



Infoblatt

In Biogasanlagen wird durch die Vergärung organischer Stoffe unter anderem Energie erzeugt, wobei die Gärreste wieder als Dünger eingesetzt werden können. Im folgenden Infoblatt, welches im Rahmen des ELER-geförderten Projekts INNONährstoffe erstellt wurde, sollen Funktionsweisen und Stoffströme rund um Biogasanlagen erklärt werden.

Inhalt

1	Allgemein	2
2	Stoffströme in der Biogasanlage.....	2
3	Aufbau einer Biogasanlage	4
4	Anwendung der Gärreste	5
5	Energie- und Wärmegewinnung mit Biogas.....	8
6	Umsetzung und Perspektiven in Südtirol	9

1 Allgemein

In Biogasanlagen wird Biomasse durch mikrobielle Vergärung unter Ausschluss von Sauerstoff (anaerob) abgebaut. Dabei entstehen vor allem Methan (CH₄) und Kohlenstoffdioxid (CO₂), welche zur Energiegewinnung eingesetzt werden können. Da es sich in jedem Fall um nachwachsende Rohstoffe handelt, zählt Biogas zu den erneuerbaren Energiequellen. Der Abbauprozess läuft kontinuierlich ab, weshalb sowohl eine periodische Zufuhr von neuem Substrat als auch die Einhaltung einer konstanten Temperatur (>40 °C) im Fermenter notwendig sind. Bei Einhaltung dieser Grundregeln ist eine Biogasanlage relativ einfach (vor allem im Vergleich zu Holzvergasungsanlagen) zu betreiben. Sie bietet zudem den Vorteil, dass sie im Gegensatz zu Photovoltaik- und Windkraftanlagen wetterunabhängig funktioniert.

2 Stoffströme in der Biogasanlage

2.1 Substrat

Als Substrat wird beim Betrieb einer Biogasanlage jenes Material bezeichnet, welches für die Fermentation und somit für die Gasgewinnung eingesetzt wird. Dieses Material kann sowohl pflanzlichen als auch tierischen Ursprungs sein und je nach Betriebsart als alleiniges Ferment oder als Co-Ferment eingesetzt werden. Grundsätzlich sind die meisten organischen Materialien für Biogasanlagen geeignet. Zu beachten gilt, dass der Anteil an leicht abbaubaren Substanzen wie einfachen Kohlenhydraten, Fetten und Proteinen möglichst hoch sein sollte, um die größtmögliche Methanausbeute zu erreichen. Materialien wie Holz, mit schwer abbaubaren Kohlenhydraten, eignen sich kaum für Biogasanlagen.

Die Methanausbeute wird anhand des organischen Anteils im getrockneten Substrat errechnet. Daten dazu sind online zu finden, zum Beispiel bei der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (<https://bit.ly/ausbeutebiogassubstrat>).

2.1.1 Tierisches Substrat

Als tierisches Substrat kommen die Rückstände aus der Tierhaltung in Frage, das heißt Festmist und Gülle ggf. vermischt mit Resten von Einstreu und Futter von Rindern, aber auch von anderen Tierarten (Schafe, Ziegen, Schweine, etc.).

Um eine vollständige Fermentation zu ermöglichen, muss sichergestellt werden, dass das Substrat nicht durch Antibiotika oder Desinfektionsmittel verunreinigt ist, da diese die Gärprozesse hemmen können.

Der Transport tierischer Gärsubstrate ist nur über wenige Kilometer rentabel. Allerdings wirkt sich die Verwertung von Gülle und Festmist als Biogas-Substrat positiv auf die Umwelt aus, da dadurch Methanemissionen stark reduziert werden und die Energieerzeugung nicht zur Flächenkonkurrenz im Ackerbau führt.

2.1.2 Pflanzliches Substrat

Derzeit dienen als pflanzliche Substrate meist Mais, Zuckerrüben, Grassilagen oder Ganzpflanzensilagen.

Mais zeichnet sich durch seine hohen Hektarerträge, den hohen Stärkegehalt und die gute Lagerfähigkeit als Silage aus und ist deshalb das am häufigsten eingesetzte pflanzliche Gärsubstrat. Auch Zuckerrüben zeichnen sich durch hohe Hektarerträge aus und sind gut fermentierbar, allerdings können Verschmutzungen durch Erde auftreten. Eine langfristige Lagerung ist nicht möglich, da sich das Material zersetzen würde. Ganzpflanzen- und Grassilagen sind gut lagerbar und können zu einem wirtschaftlichen Anbau beitragen (z. B. als Verwertung von Gründüngung).

In Südtirol werden pflanzliche Substrate nur als Co-Fermente eingesetzt, da lokale Biogasanlagen vor allem auf Wirtschaftsdünger als Substrat ausgelegt sind.

2.2 Fermentation

Die Vergärung findet in der Biogasanlage unter Ausschluss von Sauerstoff (anaerob) statt und kann in vier Phasen unterteilt werden. Während der Hydrolyse werden Makronährstoffe wie Kohlenhydrate, Proteine und Fette abgebaut. Die dabei entstehenden Einfachzucker, Amino- und Fettsäuren werden anschließend zu organischen Säuren und Alkoholen verstoffwechselt. Im vorletzten Schritt erfolgt die Essigsäurebildung. Dabei entstehen zusätzlich Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff, was schließlich zur Methanbildung führt. In einem ausgeglichenen Prozess laufen alle Schritte synchron. Das entstandene Biogas hat einen durchschnittlichen Methananteil von ca. 60 %.

2.3 Gärrest

Gärrest, oder auch Biogasgülle, wird das Substrat nach der Gärung genannt. Es kann sowohl flüssig als auch fest sein. Aufgrund des hohen Nährstoffgehalts eignet sich der Gärrest als landwirtschaftlicher Dünger und kann somit idealerweise wieder in den Stoffkreislauf einfließen. Die Nährstoffgehalte der Biogasgülle können allerdings je nach Art und Zugabe von Kofermenten stark schwanken. Je nach Verweildauer wird im Fermenter ein Teil der Kohlenstoffverbindungen der organischen Masse in Methan und Kohlendioxid abgebaut. Durch diesen Prozess wird die organische Masse um 30 bis 60% reduziert. Dies hat zur Folge, dass die Biogasgülle besser von den Pflanzen abläuft und leichter im Boden versickert als frische Gülle. Dadurch verringern sich die Ammoniakverluste und folglich auch die Gefahr von Pflanzenverätzungen. Bei sachgerechter Vergärung sinkt zudem die Geruchsbelästigung deutlich. (Ausbringung siehe Kapitel 4)

3 Aufbau einer Biogasanlage

Bei der Ausgestaltung von Biogasanlagen gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme, Techniken und Funktionsweisen. Der übliche Aufbau umfasst folgende Komponenten:

<i>Vorgrube (+Aufbereitung)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lager für zu vergärende Biomasse • Je nach Substrat Zerkleinerung / Vorbehandlung nötig vor dem Weitertransport in den Fermenter
<i>Fermenter (Gärtank) mit Rührwerk und ggf. Heizung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasse gelangt über Transportsystem zum Fermenter • Durch mikrobielle Abbauprozesse entsteht Biogas • Fermentation findet bei >40 °C statt • Folienhaube dient als Gasspeicher
<i>Gärrestlager</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Gärreste werden nach der Fermentation durch Transportsystem ins Lager gebracht • Verwendung als Dünger
<i>Gasspeicher + Blockheizkraftwerk</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung von Strom / Wärme durch Generator
<i>Gasaufbereitungs- anlage</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung von Biomethan

Beim Bau von Biogasanlagen sind die baulichen Komponenten (Fermenter, Betriebsgebäude, Lagergruben) und die technischen Komponenten (Substrateinbringung, Rührwerke, Rohrleitungen, ...) die größten Kostenfaktoren. Je einfacher diese ausgeführt sind, desto günstiger kann eine Biogasanlage errichtet werden.

Im laufenden Betrieb ist die Überwachung der Abbauprozesse und die Wartung, hauptsächlich der maschinellen Teile, entscheidend für eine hohe Gasausbeute und geringe Wartungskosten.

4 Anwendung der Gärreste

Wie bei allen Wirtschaftsdüngern gilt auch für Biogasgülle, dass diese nicht auf bestehenden Kulturen, welche für den menschlichen Verzehr vorgesehen sind, ausgebracht werden darf. Die Substrat- und Anwendungseigenschaften werden durch den Fermentationsprozess und die Zugabe von Kofermenten bestimmt. Um eine optimale Nährstoffversorgung der Kulturpflanzen zu erreichen und die Düngung sachgerecht anwenden zu können, wird deshalb eine regelmäßige Nährstoffanalyse empfohlen (Durchschnittswerte siehe Tabelle 1).

Tabelle 1.: Nährstoffgehalte Biogasgülle ohne Kofermente (Giovanni Perathoner, 2021).

Parameter	Mittelwert
pH-Wert	7,8
TS-Gehalt (%)	6,7
Asche (kg/m ³)	19,9
Org. Substanz (kg/m ³)	47,1
NH ₄ -N (kg/m ³)	1,6
N (kg/m ³)	3,6
NH ₄ -N (%)	46,5
P ₂ O ₅ (kg/m ³)	1,7
K ₂ O (kg/m ³)	5,4
MgO (kg/m ³)	1,1
CaO (kg/m ³)	2,3

4.1 Ausbringungsmengen

Die Ausbringungsmenge muss an die jeweilige Kultur und Bodenart angepasst sein.

Im Grünland kann eine Düngermenge von 15 - 20 m³/ha eingesetzt werden. Zwischen den Schnitten sollte die Ausbringungsmenge auf 10 - 15 m³/ha reduziert werden. Die Ausbringung muss allerdings im Abstand von mindestens drei Wochen vor dem Schnitt oder einer Beweidung erfolgen.

Im Obstbau empfehlen wir eine Düngermenge von 12 m³/ha und Jahr einzusetzen. In Ertragsanlagen kann diese Menge bevorzugt auf dem Baumstreifen, bei Neupflanzungen ganzflächig ausgebracht werden. Um Blattverbrennungen zu vermeiden, sollte darauf geachtet werden, keine grünen Pflanzenteile zu benetzen.

Im Weinbau kann je nach Wachstum der Rebanlage, vor dem Austrieb eine Düngermenge von 10 - 15 m³/ha eingesetzt werden. Die Ausbringung kann auch auf der gesamten Rebfläche durchgeführt werden.

4.2 Ausbringungstechniken

Durch die reduzierte Trockenmasse und das dadurch raschere Einsickern der Biogasgülle in den Boden besteht eine höhere Gefahr des Nitratreintrages. Aufgrund des hohen Ammoniumanteils der Gülle sollte nur mit emissionsarmen Ausbringungstechniken gedüngt werden. Als emissionsarme Ausbringungstechniken gelten zum Beispiel Schleppschlauch, Schleppschuh, Injektortechnik oder die Ansäuerung der Gülle.

4.2.1 Schleppschlauch

Schleppschlauch ist die älteste Technik, bei welcher die Gülle bodennah über ein Schlauchverteilersystem ausgebracht wird. Mit dem Schleppschlauch wird eine Emissionsreduzierung von 30 % erreicht. Voraussetzung ist die Verwendung einer Gülle mit einem Trockenmassegehalt unter 6 %. Durch die Ablage in wurstform kann es bei zu hohen TS-Gehalten zu verstärkter Ausgasung des Ammoniumstickstoffs im Gülleband kommen.

Im Ackerbau sollte deshalb nach der Ausbringung der Gülle diese in den Boden eingearbeitet werden. Im Grünland ist dieses System aufgrund der höheren Gefahr der Futtermverschmutzung weniger geeignet.

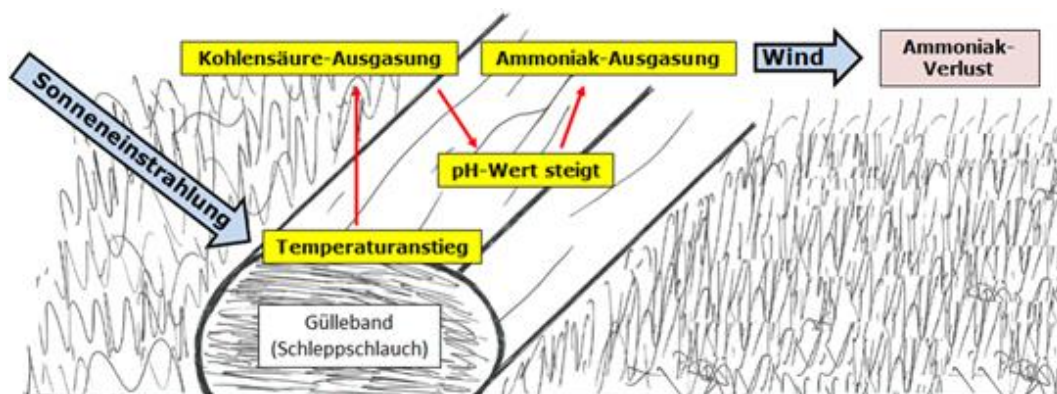


Abbildung 1: Ausbringung mit Schleppschlauch

4.2.2 Schleppschuh

Die Schleppschuhtechnik ist eine weiterentwickelte Form des Schleppschlauchs. Durch den Schuh am Rohausgang wird die Gülle leicht in den Boden eingeschleift und es entsteht ein sehr flaches und schmales Gülleband. Dadurch wird eine Emissionsreduzierung um die 50 % erzielt. Im Grünland ist dieses System sehr gut geeignet, da die Düngung in den wachsenden Bestand bis zu einer Aufwuchshöhe von 15 cm eingesetzt werden kann. Der optimale TS-Gehalt zur Ausbringung beträgt 4 bis 5 % wobei die Ausbringung auch mit gehalten über 6 % möglich ist. Die technische Grenze liegt bei 8 % Trockensubstanzgehalt. Bei TS-Gehalten über 6 % muss auf einen nachfolgenden Niederschlag geachtet werden, damit die Gülle ausreichend in den Boden abfließen kann.

4.2.3 Injektortechnik

Die höchste technische Emissionsreduzierung wird mit dem Injektor- oder Schlitzverfahren erreicht. Bei dieser Ausbringungstechnik wird die Gülle durch verschiedene Schlitztechniken (z.B. Scheibenschlitzverfahren) direkt in den Boden injiziert. Die Emissionen können dadurch um 70 bis 80 % reduziert werden. Im Ackerbau ist dieses System empfehlenswert, da eine nachträgliche Einarbeitung nicht mehr notwendig ist. Im Grünland wird dies weniger empfohlen, da durch das Schlitzten die Grasnarbe verletzt und aufgerissen wird. Unter anderem können sich so auch unerwünschte Pflanzen leichter ausbreiten.

4.2.4 Ansäuerung der Gülle

Das Ansäuern der Gülle ist ein neueres Verfahren, um Emissionen zu reduzieren. Durch das Absenken des pH-Wertes in der Gülle liegt der Großteil des Stickstoffs in gelöster Form vor und kann nicht mehr gasförmig entweichen. Ein weiterer positiver Effekt ist, dass klimatische Bedingungen wegen des höheren gebundenen Ammoniumanteils einen geringen Einfluss auf die Emissionen beim Ausbringen haben. Derzeit wird zur pH-Absenkung Schwefelsäure eingesetzt. Die Emissionsreduzierung beträgt dadurch im Grünland 66 % und im Getreidebau 44 %. Allerdings ist die Handhabung der Schwefelsäure aus arbeitssicherheitstechnischen Gründen sehr problematisch. Zudem wirkt Schwefelsäure korrosiv, sodass dies auch zu Problemen in der Güllegrube führen kann. Aus diesem Grund wurde ein eigenes System entwickelt, welches die Schwefelsäure direkt bei der Ausbringung in die Gülle injiziert. Momentan werden bei Rindergülle zwei bis drei Liter Schwefelsäure pro m³ Gülle benötigt, was das Verfahren sehr kostspielig macht. Zurzeit sind einige Versuche mit Alternativen zu Schwefelsäure (z.B. Zitronensäure oder Milchsäure) am Laufen, welche die Anwendung bzw. Handhabung verbessern könnten.

4.2.5 Nicht-technische Maßnahmen

Neben den technischen Lösungen zur emissionsarmen Ausbringung können auch nicht technische Maßnahmen angewandt werden:

- Ausbringung bei kühler, feuchter Witterung und annähernder Windstille
- Ausbringung vorzugsweise am Abend
- Ausbringung kleinerer Mengen (Splitting)
- Ausbringung in den Pflanzenbestand (Ackerbau)

5 Energie- und Wärmegewinnung mit Biogas

5.1 Blockheizkraftwerk (BHKW)

Mittels eines BHKWs kann aus dem entstandenen Biogas Energie erzeugt werden, indem das Gas mit einem Verbrennungsmotor in Strom umgewandelt wird. Die dabei durch Abgas und Motorkühlung entstehende Wärme kann für die Anlage selbst (Heizung des Gärbehälters, Gebäudeheizung) und/oder für die Nah- und Fernwärme genutzt werden.

Konkret bedeutet dies folgendes: Pro Kuh entstehen rund 22 m³ Gülle im Jahr, also etwa 660 m³ Biogas mit einem Methananteil von 60 % und einem Energiegehalt von ungefähr 6 kWh pro m³. Daraus ergeben sich $660 \times 6 = 3.960$ kWh Energie, 30 % davon elektrisch, der Rest thermisch. Rund 50 % der Wärme werden als Prozessenergie zur Aufheizung des Fermenters gebraucht. Folglich sind je GVE bei Abzug von Verlusten jährlich gut 1.000 kWh Strom und 1.200 kWh Wärme nutzbar.

5.2 Aufreinigung zu Biomethan

Rohbiogas kann durch verschiedene Verfahrensschritte zu Biomethan aufgereinigt werden (Biogasentschwefelung, Gastrocknung, Trennung von Methan und Kohlenstoffdioxid, Konditionierung). Das Biomethan kann anschließend in das Erdgasnetz eingespeist oder direkt in Tankstellen oder Gasflaschen abgefüllt werden.

Da diese Aufreinigung allerdings sehr kostenintensiv ist, lohnt sich dieses Verfahren derzeit erst ab einer elektrischen Leistung von mindestens 1 MW. Dies entspricht in etwa 4.000 GVE. Es ist davon auszugehen, dass sich die Technologie der Biogasaufbereitung rasch weiterentwickelt und es dann auch für geringere Viehzahlen interessant werden dürfte.

Das aufgereinigte Biomethan kann mittels Kälte verflüssigt werden und so als direkter Ersatz für fossiles Flüssiggas dienen. Flüssiges Biomethan ist auch als Bio-LNG (Liquified Natural Gas) bekannt.

5.3 Umwandlung in Wasserstoff

Zukünftig wird es auch möglich sein, aus Methan Wasserstoff bzw. umgekehrt mit überschüssigem Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid aus der Biogasanlage wieder Methan herzustellen. Diesen Vorgang nennt man „power to gas“. Dabei wird Methan zum Speicher für erneuerbare Energie.

6 Umsetzung und Perspektiven in Südtirol

6.1 Einzelbetriebliche Anlagen

Sofern sowohl Strom als auch Wärme sinnvoll genutzt werden, können einzelbetriebliche Biogasanlagen ab ca. 40 GVE wirtschaftlich geführt werden. Landwirtschaftsbetriebe mit weniger als 40 GVE könnten in Zukunft einzelbetriebliche Anlagen zur Erzeugung von Warmwasser und Heizwärme realisieren. Hier stellt sich die Frage nach geeigneten Technologielieferanten und ob standardisierte Anlagenlösungen zu wesentlichen Kostensenkungen bei den Anfangsinvestitionen beitragen können.

6.2 Überbetriebliche Anlagen

Ein großes Ausbaupotential besteht dort, wo sich mehrere benachbarte Betriebe zusammenschließen und gemeinschaftlich durch eine zentrale Anlage die Strom- und Wärmeversorgung organisieren. Biogasanlagen können innerhalb von Energiegemeinschaften als Grundlastkraftwerke eine besondere Rolle spielen, denn sie produzieren Strom in Zeiten, in denen die Sonne nicht scheint und Photovoltaik somit nicht zur Verfügung steht (siehe [Erklärvideo Energiegemeinschaften](#)).

Bei gemeinschaftlich geführten Biogasanlagen ist vor allem die Logistik ein kritischer Erfolgsfaktor. Unter Berücksichtigung der Energieausbeute von Mist und Gülle sollte der Einzugsbereich einen Radius von 10 km nicht überschreiten. Deshalb spielen sowohl die Standortwahl als auch die Organisation eine wichtige Rolle.

6.3 Vorteile einer Biogasanlage

Lagerkapazität reduzierbar bei Realisierung gemeinschaftlicher Anlagen	<ul style="list-style-type: none">• Am Hof kann eine kleinere Lagerstätte errichtet werden (→ Platz- und Kostenersparnis)
Überbetriebliche Logistik und Ausbringung	<ul style="list-style-type: none">• Möglichkeit der gemeinsamen, schnellen, effizienten und emissionsarmen Ausbringung (bodennah) durch Injektion oder Schlauchwagen etc.• Gärrestlager für gemeinsame Nutzung des Düngers in verschiedenen Landwirtschaftszweigen (Grünland, Obstbau, Weinbau)
Geruchsreduktion	<ul style="list-style-type: none">• Gärreste sind geruchsärmer als frische Gülle, vor allem bei Flächen in der Nähe zu Wohngebieten ein Vorteil
Treibhausgas-Emissionsreduktion	<ul style="list-style-type: none">• Durch eine verminderte Lagerungsdauer der Wirtschaftsdünger werden v.a. Methanemissionen vermindert.
Fertigbauweise	<ul style="list-style-type: none">• Für einzelbetriebliche Anlagen gibt es inzwischen fertige Standardlösungen.

6.4 Herausforderungen einer Biogasanlage

Finanzierung	<ul style="list-style-type: none">• Hohe Investitionskosten
Instandhaltung & Wartung	<ul style="list-style-type: none">• Fachwissen notwendig<ul style="list-style-type: none">• technische/biologische Betreuung: anfällig sind z.B. Pumpen, Rührwerke, Motor etc.• Mikrobiologische Vorgänge• Gute Anlagenplanung und Betriebsführung notwendig• Wartung aufwändig
Gasausbeute	<ul style="list-style-type: none">• Methanausbeute ist stark abhängig von Zusammensetzung und Frische des Gärsubstrats.
Co-Fermente	<ul style="list-style-type: none">• Die Vergärung von Co-Fermenten erhöht die Ausbeute deutlich, Preis und Verfügbarkeit der Co-Fermente schwanken allerdings.• Manche Fördermechanismen schließen bestimmte Substrate aus.
Überbetriebliche Organisation	<ul style="list-style-type: none">• Logistik, Organisation und Abstimmung mit allen Mitgliedern kann Herausforderung sein.

Autoren

Lena Staffler, Pascal Vullo, Thomas Prünster, Meinrad Zöschg

Bilder

Titelbild: SBB

Abbildung 1: BRING

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung der Autoren. Die Informationen dieses Infoblatts wurden mit größter Sorgfalt zusammengestellt, trotzdem kann keine Gewähr oder Haftung für die Richtigkeit und Aktualität übernommen werden. Sie beruhen auf dem Wissensstand von Dezember 2024. Zudem ist zu beachten, dass Gesetze und Interpretationen auch kurzfristig abgeändert werden können und daher Anwendungsprobleme grundsätzlich nicht auszuschließen sind. Im Zweifelsfall und für eine Vertiefung der Materie wird auf die entsprechenden Rechtsquellen verwiesen bzw. auf entsprechende fachliche Beratungen.



**Südtiroler
Bauernbund**

Innovation & Energie

Südtiroler Bauernbund

Abteilung Innovation & Energie
E-Mail: innovation-energie@sbb.it
Tel.: +39 0471 999 363



Europäischer Landwirtschaftsfonds für die
Entwicklung des ländlichen Raums 2014-2020
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete
EU-Verordnung 1305/2013

