteinzukalkulieren.

Darüber hinaus werden in der Schweiz die gesetzlichen Grundlagen der Düngung in der Chemikalien-Risiko-Reduktionsverordnung (ChemRRV) geregelt. Demnach dürfen während der Vegetationsruhe (Mitte Nov. – Mitte März) grundsätzlich keine N-haltigen Dünger ausgebracht werden. Es sei denn besondere Umstände des Pflanzenbaus erfordern dies. Aber auch dann gilt: Ausbringung von flüssigen Dünger nur auf Böden, die saug- und aufnahmefähig sind.³⁷

Abbildung 15: Ausbringung mit dem Schleppschuh. (Bild: Thomas Schnyder, Ökostrom Schweiz)



Mögliche Risiken von Stickstoffverlusten

Im Allgemeinen gelten beim Ausbringen von Gärgülle ähnliche Prinzipien wie bei unvergorener Gülle. Es gibt jedoch eine Reihe von Besonderheiten, welche bei der Anwendung von Gärgülle in Betracht gezogen werden müssen. Während dem Vergärungsprozess von Hofdüngern und Co-Substraten steigt der Anteil an Ammoniumgebundenem Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$), welcher für Pflanzen direkt verfügbar ist. Gleichzeitig kommt es zu einer Erhöhung des pH-Wertes in einen Bereich um 8.²⁸

Höhere Ammoniumgehalte im Zusammenspiel mit pH-Werten um die 8 können das Risiko von gasförmigen Stickstoffverlusten in Form von Ammoniak bei unsach-

gemässer Ausbringung wesentlich erhöhen. Grundsätzlich gilt, dass sich die Nährstoffverluste durch eine gute fachliche Praxis weitgehend verhindern lassen.

Ausbringtechnik und Einarbeitung

Je weniger Stickstoffverlust über Luft und Boden passiert, desto höher ist die Nährstoffwirkung von Gärprodukten. Bei der Ausbringung von Gärgülle können bei Unachtsamkeit mehr Ammoniakemissionen im Vergleich zur unbehandelten Gülle auftreten. Um dies zu vermeiden spielt die Ausbringtechnik und die Dauer zwischen Ausbringung und Einarbeitung³⁸ eine grosse Rolle. Entscheidend sind Techniken, welche den Stickstoff aus der Gärgülle bedarfsnah in die Böden bringt.

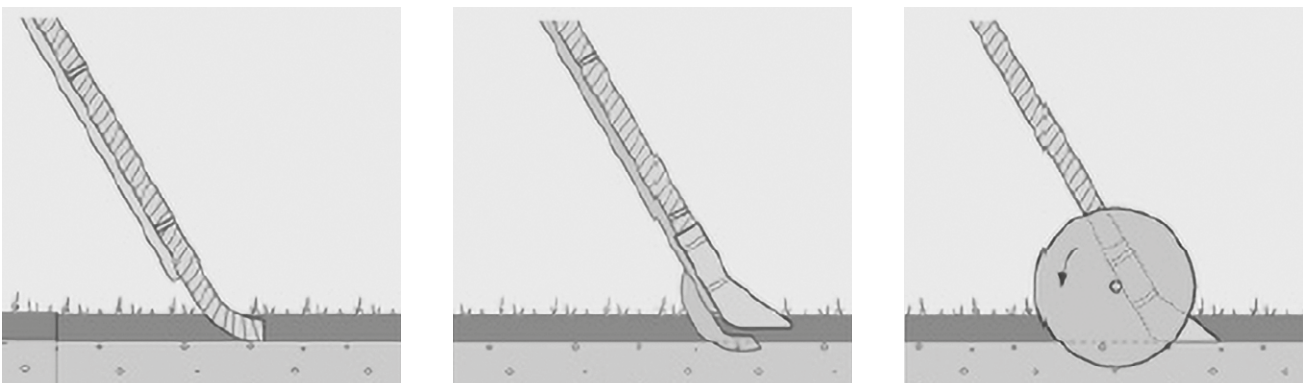
Schleppschauch

Im Gegensatz zu den vorgängig erwähnten Ausbringungstechniken, wird mit dem Schleppschauchverfahren der Flüssigdünger auf die Bodenoberfläche aufgetragen. Gegenüber Breitverteilern (Prallteller) können Schleppschläuche die Ammoniakemissionen um 50% reduzieren.³⁹ Unter Berücksichtigung der eingangs erwähnten Risiken der Stickstoffverluste, sollte Gärgülle nach Ausbringung mittels Schleppschläuchen auf unbedeckte Böden jedoch mechanisch eingearbeitet werden. Dabei wird die Einarbeitung im Optimalfall unmittelbar nach Ausbringung getätigt. Untersuchungen im Silomaisanbau haben ergeben, dass zu einer Ausgleichung der Mindererträge, welche bei einer Einarbeitung nach 24 h im Vergleich zu einer Einarbeitung nach 1 h entstehen, bis zu 50 kg Gesamtstickstoff pro ha in Form von Gärgülle nötig werden.⁹ Zur Einarbeitung eignen sich beispielsweise Stoppelbearbeitungsgeräte, Flachgrubber, diverse Eggen und Fräsen sowie Kombigeräte.

Schleppschuh und Gülledrill

Zur Düngung in Reihenbeständen oder im Grünland eignen sich das Schleppschuhverfahren oder das Injektionsgerät besonders gut. Bei der Schleppschuhtechnik wird durch eine Stahlfeder Druck auf den Boden ausgeübt. Durch Bodenkufen an der Unterseite der Schleppschuhe kann der Boden leicht aufgebrochen werden, womit eine Infiltration der Gärgülle begünstigt wird.⁹ Bei der Gülleinjektion wiederum drückt ein gewölbtes Scheibenpaar einen bis zu 5 cm tiefen Schlitz in den Boden, in den hinterher das flüssige Gärprodukt über speziell geformte Ausläufe eingebracht wird. Es wird deshalb auch das «Schlitzdrillverfahren» genannt.

Abbildung 16: Von links: Schleppschauch, Schleppschuh, Gülledrill. (Quelle: Agrarforschung Schweiz 2017)



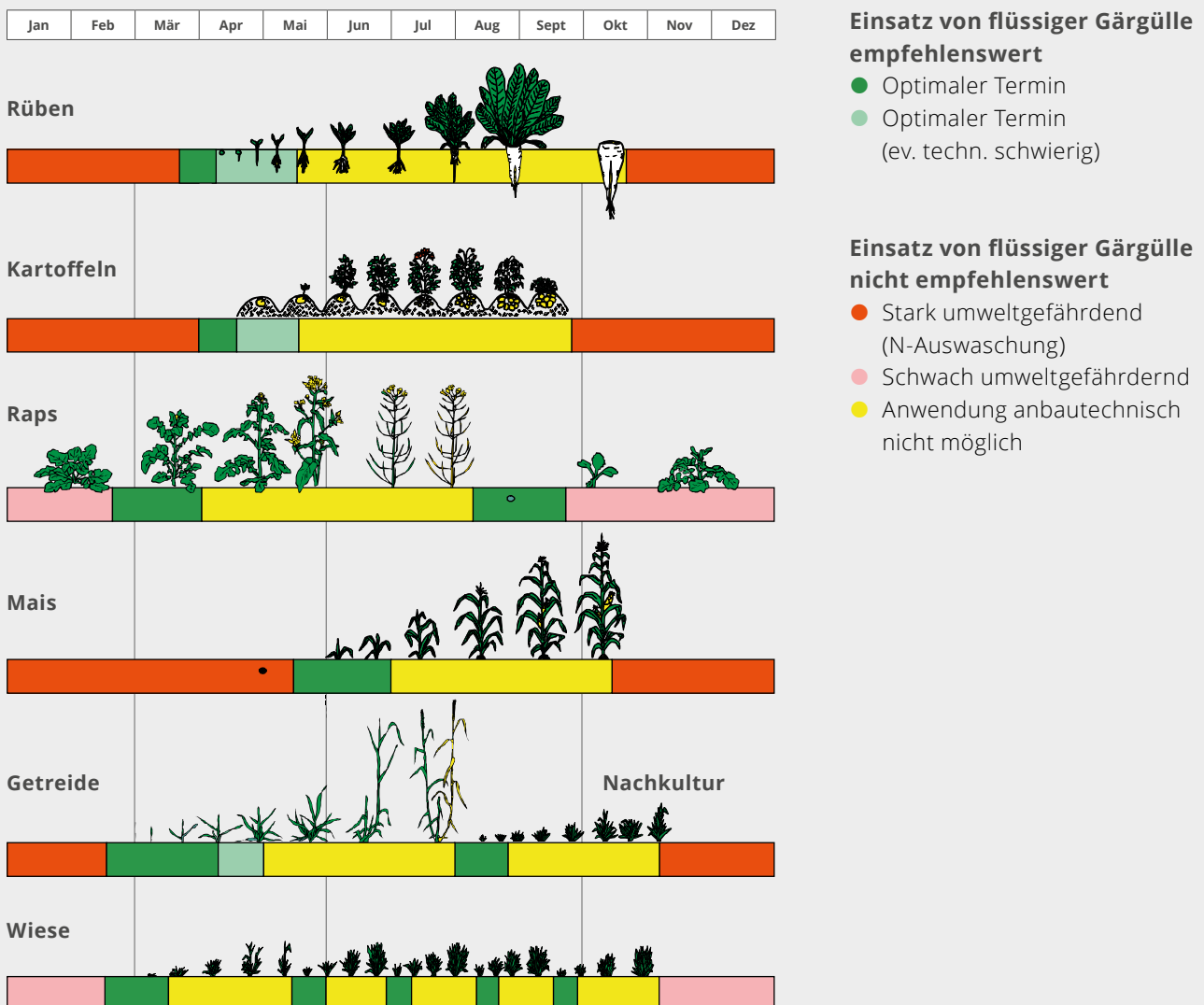
Der optimale Zeitpunkt

Flüssige Gängülle zeichnet sich dank der hohen Ammoniumgehalte durch eine sehr gute Düngewirkung und Pflanzenverfügbarkeit aus.⁸ Umso wichtiger ist es, die Ausbringung von Gängülle an den Pflanzenbedarf anzupassen. Je höher die Nährstoffgehalte des Gärsubstrats, desto besser eignet sich die Gängülle für eine Frühjahrsdüngung. Zu diesem Zeitpunkt haben Kulturpflanzen, wie beispielsweise Wintergetreide einen vergleichsweise hohen Nährstoffbedarf.⁴⁰

Die Effizienz des Düngereinsatzes mit Gängülle hängt also nicht nur von der Ausbringungstechnik ab, sondern auch massgeblich von der Anpassung an die jeweiligen Nährstoffbedürfnisse einer Kulturpflanze.

Abbildung 17: Ausbringzeiten der Gängülle.

(Grafik: Agrarforschung 16/2009, Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau, Agroscope)



Witterungsbedingte Aspekte und Bodenschutz

Neben den agronomischen Möglichkeiten, welche Stickstoffverluste verhindern und den Düngereffekt von Vergärungsprodukten maximieren, stellen günstige Witterungsbedingungen einen wichtigen Aspekt dar, den es bei der Ausbringung zu beachten gilt. So können kühle Temperaturen zusammen mit einer hohen Luftfeuchtigkeit Ammoniakverluste substantiell um bis zu 50% verringern. Windstille Verhältnisse sorgen derweil dafür, dass keine Verfrachtungen über die Luft auftreten. Ebenfalls reduzierend auf gasförmige Ammoniakverluste wirkt nachfolgender Niederschlag. Dabei ist jedoch Vorsicht geboten, denn starker Niederschlag erhöht das Risiko von Abschwemmung organischer Dünger in Oberflächengewässer sowie Auswaschung.⁴¹

Da durch emissionsmindernde Ausbringungsverfahren tendenziell schwerere Maschinen zum Einsatz kommen, sollte vermehrt auf einen nachhaltigen Bodenschutz geachtet werden. Der Gefahr durch Verdichtung kann einerseits durch verschiedene technische Massnahmen entgegengewirkt werden:

- Absenkung des Reifendrucks
- Richtige Wahl der Bereifung → falls möglich Doppelbereifung
- Permanente Fahrspuren (Controlled Traffic Farming)
- Verschlauchung ab Druckfass am Feldrand

Über die technischen Möglichkeiten hinaus ist die Wahl des richtigen Zeitpunktes bezüglich Befahrbarkeit entscheidend. Als gute Entscheidungshilfe dient das Online-Programm Terranimo, welches kostenlos verfügbar ist und über eine Simulation das aktuelle Bodenverdichtungsrisiko berechnet.

Abbildung 18: Verschlauchung ab Druckfass am Feldrand wirkt Bodenverdichtung entgegen. (Bild: Thomas Schnyder)



Praxisporträt 3: Fokus Vermarktung

Vermarktung von Gärprodukten als hochwertige Dünger

Peter Wyss, Landwirt und Inhaber der Lohnunternehmung «Wyss-Ittigen» betreibt seit 2005 eine Biogasanlage und vermarktet seither die daraus entstehenden Gärprodukte auf eine äusserst innovative Art und Weise als hochwertige organische Dünger.

«Innovation beginnt im Kopf», meint Peter Wyss und verweist auf die Überzeugungsarbeit, die geleistet werden muss, um Abnehmer von Gärprodukten zu überzeugen, dass diese als hochwertige Volldünger etwas wert sind und somit etwas kosten sollen. «Die Gärgülle ist ein hochwertiges und natürliches Düngeprodukt mit allen wichtigen Makro- und Mikronährstoffen, Spurenelementen sowie organischem Material. Es wirkt sehr schnell, da der Stickstoff in Ammoniumform vorhanden ist und deshalb auch kaum ausgewaschen wird. Die Nährstoffgehalte in der Gärgülle lassen sich darüber hinaus sehr gut nach Bedarf ergänzen.»

Doch Marketing allein genügt nicht, um Gärprodukte preisgerecht vertreiben zu können. «Zu meiner Dienstleistung gehört die Lieferung, die Beratung der richtigen Ausbringungsart, die Ausbringung und das auf den Kunden zugeschnittene Produkt – die Gärgülle», beschreibt Wyss das Paket. Zentral sei dabei ein Angebot von hochwertigen und saubereren organischen Düngeprodukten, möglichst frei von Mikroplastik. Nur so sei es möglich, Gärprodukte einzupreisen. In Sachen Ausbringung hat man die ganze Palette im Angebot. Vom Schleppschlauch über Güllegrubber bis hin zu Schlitzdrillgeräten. Die Gärgülle wird darüber hinaus separiert und nach Bedarf aufgewertet mit Schwefelzusätzen, Ammonium oder Nitrifikationshemmern. Das Ziel ist also den Landwirtschaftsbetrieben eine möglichst diverse Auswahl an Produkten und Dienstleistungen anbieten zu können. Im vergangenen Jahr tätigte der Unternehmer 1'080 Hofdüngermeldungen und Verschiebungen über HODUFLU.

Den Preis für seine Gärprodukte legt Wyss anhand der entsprechenden Nährstoffgehalte fest. Als Ansatz dient der Preis des Handelsdüngers mit derselben Menge an Nährstoffen. Verrechnet wird dem Abnehmer aber nur



Abbildung 19: Peter Wyss bietet seinen Kunden eine breite Palette an hochwertigen, organischen Düngeprodukten in Kombination mit innovativen Ausbringungstechniken an. (Bild: EWB)

die Hälfte. «Im Prinzip bleiben 50% des Preises dem Lieferanten (Anlagenbetreiber) und die anderen 50% erhält der Landwirt. Eine Win-win-Situation.» Die entsprechenden Nährstoffgehalte und aktuellen Preise der jeweiligen Gärprodukte werden unter anderem in Broschüren transparent aufgelistet.

Peter Wyss ist überzeugt: «Das zukünftige Marktpotenzial ist riesig, und der Preis wird sich nach oben bewegen. Daher wird es umso wichtiger sein, dass sich die Branche bezüglich Vertrieb und dem Bewerben von Gärprodukten vermehrt professionalisiert.»

Literaturverzeichnis

- 1 Kaufmann U. Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien. Ausgabe 2018. Bern, Schweiz: Eicher + Pauli AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie; 2019.
- 2 Bayerisches Landesamt für Umwelt. Bestimmung von Geruchsemissionen an Biogasanlagen. Emissionen von Silagen und Biogasmotoren. Augsburg, Deutschland; 2014.
- 3 DLG. Gärreste im Ackerbau effizient nutzen. Frankfurt am Main, Deutschland: Fachzentrum Landwirtschaft; 2017. DLG-Merkblatt 397.
- 4 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Deutsches BiomasseForschungsZentrum, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, und Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik (eds.). Leitfaden Biogas: von der Gewinnung zur Nutzung. 7. Auflage. Rostock: Druckerei Weidner; 2016.
- 5 Hjorth M, Nielsen AM, Nyord T, Hansen MN, Nissen P, and Sommer SG. Nutrient value, odour emission and energy production of manure as influenced by anaerobic digestion and separation. *Agron Sustain Dev* 29:329–338 (2009).
- 6 St-Pierre B and Wright A-DG. Implications from distinct sulfate-reducing bacteria populations between cattle manure and digestate in the elucidation of H₂S production during anaerobic digestion of animal slurry. *Appl Microbiol Biotechnol* 101:5543–5556 (2017).
- 7 Reinhold G and Zorn W. Eigenschaften von Gärresten und deren Wirkung auf Ertrag und Bodeneigenschaften. Berlin, Deutschland; 2015.
- 8 Reinhold G, Riedel R, Zorn W, and König V. Eigenschaften von Biogasgülle. Jena, Deutschland: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft; 2012.
- 9 LfL Bayern. Biogasgärreste. Einsatz von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel. Freising-Weihenstephan, Deutschland: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft; 2013.
- 10 Möller K and Müller T. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: a review. *Eng Life Sci* 12:242–257 (2012).
- 11 Nkoa R. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. *Agron Sustain Dev* Springer; 34:473–492 (2014).
- 12 Richner W. and Sinaj S. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). Agroscope; 2017. Agrarforschung Schweiz 8(6).
- 13 Pötsch EM, Pfundtner E, Resch R, and Much P. Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärrückständen aus Biogasanlagen. *Biogasproduktion – alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft* Irdning, Österreich; 2004.
- 14 Gansberger M, Weinhappel, Ma, and Brandstetter A. Unkrautsamen werden in Biogasanlagen abgetötet. *Landwirtschaft* :14 (2009).
- 15 Fuchs J. Studie zur Persistenz von Erdmandelgras (*Cyperus esculentus*) und Japanknöterich (*Reynoutria japonica*) in Kompostierungs- und Vergärungsprozessen. Frick, Schweiz: FiBL; 2017.
- 16 Mokry M. Gärreste nachhaltig in der Pflanzenproduktion nutzen. 4. Wintertagung Ökologischer Landbau Ba-Wü. landinfo 1/2011.
- 17 Philipp W. Seuchen- und umwelthygienische Aspekte von Biogasanlagen und Gärresten. Thüringer Referentennachmittag. 2012.
- 18 Fuchs J. Abschätzung des hygienischen Risikos im Zusammenhang mit der Anwendung von flüssigem Gärgut in der Schweiz. Frick, Schweiz: FiBL; 2014.
- 19 Fuchs J. Hygienische Qualität von schweizerischem flüssigem Gärgut und daraus abgeleitete Anwendungsempfehlungen. *compostmagazine* 1 (2015).
- 20 Zihlmann U, Weisskopf P, Chervet A, and Seitz B. Humus in Ackerböden – vermehren statt verzehren. Lindau, Schweiz: Agridea; 2019.

- 21 VDLUFA. Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Bonn, Deutschland: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten; 2004.
- 22 Nielsen K. Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit beim Einsatz von Gärprodukten aus Biogasanlagen. Berlin, Deutschland: Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP); 2018.
- 23 Schrader S, Wolfarth F, Oldenburg E, and Brunotte J. Förderung der Bodengesundheit. Bodentiere dezimieren Schadpilze und ihre Toxine. Braunschweig, Deutschland: Julius Kühn-Institut; Johann Heinrich von Thünen-Institut; 2014.
- 24 Butz-Strazny F and Ehrensberger R. Auswirkungen von mineralischer und organischer Düngung auf Mesostigmata (Raubmilben) und Collembola (Springschwänze) im Ackerboden. *Bodenmesofauna Naturschutz* :220–249 (1993).
- 25 Burmeister J, Walter R, and Fritz M. Auswirkung der Düngung mit Biogasgärresten auf die Bodentiere. Freising, Deutschland: ALB Bayern e.V.; 2014.
- 26 Fachverband Biogas e.V. Düngen mit Gärprodukten. 2018.
- 27 Hecht M. Die Bedeutung des Carbonat-Puffersystems für die Stabilität des Gärprozesses landwirtschaftlicher Biogasanlagen. [Bonn, Deutschland]: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität; 2008.
- 28 Jarosch K, Richner W, and Mayer J. Stickstoffausnutzungseffizienz von Biogasgülle. *Agrarforschung Schweiz* 9:76–81 (2018).
- 29 Möller K. Effects of anaerobic digestion on soil carbon and nitrogen turnover, N emissions, and soil biological activity. A review. *Agron Sustain Dev* 35:1021–1041 (2015).
- 30 Cavalli D, Cabassi G, Borrelli L, Fucella R, Degano L, Bechini L, and Marino P. Nitrogen fertiliser value of digested dairy cow slurry, its liquid and solid fractions, and of dairy cow slurry. *Ital J Agron* 9 (2014).
- 31 Abächerli F, Baier U, Berner F, Bosshard C, Fuchs J, Galli U, Gfeller H, Leuenberger R, Mayer J, Pfaffen P, Schleiss K, Trachsel D, and Wellinger A. Schweizerische Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut. Inspektoratskommission der Kompostier- und Vergärbranche der Schweiz; 2010.
- 32 Wendland M, Aigner K, Offenberger K, and Lichti F. Biogasdüngungsversuch zu Winterweizen mit Kornnutzung (Versuch 549). Freising, Deutschland: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft; 2012.
- 33 Haag J and Fritz M. Optimierter Gärrest-Einsatz in Energiepflanzenfruchtfolgen – Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben EVA. Berlin, Deutschland; 2015.
- 34 Matuschek D, Knieke J, and Hoffmann A. Düngung mit Gärresten zu Wintergetreide, Winterraps und Zuckerrüben. Landwirtschaftskammer Niedersachsen; 2012.
- 35 Möller K. Düngewirkung von Gärresten – Versuchsergebnisse der Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Northeim, Deutschland; 2014.
- 36 Der Schweizerische Bundesrat. Luftreinhalte-Verordnung. LRV 2020.
- 37 Amt für Landwirtschaft und Natur. *Ausbringung von Gülle und Mist im Winter. Checkliste.*; AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft; ALN Amt für Landschaft und Natur; Staatsanwaltschaften des Kantons Zürich; Kantonspolizei Zürich; Zürcher Bauernverband; 2015.
- 38 Möller K and Stinner W. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *Eur J Agron Elsevier*; 30:1–16 (2009).
- 39 Häni C, Sintermann J, Kupper T, Jocher M, and Neftel A. Ammonia emission after slurry application to grassland in Switzerland. *Atmos Environ Elsevier*; 125:92–99 (2016).
- 40 LfL. Düngung mit Biogasgärresten. Effektiv – umweltfreundlich – bodenschonend. Weichering, Deutschland: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft; 2012.
- 41 Schoop J and Fischler M. Emissionsmindernde Ausbringverfahren. Lindau, Schweiz: Agridea; 2020.

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------------------|---|-----------|
| Abbildung 1 | Die Vorteile von Vergärungsprodukten sind wissenschaftlich nachgewiesen. (Bild: Ökostrom Schweiz) | 4 |
| Abbildung 2 | Schema einer landwirtschaftlichen Biogasanlage. (Quelle: Ökostrom Schweiz) | 5 |
| Abbildung 3 | Durchschnittliche Substratzusammensetzung einer landwirtschaftlichen Biogasanlage – Stand 2019. (Quelle: Ökostrom Schweiz) | 6 |
| Abbildung 4 | Gärgülle ist einfach in der Anwendung. (Bild: Ökostrom Schweiz) | 8 |
| Abbildung 5 | Rhizome des Erdmandelgrases werden in Biogasanlagen komplett abgetötet. (Bild: Agroscope) | 9 |
| Abbildung 6 | Kohlenstoffbilanzierung von Hofdüngern mit und ohne Vergärung (Grafik: Ökostrom Schweiz nach Reinhold 1988) | 10 |
| Abbildung 7 | Vergärungsprodukte fördern nachweislich wichtige Bodenlebewesen wie den Regenwurm. (Bild: G. Brändle, Agroscope) | 11 |
| Abbildung 8 | Die vier Prozesse der anaeroben Vergärung und dabei entstehende, wichtige Stoffwechselprodukte. (Quelle: Ökostrom Schweiz) | 12 |
| Abbildung 9 | Durchschnittliche Nährstoffgehalte in Schweizer Vergärungsprodukten aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen. (Mehrere Quellen) | 13 |
| Abbildung 10 | Ertragsleistung von Gärgülle im Vergleich zu unvergorener Gülle und/oder Mineraldüngung in verschiedenen Kulturen, ermittelt in mehreren Feldversuchen (Deutschland, Italien). (Mehrere Quellen) | 14 |
| Abbildung 11 | Thomas Schnyder betreibt eine Pionier-Biogasanlage und kann beim Einsatz von Vergärungsprodukten auf über 40 Jahre Erfahrung zurückgreifen. (Bild: Charlotte Walker, wapico.ch) | 15 |
| Abbildung 12 | Thomas Schnyder bezieht Geflügelmist von 14 Betrieben, die im Gegenzug dann auch Abnehmer für Gärgülle sind. Durch den Gärprozess wird nicht nur der Düngungseffekt verbessert, sondern auch die Geruchsproblematik entscheidend entschärft. (Bild: Ökostrom Schweiz) | 16 |
| Abbildung 13 | Auch im Grünland ist die Verwendung von Gärgülle als Düngung ideal und wirkt sich positiv auf Futterqualität und Ertrag aus. (Bild: Ökostrom Schweiz) | 19 |
| Abbildung 14 | Anrechnung der verfügbaren Stickstoffmengen in landwirtschaftlichen Vergärungsprodukten. (Quelle: Weisungen zur Handhabung von Vergärungsprodukten in der Suisse-Bilanz, Zusatzmodul 8 zur Suisse-Bilanz, Auflage 1.3 Dezember 2018) | 20 |
| Abbildung 15 | Ausbringung mit dem Schleppschuh. (Bild: Thomas Schnyder, Ökostrom Schweiz) | 23 |
| Abbildung 16 | Schleppschlauch, Schleppschuh, Gülledrill. (Quelle: Agrarforschung Schweiz 2017) | 24 |
| Abbildung 17 | Ausbringzeiten der Gärgülle. (Grafik: Agrarforschung 16/2009, Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau, Agroscope) | 25 |
| Abbildung 18 | Verschlauchung ab Druckfass am Feldrand wirkt Bodenverdichtung entgegen. (Bild: Thomas Schnyder) | 26 |
| Abbildung 19 | Peter Wyss bietet seinen Kunden eine breite Palette an hochwertigen, organischen Düngeprodukten in Kombination mit innovativen Ausbringungstechniken an. (Bild: EWB) | 27 |

Glossar

| | |
|-------------------------------------|--|
| BAFU | Bundesamt für Umwelt |
| BHKW | Blockheizkraftwerk |
| BLW | Bundesamt für Landwirtschaft |
| Ca | Calcium |
| CH₄ | Methan |
| ChemRRV | Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung |
| CO₂ | Kohlenstoffdioxid |
| Dt | Dezitonne/Doppelzentner |
| DüV | Düngerverordnung |
| FS | Frischsubstanz |
| GPS | Ganzpflanzensilage |
| GRUD | Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau |
| GWh | Gigawattstunde(n) |
| H₂ | Wasserstoff |
| H₂S | Schwefelwasserstoff |
| Ha | Hektar(en) |
| HODUFLU | «Hofdüngerflüsse» → Internetprogramm des Bundesamt für Landwirtschaft |
| K | Kalium |
| kW | Kilowatt |
| kWh | Kilowattstunde |
| LfL | Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft |
| LRV | Luftreinhalte-Verordnung |
| MDÄ | Mineraldüngeräquivalent |
| N_{ges} | Gesamtstickstoff |
| NH₃ | Ammoniak |
| NH₄⁺-N | Ammoniumstickstoff |
| N_{iös} | löslicher Stickstoff ≙ direkt pflanzenverfügbare Stickstoff (Nitrat (NO ₃ -)) |
| N_{org} | organisch gebundener Stickstoff |
| N_{verf} | (mittelfristig) verfügbarer Stickstoff |
| ÖLN | Ökologischer Leistungsnachweis |
| P₂O₅ | Phosphorpentoxid |
| pH | pH-Wert (<i>pondus Hydrogenii</i> ≙ Mass für Wasserstoffkonzentration) |
| TS | Trockensubstanz |



Ökostrom Schweiz

Fachverband landwirtschaftliches Biogas
Association faitière des biogaz agricoles

Ökostrom Schweiz
Technoparkstrasse 2
8406 Winterthur

info@oekostromschweiz.ch
www.oekostromschweiz.ch