

Biogasproduktion im ökologischen Landbau



Nr. I – 18/2023 (3. Auflage)

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe I (Substratproduktion) im „Biogas Forum Bayern“ von:



Bernhard Schwab

Amt für Ernährung Landwirtschaft und Forsten, Bamberg



Dr. Hans-Jürgen Reents

TUM-Weihenstephan



Hubert Miller, Vanessa Hoffmann

Landesvereinigung für den ökologischen Landbau in Bayern e.V.



Dr. Falko Stockmann

C.A.R.M.E.N. e.V

Inhalt

1	Einordnung der Biogasgewinnung im Ökobetrieb	3
2	Entwicklung der Biogasnutzung in Ökobetrieben	4
3	Rechtliche Rahmenbedingungen für die Gärprodukt- und Substratnutzung	5
4	Gärsubstrate und Gärprodukt im Ökobetrieb	6
5	Vorteile und Herausforderungen der Biogaserzeugung im ökologischen Betrieb	8
7	Fazit	10
8	Literatur	11

1 Einordnung der Biogasgewinnung im Ökobetrieb

Zentrales Konzept im ökologischen Landbau ist der Kreislaufgedanke, wonach möglichst die betriebseigenen Ressourcen genutzt und nur so viel externe Betriebsmittel wie nötig eingesetzt werden sollen. Ziel ist es, eigene erneuerbare Ressourcen wie Koppel- und Nebenprodukte pflanzlichen und tierischen Ursprungs zu verwerten. In diesem Zusammenhang sollte auch die Biogasproduktion im Ökobetrieb betrachtet werden.

Praktisch bedeutet dies, dass Substrate nicht ausschließlich und gezielt für die Energiegewinnung angebaut werden sollten. Als pflanzliche Substrate für die Biogasproduktion im ökologischen Betrieb kommen somit Kulturen in Betracht, die aus Gründen der Stickstoff (N)-Versorgung des Systems angebaut werden, wie Futterleguminosen-Gemenge, oder der Fruchtfolgegestaltung dienen, wie Zwischenfrüchte. Außerdem werden Koppelprodukte aus der Tierhaltung wie Mist und Gülle eingesetzt.

Durch die Umwandlung der pflanzlichen und tierischen Einsatzstoffe im Zuge des Gärprozesses ergibt sich ein Gärprodukt mit veränderter Düngewirksamkeit, welches bei sachgerechter Lagerung und Anwendung eine flexiblere N-Düngung ermöglicht und N-Verluste verringert.

Dies hat erhebliche Auswirkungen auf die Leistungen des Pflanzenbaus und die Bodenfruchtbarkeit. Insbesondere in viehlosen Ökobetrieben kann die energetische Verwertung der Aufwüchse zur Ausweitung des Anbaus von Leguminosengemengen führen, mit in der Regel positiven Effekten für das Bodenleben sowie die Qualität und den Ertrag der Marktfrüchte in der Fruchtfolge (Abb.1).

Zu vermeiden sind offene Gärproduktlager vor allem in Kombination mit einem hohen Einsatz an stickstoffreichen Substraten wie Gras oder Leguminosen, da diese durch den höheren Stickstoffgehalt zu erhöhten Emissionen führen können.

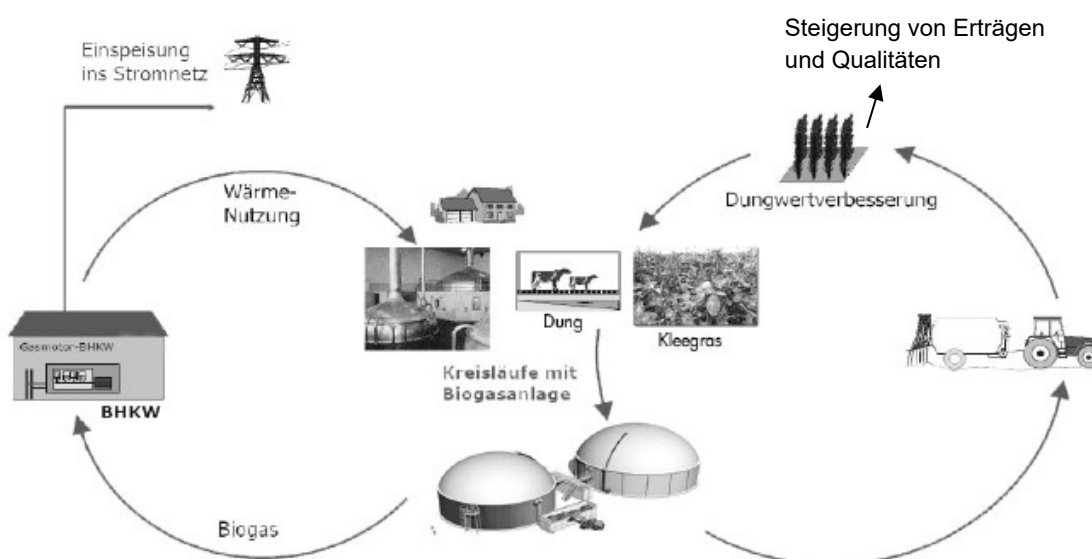


Abb. 1: Im Idealfall ist die Energieerzeugung aus Biogas als Ergänzung zur Nahrungsmittelproduktion in den Betriebskreislauf integriert und als KWK-Anlage ausgelegt.

2 Entwicklung der Biogasnutzung in Ökobetrieben

Die ersten Biogasanlagen in der Landwirtschaft wurden in den 1980-er Jahren, also lange vor Inkrafttreten des EEG, in Ökobetrieben errichtet. Vorrangige Ziele der Biogastechnik bestanden damals darin, die Nährstoffkreisläufe im Betrieb zu schließen, die Düngerverwertung zu verbessern und energetische Unabhängigkeit zu erreichen. Diese Ziele sind heute aktueller denn je (Meyer & Prierer 2012, Lerf & Lerf 2000; Müller 1993).

Dennoch sind Biogasanlagen auf Ökobetrieben weitaus weniger verbreitet als im konventionellen Landbau: Für das Jahr 2014 wurde die Anzahl der Anlagen auf Ökobetrieben mit 180 bis 200 geschätzt (Siegmeier et al., 2013, Hofmann et al., 2015), entsprechend einem Anteil von rund zwei Prozent an der Gesamtzahl der Biogasanlagen. Aktuellere Angaben zur Gesamtzahl der Biogasanlagen im ökologischen Landbau sind nicht bekannt. Der Verband Bioland gab an, dass zum Ende des Jahres 2022 ca. 80 Vertragsbetriebe eine Biogasanlage betrieben.

Die Substrate, die in Biogasanlagen in Ökobetrieben eingesetzt werden, bestehen bis zu einer Leistung der Anlage bis 50 kW_{el} zu 87 % aus Wirtschaftsdüngern und Futterresten. Dieser Anteil nimmt mit zunehmender Anlagengröße ab. Dahingegen steigt der Anteil an Gras- und Kleegrassilage sowie Maissilage. Bei Anlagen über 50 kW_{el} bewegte sich der Anteil von Gras- und Kleegrassilage im Bereich von 25 – 30 % (Anspach et al. 2011).

Zukunftsaussichten:

Die Bundesregierung hat zum Ziel, den Flächenanteil des ökologischen Landbaus an der landwirtschaftlich genutzten Fläche bis 2030 auf 30 % zu erhöhen. Zur Erreichung des Ziels sollen die Rahmenbedingungen für Ökobetriebe verbessert werden, um so konventionell wirtschaftenden Betrieben Anreize zur Umstellung auf Ökolandbau zu geben. Hierbei sind sicher auch Produktivitätssteigerungen nötig. Eine Biogasanlage kann diese Produktionssteigerungen durch die Verwertung der fruchtfolgebedingt anfallenden Substrate und dem wertvollen Gärprodukt als Dünger, gezielt unterstützen. Somit kann das Ziel der Bundesregierung auch ein Anreiz sein zum Neubau einer Biogasanlage im Ökobetrieb bzw. mit bestehender Biogasanlage umzustellen.

Ein weiterer Anreiz zur Biogaserzeugung im Ökobetrieb ist aktuell im EEG 2023 verankert, wonach Güllekleinanlagen bis 10 Masse% überjähriges Kleegras analog zu Wirtschaftsdünger angerechnet bekommen. Eine Erhöhung der Massenprozentage über die 10 % hinaus, würde diesen Anreiz sicher verstärken.

3 Rechtliche Rahmenbedingungen für die Gärprodukt- und Substratnutzung

Hinsichtlich der Herkunft der Substrate und insbesondere des Einsatzes von Substraten aus konventionellen Betrieben in „Öko-Biogasanlagen“ sind in jedem Fall die Vorgaben der EU-Öko-Verordnung zu beachten. Betriebe, die einem Verband wie Bioland, Naturland oder Demeter angehören, müssen zusätzlich die entsprechenden Verbandsrichtlinien beachten, da diese teilweise von der EU-Öko Verordnung abweichen können.

Häufig findet eine Zusammenarbeit (meist) viehloser Ökobetriebe und konventioneller Betriebe mit Biogasanlage statt. Hier kann der Ökobetrieb Feldaufwüchse, für die sonst keine Verwertungsmöglichkeit besteht, als Substrat an den konventionellen Biogasbetrieb liefern. Wesentlich ist hierbei, dass die Gärprodukte im Sinne eines geschlossenen Nährstoffkreislaufes wieder zum Biobetrieb zurückgeführt werden können.

Öko-Betriebe, die aus einer Biogasanlage Gärprodukte beziehen bzw. in eine Anlage Substrate liefern und von dort Gärprodukte zurücknehmen, müssen der Kontrollstelle eine Verpflichtungserklärung des Betreibers vorlegen, dass keine anderen als im Anhang I der VO (EG) Nr. 2018/848 aufgeführten Stoffe eingesetzt werden (siehe [Verpflichtungserklärung – Gärrestabnahme von Biobetrieben aus Biogasanlagen mit konventionellen Gärsubstraten](#)).

Werden Gärprodukte an Ökobetriebe abgegeben, die keine Substrate geliefert haben, ist dies bis zu einer Abgabemenge von 40 kg N/ha und Jahr erlaubt. Werden Gärprodukte im Gegenzug zur Substratlieferung abgegeben, ist das Nährstoffäquivalent der gelieferten Substrate plus max. 40 kg N/ha anzusetzen.

Wer innerhalb des Verbands Bioland in sog. Ökogasanlagen Biogas produziert, sollte ausschließlich ökologisch erzeugte Substrate einsetzen. Laut aktueller Richtlinie dürfen nur Substrate eingesetzt werden, die im Anhang 10.1 (Zugelassene Bodenverbesserungs- und Düngemittel sowie Substratbestandteile) aufgeführt sind. Mindestens 60 % der Substrate müssen aus biologischer Erzeugung stammen. Der konventionelle Maisanteil ist auf 25 % begrenzt. Weitere 15 % der Substrate müssen ebenfalls aus biologischer Erzeugung stammen oder dürfen aus folgenden Komponenten bestehen:

- Wirtschaftsdünger von konventionellen Betrieben gemäß Anhang 10.1.3,
- Pflanzenaufwuchs von Flächen, die Naturschutz-Schutzgebietsverordnungen unterliegen
- Pflanzenaufwuchs von konventionellen Klee/Kleegras-, Luzerne/Luzernegras- Flächen oder Leguminosen-Gemengen, jeweils ohne Mais.

Die jeweiligen prozentualen Anteile müssen in einem dreijährigen Durchschnitt eingehalten werden. Ebenso gibt es Anforderungen für die Verwendung von Gärprodukten → [Richtlinien Bioland](#).

In Biogasanlagen, die unter den Richtlinien von Naturland betrieben werden, sollten grundsätzlich nur ökologisch erzeugte Substrate eingesetzt werden. Der Anteil von pflanzlichem Material aus konventioneller Erzeugung sind auf einen Anteil von max. 30 % begrenzt. Substrate aus konventioneller Herkunft müssen im Anhang 1 der Naturland Richtlinie (Zugelassene Dünger und Bodenverbesserer) aufgeführt sein → [Richtlinien Naturland](#).

Die strengsten Vorgaben sind im Verband Demeter einzuhalten. Die Substrate für die Biogasanlage müssen zu mindestens 2/3 (bezogen auf die Trockenmasse) aus dem eigenen Betrieb oder aus einer Betriebskooperation stammen. Betriebskooperationen sind dabei nur mit Demeter- oder Bio-Betrieben möglich.

Die eingesetzten Substrate müssen in der Positivliste (Anhang 1, Abs. 5) entsprechen. Neuanlagen (ab 01.06.2019) dürfen externe Substrate nur von ökologischer Herkunft einsetzen. Werden Gärprodukte bezogen, müssen diese aus Anlagen stammen, deren Substrate zu 100 % aus ökologischer Herkunft stammten (ausgenommen sind Gärprodukte von Anlagen auf Demeter-Betrieben, die vor dem 01.06.2019 bei Demeter gemeldet waren) → [Richtlinien Demeter](#)).

Hinweis: Bei den jeweiligen Öko Kontrollstellen (<https://www.oekolandbau.de/oeko-kontrollstellen/>) können sich interessierte Umsteller oder Ökobetriebe mit Interesse an einer Biogasanlage über die Richtlinien der Verbände sowie der EU-Öko Verordnung und ebenfalls über regionale Besonderheiten informieren.

4 Gärsubstrate und Gärprodukt im Ökobetrieb

Im Ökolandbau ist der gezielte Anbau von Energiepflanzen weniger rentabel als der Anbau von Marktfrüchten für die menschliche Ernährung und als Tierfutter. Ein überwiegender oder ausschließlicher Anbau von Pflanzen zur Substratproduktion würde dem Selbstverständnis des Ökolandbaus widersprechen, Lebensmittel mit einer besonderen Qualität zu erzeugen. Es erfolgt daher, im Gegensatz zur Substraterzeugung im konventionellen Anbau, kein gezielter, ausschließlicher Anbau von Energiepflanzen für die Biogaserzeugung. Vielmehr wird die Biogastechnologie dazu genutzt, Koppelprodukte aus der Tierhaltung oder Pflanzen, die aus Gründen der Fruchtfolgegestaltung angebaut werden und im viehlosen Betrieb keine „Verwertung“ hätten, in einen betrieblichen Stoffkreislauf zu bringen und die Leistung des Betriebssystems zur verbessern.

Der Betrieb einer Biogasanlage im Ökobetrieb hat für die Lebens- und Futtermittelproduktion eine „dienende Funktion“, die darin zum Ausdruck kommt, dass einerseits Koppelprodukte (Gülle oder Mist) oder „fruchtfolgebedingt anfallende Substrate“ (Kleegras im viehlosen Betrieb, Zwischenfrüchte) verwertet werden und andererseits der dabei anfallende Gärprodukt als Dünger flexibel eingesetzt werden kann.

Als zentraler Bestandteil der Fruchtfolge zur Stickstofffixierung und Humusbildung ist an erster Stelle die Nutzung von Klee- oder Luzernegrasgemenge (siehe [Kleegras als Biogassubstrat](#)), zu nennen. Als weitere Substratquellen können Kulturen genutzt werden, die das Anbaumanagement verbessern, wie Deckfruchtgetreide für die Etablierung von Feldfutterbeständen (geerntet als Ganzpflanzensilage, GPS) oder Zwischenfrüchte (siehe [Weidelgras-Untersaaten in Wintergetreide zur GPS-Nutzung als Biogassubstrat](#)).

Vor allem in viehlosen Ökobetrieben stellt die Verfügbarkeit des Nährstoffes Stickstoff einen Minimumfaktor bei der Pflanzenproduktion dar. Die Abfuhr des Feldfutteraufwuchses und dessen Verwertung in der Biogasanlage liefert nicht nur einen wertvollen Dünger, sondern verbessert die Stickstofffixierungsleistung von Leguminosen wie z. B. des Klees und mindert die Verluste beim ausschließlichen Mulchen von Kleegrasbeständen (z.B. in Form von Nitratverlagerung im Bodenprofil oder Lachgasbildung). Außerdem wachsen die Kleegrasbestände schneller wieder auf.

Im Zuge des Gärprozesses werden vorrangig die leicht abbaubaren organischen Fraktionen wie Cellulose, Proteine und Lipide zu Biogas umgesetzt, während die schwer vergärbaren Bestandteile wie Lignin sowie Nährstoffe wie Stickstoff im Gärprodukt verbleiben und mit diesem wieder in den Boden zurückgeführt werden können. Bei der Anwendung des Gärrestes als Dünger sollte den Aspekten „Vermeidung der Ammoniakabgasung bei der Gärproduktausbringung“ (siehe [FNR "Gärprodukte verlustarm ausbringen"](#)) und „Auswirkung der Biogasnutzung auf die Humuswirtschaft und die Bodenfruchtbarkeit“ (siehe auch [Gärrestversuch Bayern](#)) besondere Beachtung geschenkt werden.

Untersuchungen zur langfristigen Wirkung der Vergärung und Gärprodukterückführung in ökologischen Fruchtfolgen (Beispiel des Fruchtfolgeversuchs Viehhausen, Levin et al. 2021) zeigen eine langsame Zunahme des organischen Kohlenstoffgehalts im Boden und eine Verbesserung der Kaliumverfügbarkeit. Auch die Aktivität der Bodenlebewesen nimmt zu.

Die Symbiose aus dem Anbau von Kleegras und der Biogasproduktion der Auswüchse bietet folglich Vorteile bzgl. Nachhaltigkeit des Anbaus, Bodenkohlenstoffgehalt sowie der Nährstoffversorgung. Dabei bietet der Kleegrasanbau vor allem positive Effekte auf das Bodenleben, den Humusgehalt und die Bodenstruktur während die Gärprodukte gezielt die Nährstoffsicherheit mit N, P und K gewährleisten.

Untersuchungen zeigen, dass durch die direkte Gärprodukt-Düngung, Erträge zunehmen. Je nach Vergleichssystem werden in Versuchen mit Weizen Steigerungen von ca. 10 bis 30 % und mehr beobachtet (z.B. Bauer, 2015, Lang 2015). Die Gärprodukt-Düngung kann ebenfalls den Proteingehalt erhöhen. Neben der Düngewirkung des Gärproduktes hängt dies zusätzlich an der Menge und der zeitlichen Verteilung der Gärproduktgaben ab. Frühere Gaben erhöhen eher den Ertrag über die Bestandesdichte, spätere Gaben im Vegetationsverlauf können den Rohproteingehalt im Weizen um 5 – 10 % und auch mehr erhöhen.

Ebenfalls konnten Untersuchungen um die Arbeitsgruppe von Prof. Hülsbergen der TUM zeigen, dass Gärprodukte gegenüber Rindermist und Rindergülle fast gleichrangig hinsichtlich Humusreproduktion zu sehen sein können.

Hinweise zur Fruchtfolge:

Ein gezielter Anbau von Biogassubstraten wie Getreideganzpflanzensilage oder Silomais ist im Ökolandbau unüblich. Wie oben beschrieben werden vorrangig fruchtfolgebedingte Substrate eingesetzt. Ein erweiterter Anbau von Leguminosengemengen wie Klee gras kann positive Effekte vor allem für die Bodenfruchtbarkeit und den Humusgehalt bedeuten (Levin et al., 2021). Außerdem bietet das System die Möglichkeit Zwischenfrüchte mit doppeltem Nutzen anzubauen. Vorsicht ist jedoch Geboten, dass v.a. Schädlinge wie der Drahtwurm, durch höhere organische Massen, nicht gefördert werden. Der Fruchtfolgeanteil von Klee gras kann sich bei Biogasnutzung der Aufwüchse am pflanzenbaulichen sowie vergärungstechnischen Optimum von 25 – 33 % orientieren.

Sollte ein Betrieb Förderungen im Rahmen von GAP-Richtlinien oder KULAP-Maßnahmen anstreben, müssen je nach Maßnahme Vorgaben hinsichtlich Fruchtfolgegestaltung und maximale Anteile einzelner Pflanzenarten berücksichtigt werden (siehe auch:

<https://www.stmelf.bayern.de/foerderwegweiser>).

5 Vorteile und Herausforderungen der Biogaserzeugung im ökologischen Betrieb

Die Einrichtung einer Biogaserzeugung in einen ökologischen Betrieb hat Auswirkungen auf das Betriebssystem. Erste Bedingung für den Betrieb einer Biogasanlage ist die langjährige und ausreichende Verfügbarkeit der Substrate. Da Leguminosengemenge neben Wirtschaftsdüngern das Hauptsubstrat darstellen, ist die Vergärung teilweise mit Herausforderungen bzgl. Anlagentechnik und Gärstabilität verbunden.

Im Folgenden sind die **Vorteile** v.a. in viehlosen Betrieben (Markfruchtanbau) aufgeführt:

- Veredelung“ der „fruchtfolgebedingt anfallenden Substrate“ durch Vergärung
- Vorteile der mehrfachen Abfuhr der Aufwüchse:
 - höhere fixierte Stickstoffmenge im Vergleich zum Mulch durch höhere Erträge, geringeren Grasanteil, besserem Wiederaufwuchs und höherer Fixierleistung
 - weniger Lachgasausgasungen vgl. zum Mulchen
- Biomasseernte i. d. R. bei relativ trockenen Bedingungen auf einem Boden mit Pflanzennarbe, so sind Strukturschäden für die Folgekultur durch den Transport gering
- phytosanitäre Effekte bei der Vergärung (Unkrautsamen, Pilze auf Pflanzenresten, siehe [Empfehlungen für eine gute fachliche Praxis in landwirtschaftlichen Biogasanlagen aus hygienischer Sicht](#))
- Emissionsminderung bei geschlossenem Biogasanlagensystem
- Biogasanlage ermöglicht einen Stoffkreislauf für die gesamte Fläche (bei viehlosen Betrieb) inkl. einem effizienten, flexiblen Düngermanagement mit besserer Düngewirkung
- Nährstoffe v.a. Stickstoff werden weitgehend verlustfrei gelagert und können bedarfsgerecht eingesetzt werden.
- Nährstoffe aus dem Gärprodukt haben für ökologisch wirtschaftende Betriebe einen erheblich höheren Wert als in der konventionellen Landwirtschaft
- Gärprodukte erhöhen die Verfügbarkeit der Nährstoffe, so dass mit bei Marktfrüchten höhere Erträge und Qualitäten realisiert werden können

Den Vorteilen stehen auch Herausforderungen gegenüber:

- Neubau einer Biogasanlage ist eine erhebliche Investition.
ABER: eine betriebswirtschaftliche Kalkulation muss nicht nur die Energieverwertung (elektrischer Strom: Eigennutzung, Produktion zu Höchstlastzeiten; Abwärmenutzung) berücksichtigen, sondern auch den gesamtbetrieblichen Effekt inkl. positiver monetärer Auswirkungen durch höhere Erträge und bessere Qualitäten)
- Biogasanlage benötigt im Betrieb eine sorgfältige Betreuung (rund um die Uhr), insbesondere Substrate wie Klee gras benötigen eine angepasste Technik und genauere Kontrolle der chemischen Parameter (ggf. höherer arbeitswirtschaftlicher Aufwand) Siehe auch Veröffentlichung des Biogas Forum Bayern (Vergärung von Klee grassilage (www.biogas-forum-bayern.de/bif29))
- Nährstoffmanagement sollte sich am optimalen pflanzenbaulichen Zeitpunkt orientieren, was eine ausreichende Lagerkapazität für das Gärprodukte voraussetzt oder eine Gärproduktaufbereitung in flüssige und feste Phase notwendig macht

- Ausbringungstechnik erforderlich, die eine flexible Düngung und die Vorgaben der Düngeverordnung (z. B. Nährstoffhöchstmengen und Ausbringtermine) berücksichtigt
 - Integration einer Gärproduktaufbereitung kann bzgl. Lagerkapazität Abhilfe schaffen bedeutet aber eine Investition
- ausreichende Versorgung mit Substraten über die ganze Laufzeit des Biogasanlagenbetriebes
- geringere Energiedichte der Substrate => höheres Volumen => höhere Kosten für Fermenter, Gärproduktlager und Fahrsilo
- höherer Rohfaseranteil der Substrate => höhere Kosten für Einbring-, Rühr- und Pumpentechnik (Strom, Instandhaltung, Material)
- im EEG „noch“ kein Öko-Bonus für Bio-Biogas, ABER es können bei sog. Güllekleinanlagen 10 Masseprozent Klee gras als Wirtschaftsdünger wie Gülle oder Mist angerechnet werden.

Unabhängig von Marktfruchtbetrieben kann die Biogaserzeugung auch in viehhaltenden Ökobetrieben Vorteile generieren wie bspw.:

- weniger Emissionen und N-Verluste durch das geschlossene System der Biogasanlage vgl. mit Güllelagern
- Reduzierung von Geruchsemissionen vgl. zu Gülle / Mist
- Verbesserung vom Hygienestatus von Gülle / Mist
- Eigenstromnutzung verbessert die Ökobilanz des Betriebes

7 Fazit

Obwohl finanzielle und arbeitswirtschaftliche Aspekte und Herausforderungen zu berücksichtigen sind, bietet die Integration einer Biogasproduktion in den Ökobetrieb viele Vorteile für die Leistungsfähigkeit des Betriebes. Durch ein verbessertes Düngemanagement, der Nutzung ohnehin fruchtfolgebedingt anfallender Substrate inkl. verunkrautetem Material, einer besseren Feldhygiene und eines verminderten Unkrautdrucks sowie der Möglichkeit partiell energieautark zu sein, ist der Betrieb resilient für die Zukunft aufgestellt.

8 Literatur

Anspach, V. (2011): Biogaserzeugung in Deutschland – Chance für den Ökologischen Landbau; Vortragsunterlagen Fachtagung Biogas im ökologischen Landbau 02.12.2011

Bauer, S. (2015): Wirkung von Gärresten und Management der Vorfrucht Klee gras auf Weizenwachstum, -ertrag und -qualität im Ökologischen Landbau. MSc-Arbeit TUM.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Begleitausschuss Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Begleitkreis Zukunftsstrategie Ökologischer Landbau (2022): Strategiepapier zur Erreichung von 30 Prozent Bio für eine resiliente Land- und Ernährungswirtschaft in Deutschland.

<https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Landwirtschaft/Biologischer-Landbau/bga-strategiepapier-30bis2030.pdf?blob=publicationFile&v=2>

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2023.000Z): Biogaserzeugung im ökologischen Landbau. Online verfügbar unter <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/umwelt/biogaserzeugung-auf-biobetrieben/biogaserzeugung-im-oekologischen-landbau/>, zuletzt aktualisiert am 23.03.2023.000Z, zuletzt geprüft am 23.03.2023.870Z.

Fouda, S. E-S. (2011): Nitrogen availability of biogas residues. Dissertation Technischen Universität München 07.09.2011. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1078371/1078371.pdf>

Hartmann, S. und E. Stickel (2010): Klee gras als Biogassubstrat. In: Biogas Forum Bayern Nr. I-8/2010, Hrsg. ALB Bayern e.V., https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/Substrate/nachhaltig-erneuerbar-energie_Klee gras.html, Stand [17.11.2022].

Hartmann, S., D. Hofmann, F. Lichti und K. Gehring (2011): Weidelgras-Untersaaten in Wintergetreide zur GPS-Nutzung als Biogassubstrat In: Biogas Forum Bayern Nr. I-16/2011, Hrsg. ALB Bayern e.V., https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/Substrate/nachhaltig-erneuerbar-energie_Weidelgras.html, Stand [17.11.2022].

Hofmann, F.; Weddige, U., Blumenstein, B.; Möller, D.; Grieb, B.; Mäder, R.; Zerger, U.; Gerlach, F.; Jaensch, V., Hartmann, K. (2015): Biogasanlagen im Ökolandbau. Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Lebuhn, M., D. Wilken, M. Knabel und J. Ostertag (2013): Empfehlungen für eine gute fachliche Praxis in landwirtschaftlichen Biogasanlagen aus hygienischer Sicht. In: Biogas Forum Bayern III – 8/2012, Hrsg. ALB Bayern e.V., https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/Prozessbiologie/hygenisierung-phytohygiene-umwelthygiene_gutefachlichepraxis.html, Stand [17.11.2022].

Lang, T. (2015): Wirkung von Gärrestdüngung und Fruchtfolgegestaltung auf Weizenwachstum, Ertragsbildung und Qualität im Ökologischen Landbau. MSc-Arbeit TUM.

- Lerf, E. & Lerf, R. (2000): Für Biobetriebe empfehlenswert. bioland. (Heft 5/2000)
- Levin, K.S.; Auerswald, K.; Reents, H.J.; Hülsbergen, K.-J. (2021): Effects of Organic Energy Crop Rotations and Fertilisation with the Liquid Digestate Phase on Organic Carbon in the Topsoil. *Agronomy* 2021, 11, 1393. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071393>
- Meyer, R. und C. Priefer (2012): Ökologischer Landbau und Bioenergieerzeugung - Zielkonflikte und Lösungsansätze. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Arbeitsbericht Nr. 151.
- Müller, R. (1993): Biogas heizt Haus und Hof. bioland. (Heft 5/93). S. 11–13.
- Reents, H. J.; Bauer, S.; Levin, Karin (2017): Wachstum von Winterweizen bei Gärrestdüngung und unterschiedlichen Klee grasmanagement in: Hrsg: Wolfrum, S; Heuwinkel, H; Wiesinger, K; Reents, H J; Hülsbergen, K-J: Ökologischen Landbau weiterdenken: Verantwortung übernehmen, Vertrauen stärken. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau Verlag Dr. Köster, S 332--333
- Serdjuk, M. (2019): Analyse der Ertragseffekte und ökonomischen Wirkungen der Biogasproduktion in ökologischen Marktfruchtbetrieben. - Dissertation Technischen Universität München 17.07.2019
- Siegmeier T., Blumenstein B., Möller D. (2013): Biogas und Ökologische Landwirtschaft: Strukturen, Substrate, Wirtschaftlichkeit - Ergebnisse des BioBiogas-Monitorings 2011, Arbeitsbericht aus dem Fachgebiet Betriebswirtschaft, Ökologische Agrarwissenschaften, Uni Kassel Witzenhausen, 12 S.
- Stinner, W., K. Möller und G. Leithold (2008): Effects of biogas digestion of clover/grass-leys, cover crops and crop residues on nitrogen cycle and crop yield in organic stockless farming systems. In: *European Journal of Agronomy* 29 (2008) 125-134
- Zengel, M. (2015): Verpflichtungserklärung-Gärrestabnahme von Bio-Betrieben aus Biogasanlagen mit konventionellen Gärsubstraten. In: *Biogas Forum Bayern* Nr. I-17/2015, Hrsg. ALB Bayern e.V., https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/BiogasimokologischesLandbau/nachhaltig-erneuerbar-energie_Verpflichtungserklärung.html, Stand [20.04.2023].
- Richtlinien der Verbände:
- Bioland: <http://www.bioland.de/ueber-uns/richtlinien.html>
- Naturland: <https://www.naturland.de/de/naturland/wofuer-wir-stehen/qualitaet/qs-richtlinien/rili-erzeugung.html>
- Demeter: <https://www.demeter.de/demeter-richtlinien>

Zitiervorlage:

Schwab, G., Reents, H., F. Stockmann und H. Miller (2023): Pflanzenbauliche Aspekte der Biogasproduktion im ökologischen Landbau. In: Biogas Forum Bayern Nr. I – 18/2023 (3. Auflage), Hrsg. ALB Bayern e.V., Stand [Abrufdatum]

**Herausgeber:**

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.

Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Telefon: 08161/887 - 0078
Telefax: 08161/997 - 3957

Internet: <https://www.biogas-forum-bayern.de>

E-Mail: info@biogas-forum-bayern.de