

Biogassubstrat

# Reststoffe und Koppelprodukte



[www.biogas-forum-bayern.de/bif19](http://www.biogas-forum-bayern.de/bif19)

Biogas Forum Bayern, Verfasser:

Dr. Falko Stockmann  
Christian Letalik

Sebastian Schaffner

Gerhard Suttner

Dorothea Hofmann  
Thomas Kuntscher  
Stefan Thurner  
Johann Portner

Theresa Burger

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

KWS Saat SE & Co. KGaA LfU

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Maschinering



## Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung.....	4
2. Körnermaisstroh.....	5
3. Getreidestroh .....	6
4. Rapsstroh .....	9
5. Ausputz von Landhändlern oder Mühlen .....	10
6. Rübenblatt.....	11
7. Hopfenrebenhäcksel.....	12
8. Biomassegewinnung von Flächen des KULAP und Greening-Förderprogramms.....	15
9. Landschaftspflegematerial.....	18
10. Aufwuchs von Wiesen mit Wasser-Greiskraut.....	21
11. Speisepilzsubstrate.....	22
12. Tabellarischer Überblick.....	24

## 1. Einleitung

Die Erzeugung von Biogas wird in der Bevölkerung insbesondere dann kritisch betrachtet, wenn man hierfür eigens angebaute Pflanzen verwendet, die als Futtermittel oder in der Ernährung Einsatz finden (z. B. Mais). Um Ängsten einer Übernutzung der Nahrungs- und Futtermittelpflanzen entgegenzuwirken, könnten diese durch Stoffe, die ohnehin im landwirtschaftlichen Prozess anfallen, substituiert werden. Die künftige Entwicklung hinsichtlich des Ausbaus und der Nutzung sogenannter Reststoffe und Koppelprodukte ist jedoch abhängig von agrar- und energiepolitischen, sowie rechtlichen Rahmenbedingungen. Zudem stellt der Einsatz von Reststoffen und Koppelprodukten Biogasanlagenbetreiber u. a. auch aus verfahrenstechnischer Sicht vor große Herausforderungen.

Die Bodenfruchtbarkeit als ein Zusammenspiel der chemisch, physikalischen Ausgangsbedingungen, der Humus- und Nährstoffversorgung

und dem Bodenleben ist Grundlage für nachhaltige Erträge und einen funktionierenden Stoffhaushalt. Die ausreichende Humusversorgung des Bodens darf durch die Abfuhr von organischen Reststoffen und Koppelprodukten nicht beeinträchtigt werden. Gärprodukte sollten daher dorthin zurückgeführt werden, wo Humusbedarf ent- bzw. besteht. Das Bodenleben ernährt sich vorwiegend von leicht abbaubaren organischen Bestandteilen, die auch in der Biogasanlage verstärkt verwertet werden. Stroh hat auch einen Einfluss auf die Bodenstruktur und die biologische Aktivität im Boden. Tiefgräbende Regenwürmer nutzen ebenfalls bevorzugt organisches Material an der Bodenoberfläche. Biologisch aktive Böden können beispielsweise über eine angepasste Fruchtfolge, Zwischenfruchtanbau, schonende Bodenbearbeitung und ausreichend Nahrung (Erntereste, Wurzeln usw.) gefördert werden.

Vor dem Einsatz neuer Substrate ist zunächst zu prüfen, ob der Genehmigungsbescheid ausreicht, um Reststoffe und Koppelprodukte einzusetzen. In der Regel führt insbesondere der Einsatz von Abfallstoffen zu weitreichenden neuen Genehmigungsanforderungen. Mit den Inputstoffen in der Biogasanlage entscheidet sich, ob die Bioabfallverordnung (BioAbfV) oder das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) heranzuziehen sind, bzw. in welchem Umfang die Vorgaben der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) einzuhalten sind.

Jeder Betreiber sollte sich vor der Verwendung von Reststoffen und Koppelprodukten mit seinem Umweltgutachter in Verbindung setzen.

Wichtig: Wird die Anlage nicht genehmigungskonform betrieben, drohen ordnungsrechtliche Strafen und der Verlust des Anspruchs auf Vergütung nach dem EEG.

Des Weiteren ist auch der Flächenbedarf für die Düngung durch die Gärrestrückführung zu berücksichtigen: Insbesondere die Vergärung von Landschaftspflegematerial und nicht flächengebundenen Reststoffen (z.B. Speisepilze) führt der Biogasanlage Nährstoffe zu, deren Verwertung über anderweitig verfügbare landwirtschaftliche Nutzflächen oder über Gärrestabgabe organisiert.

Zug um Zug soll in dieser Veröffentlichung hier eine Datensammlung mit möglichen Reststoffen und Koppelprodukten zur Verwendung in der Biogasanlage aufgebaut werden, die flexibel erweiterbar ist. Die möglichen Substrate sollen mit ihren Potentialen, Vor- und Nachteilen sowie dem aktuellen Wissensstand vorgestellt werden.

Für die nächste Ausgabe ist geplant, folgende Einsatzstoffe mit aufzunehmen:

Separierte Gülle, Abpressmaterial und Mist aus viehhaltenden Betrieben und Substrat aus der Schweinhaltung auf Stroh (siehe auch [www.biogas-forum-bayern.de/bif18](http://www.biogas-forum-bayern.de/bif18)).

## 2. Körnermaisstroh

Für die Ernte von Körnermaisstroh stehen verschiedene zwei- bis vierphasige Ernteverfahren zur Verfügung. Dabei konnten mit den bisher getesteten Verfahren rund 50 % des vorhandenen Maisstrohs geerntet werden. Mit einem Hektar Körnermaisstroh können vom Gasertrag her somit rund 0,20 bis 0,25 ha Silomais ersetzt werden. Für den Transport ist aufgrund der geringen Schüttdichte auf dem Transportfahrzeug mit einem Mehraufwand zu rechnen.

Bei zügiger Ernte lässt sich Körnermaisstroh mit 40 bis 50 % Trockenmassegehalt ins Silo einlagern. Es siliert problemlos und weist eine sehr gute aerobe Stabilität auf. Um eine möglichst hohe Lagerungsdichte im Silo zu erhalten, muss auf eine sorgfältige Verdichtung mit z. B. einem schweren Radlader (20 t) geachtet werden. Eine luftdichte Abdeckung des Silos ist zwingend erforderlich, um Verluste zu vermeiden und um bei der Entnahme mit einem vergleichbaren Vorschub wie bei Silomais arbeiten zu können. In den bisherigen Untersuchungen wurden keine direkten negativen Auswirkungen auf die Fermentationsbiologie im Fermenter durch Kör-

nermaisstroh festgestellt.

Bei der Einbringung von Körnermaisstroh in den Fermenter kann es jedoch abhängig von der Einbringtechnik zur Brückenbildung und damit zu Störungen kommen. Ebenso können sich bei vermehrtem Körnermaisstroheinsatz je nach Rührtechnik im Fermenter Schwimmschichten bilden. Der spezifische Gasertrag der Silage liegt bei 80 bis 90 % im Vergleich zu Silomais, wobei die Gasbildung in etwa die doppelte Zeit in Anspruch nimmt.

Körnermaisstroh erreicht 21 % des Methanhektarertrages von Silomais. Allerdings können hier zusätzlich die Maiskörner als Hauptprodukt geerntet und vermarktet werden. Die Kosten von Körnermaisstroh als Reststoff „frei Fermenter“ sind mit knapp 4,9 Cent je erzeugter Kilowattstunde sehr konkurrenzfähig gegenüber anderen Substraten.

Nähere Informationen finden Sie in der Fachinformation des Biogas Forum Bayern „Körnermaisstroh“  
[www.biogas-forum-bayern.de/bif10](http://www.biogas-forum-bayern.de/bif10)



Bild 1: Schwaden von Körnermaisstroh mit dem Respiro Profi (Quelle: Thurner, LfL)

### 3. Getreidestroh

#### Hintergrund

In Bayern stehen ca. 1,5 – 1,8 Mio. Tonnen Stroh inkl. der Spreu pro Jahr zur energetischen Nutzung zur Verfügung. Der Bedarf an Stroh für eine ausgeglichene Humusbilanz und den Gebrauch als Einstreu in der Tierhaltung, ist dabei schon berücksichtigt. Aus Gründen der Ressourcenschonung sollte das verfügbare Stroh energetisch genutzt werden. Eine Möglichkeit ist

#### Struktur des Substrates

Getreidestroh hat zur Körnerernte einen Trockenmassegehalt von ca. 85 % und ist weitestgehend lignifiziert also verholzt. Die Biogasbildung ist daher begrenzt. Laut KTBL liegt die Biogasausbeute bei 400 m<sup>3</sup> pro Tonne org. Trockensubstanz. Zusätzlich sind die Strohlänge

#### Vorbehandlung von Stroh

Das Stroh sollte für eine Vergärung vorbehandelt werden. Mittlerweile gibt es vielfältige Vorbehandlungs- bzw. Aufschlussverfahren. Diese Verfahren, Anwendungen und Methoden sind teilweise weit in die Praxis vorgedrungen; andere befinden sich noch im Versuchsstadium. Dabei wird die Oberfläche vom Stroh vergrößert und die verholzten Fasern werden aufgebrochen. Die Durchmischung mit feuchten Substraten (z. B. Zuckerrübenbrei) zur Silierung fördert den Aufschluss des Substrates. Durch den Vo-

#### Herausforderungen bei der Strohvergärung

Der Substratpreis ist bei der Strohvergärung ein relevanter Punkt. Dabei ist zuerst das Einzugsgebiet für das Stroh zu beachten. Dieses sollte im möglichst nahen Umkreis der Biogasanlage liegen. Entfernungen von über 10 km sollten vermieden werden. Zu weite Entfernungen machen die Strohvergärung unrentabel, da das Gärprodukt nicht zurückgeführt werden kann. Bestenfalls kommt das Stroh von den eigenen Flächen oder Flächen im Umkreis der Biogasanlage. Folglich sind die realistisch nutzbaren Potenziale von Stroh immer von den regionalen Gegebenheiten wie z. B. Tierhalter in der Region und Transportentfernung zur Biogasanlage, be-

dabei die Vergärung in einer Biogasanlage (BGA). Wobei weitere Nutzungsmöglichkeiten, wie die Verwendung als Baustoff, Brennstoff, in der chemischen Industrie, für die Speisepilzproduktion, die Herstellung von Kraftstoff und als Verpackungsmaterial, das verfügbare Potenzial einschränken.

und das geringe Gewicht eine Herausforderung bei der Vergärung. Probleme wie Schwimmschichtbildung und Verstopfungen von Pumpen und Rohrleitungen können auftreten und es kann sich um die Rührwerke wickeln.

raufschluss ergeben sich neben der besseren Gasausbeute positive Auswirkungen auf die Prozesstechnik wie eine bessere Pump-, Fließfähigkeit und eine geringere Neigung zur Bildung von Schwimmschichten.

Nähere Informationen zur Aufbereitung von Substraten finden Sie in der Fachinformation des Biogas Forum Bayern „Substrataufbereitung zur Verbesserung des Abbaus faserreicher Biomasse“ [www.biogas-forum-bayern.de/bif8](http://www.biogas-forum-bayern.de/bif8)

einflusst. Ehe Stroh als Biogassubstrat eingesetzt wird, sollte im Vorfeld die ganze Prozesskette durchdacht werden. Folgende Fragen sind dabei zu klären: Wie viel Stroh möchte ich in die Rationsgestaltung aufnehmen? Welche Bezugsquellen habe ich für das Stroh? Welche Entfernungen zwischen Feld und Biogasanlage sind wirtschaftlich und insbesondere unter Berücksichtigung der Gärproduktrückführung sinnvoll? Wie wird das Stroh geerntet, abtransportiert und gelagert? Kann es zum Voraufschluss ggf. mit feuchteren Ko-Substraten siliert werden oder können Säuren zugesetzt werden? Welchen Platzbedarf habe ich? Innerhalb der BGA

sind Anpassungen der Technik (Rührwerke, Pumpen: Taktung, Verschleiß) nötig. Ebenso sind Veränderungen der Faulraumbelastung

und Verweilzeit zu berücksichtigen. Abb. 1 gibt als Hilfestellung einen exemplarischen Überblick der Prozesskette für die Strohvergärung.



Abb. 1: Prozesskette Getreidestrohvergärung

## Ökonomische Betrachtung

In der folgenden Modellrechnung werden die Einflussfaktoren für die Wirtschaftlichkeit der Getreidestrohvergärung erörtert. In Tabelle 1 sind die für die Kalkulation verwendeten Substratdaten aufgeführt. Es wurden die Auswirkungen auf den Substrat- und Flächenbedarf sowie die Stromgestehungskosten beispielhaft für eine Biogasanlage mit 300 kW elektrischer Nennleistung und Einsatz von NawaRo kalkuliert (siehe Tabelle 2). Die jährliche Stromproduktion liegt bei 2.363.931 kWh<sub>el</sub>. Der jährliche Substratbedarf wurde bisher zu 100 % mit Silomais

gedeckt. Dieser wird nun zu 50 %, in Bezug auf die jährlich benötigte Frischmasse, durch Gerstenstroh ersetzt. Dabei soll sich die Methan- und Stromerzeugung durch den Substrattausch nicht verändern. Die Kosten pro Tonne Stroh ergeben sich aus Strohbereitung, Pressen, Transport und Lagerung. Das Stroh selbst steht ab Feld kostenfrei zur Verfügung. Die wertgebenden Nährstoffe (N, P, K) werden mit dem Gärprodukt zurückgeführt und daher nicht berücksichtigt. Eine technische Anpassung der Biogasanlage wurde ebenfalls nicht berücksichtigt.

Tabelle 1: Substratdaten von Silomais und Gerstenstroh (Quelle: KTBL, LfL)

Substratbeschreibung	Silomais	Gerstenstroh
Frischmasse-Ertrag, t/ha	55	6
Trockenmassegehalt, %	33,5	86
Organischer Trockenmassegehalt, % (oTM)	95	90
Methangehalt, %	54	52
Biogasertrag, m <sup>3</sup> /t oTM	646	400

Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, dass knapp 20 % weniger Substrat-Frischmasse benötigt werden. Dies bedeutet, dass ggf. weniger Platzbedarf zur Lagerung nötig ist. Ebenfalls kann es sich auf den Fermenterraumbedarf auswirken. Der Flächenbedarf ist viermal so hoch, wobei jedoch die Doppelnutzung der Fläche zu beachten ist, da die Gerste als Hauptkultur zur Körnernutzung angebaut und das Stroh als Nebenprodukt energetisch genutzt wird. Bei den gewählten Substratkosten (Gerstenstroh: 60 Euro pro t FM, Silomais: 35 Euro pro t FM) steigen die Stromgestehungskosten um 10 % von 8,2 Cent/kWh<sub>el</sub> (100 % Silomais) auf 9,0 Cent/kWh<sub>el</sub>. Erst ab ei-

nem Strohpreis von 50 bzw. 40 Euro frei Fermenter sinken die Stromgestehungskosten auf 8,1 bzw. 7,1 Cent/kWh<sub>el</sub>. Im Vergleich der Varianten sind das zwischen 1,2 bis 13,4 % geringere Kosten. Inwieweit Stroh rentabel vergoren werden kann, hängt also neben der Verfügbarkeit, vor allem von den Kosten ab, die für den ganzen Prozess bzw. die Logistik vom Feld bis zum Fermenter anfallen. Zusätzlich hat der Preis für Silomais einen Einfluss. Steigt dieser z. B. auf 40 Euro/t kann für Stroh ein höherer Preis, in diesem Fall 60 Euro/t FM, gezahlt werden, ohne dass die Stromgestehungskosten im Vergleich zu 100 % Silomais höher ausfallen.

**Tabelle 2:** Kalkulation von Mengen- und Flächenbedarf sowie den Stromgestehungskosten von Silomais plus Gerstenstroh im Vergleich zu 100 % Silomais bei einer 300 kW<sub>el</sub> BGA.

Substratbeschreibung	Silomais 100 %	Silomais + Gerstenstroh (je 50 Masse %)
Mengenbedarf, t Frischmasse	5.537	Silomais: 2.207 + Gerstenstroh: 2.275 Summe: 4.482
Flächenbedarf, ha/a	100,7	Silomais 40 (Stroh 0 <sup>1</sup> bzw. 380)
Kosten, €/t FM*	35	(Silomais: 35; Gerstenstroh: 60*)
Substratkosten, €/a	193.795	213.745
Stromproduktion, kWh <sub>el</sub> /a		2.364.067
Stromgestehungskosten, Cent/kWh <sub>el</sub>	8,2	9,0

\*Kosten für Mehraufwendung für Technik, Energieaufwand oder Vorbehandlungsverfahren sowie Flächenkosten sind nicht berücksichtigt

<sup>1</sup> Da das Stroh beim Anbau der Gerste zur Körnernutzung anfällt, benötigt es keine eigenen Flächen.

### Bodenökologische Betrachtung

Bei der Strohabfuhr vom Feld ist auf die Humusbilanz zu achten. Es darf nur so viel Stroh abgefahren werden, wie unter Berücksichtigung der Gärprodukt rückführung für eine ausgeglichene Humusbilanz innerhalb der Fruchtfolge verträglich ist. Wegen des höheren Anteils an Lignin kann das Gärprodukt hier dazu beitragen den Bodenumhumusvorrat zu erhalten und so andere Bodenfunktionen wie bspw. Wasserspeicher und Bodenstruktur positiv beeinflussen.

Gleichzeitig sind mit der Abfuhr eines Teils des Strohs ackerbauliche Vorteile verbunden. Die neue Düngeverordnung limitiert die Herbstausbringung von Wirtschaftsdüngern, was eine sichere Strohhrotte verhindert; es können sich

Strohmatte bilden und es besteht die Gefahr, dass sich Schädlinge wie bspw. der Drahtwurm vermehren. Dies kann unerwünschte Auswirkungen auf die Folgefrucht haben wie z. B. den Verlust von Nährstoffen, eine erschwerte Saatbettbereitung verbunden mit einem geringeren Feldaufgang und ein gesteigertes Risiko von Krankheitsübertragungen. Somit hat die Nutzung eines Teils des Strohs als Biogassubstrat inklusive der Rückführung vom Gärprodukt positive Effekte auf den gesamten ackerbaulichen Bereich. Die Versorgung des kurzfristigen Nährhumus kann durch begleitende Maßnahmen, wie dem Anbau einer Zwischenfrucht, sichergestellt werden.



**Bild 2,3,4:** Getreidestrohreste und Strohballen nach der Körnernte (Quelle: Stockmann, C.A.R.M.E.N. e.V.)



## 4. Rapsstroh

Raps wird in Deutschland auf ca. 1 Mio. ha in Deutschland angebaut, wobei der Anbau derzeit aufgrund regionaler Trockenheit und des Verbots wichtiger Pflanzenschutzmittel eher rückläufig ist. Bayernweit liegt die Anbaufläche seit 2018 auf unter 100.000 ha. Die potentielle Erntemenge von Rapsstroh beträgt laut Praxisausagen aus Österreich und Versuchen aus den 80-er Jahren rund 3 t Trockenmasse pro ha (Apfelbeck, 1989). Dabei wird die Ernte in Österreich in der Regel mit Schwadmulcher und Ladewagen durchgeführt. Denkbar ist auch, das Stroh mithilfe eines Bandschwaders auf Schwad zu legen bzw. mit dem Feldhäcksler anstelle des Ladewagens zu ernten. Beide Schwadtechniken sind von der Ernte von Körnermaisstroh bekannt (siehe auch: [www.biogas-forum-bayern.de/bif10](http://www.biogas-forum-bayern.de/bif10)). In den 80-er Jahren wurde das Rapsstroh auch direkt aus dem Schwad nach dem Mähdrusch mit dem Pick-up des Feldhäckslers oder Ladewagen aufgenommen. Auf einigen Betrieben in Österreich wird Rapsstroh siliert, allerdings häufig ohne luftdichte Abdeckung, wodurch Aussagen zu den Siliereigenschaften derzeit nur schwer abzuleiten sind.

Neben den Vorteilen der energetischen Nutzung von Rapsstroh kommen positive phytosanitäre Effekte durch dessen Bergung hinzu, die Pflanzenkrankheiten (Phoma, Sclerotinia, Verticillium, Alternaria,...) in der Fruchtfolge entgegenwirken. Im Gegensatz zu Getreidestroh besteht bei Rapsstroh keine Nutzungskonkurrenz, da dieses bisher nicht bzw. kaum genutzt wird. Der bisherige Verbleib des Rapsstrohs auf der Fläche wirkt sich jedoch positiv auf die Bodenfruchtbarkeit (vgl. Aussagen zur Humusbilanz im Kapitel Getreidestroh) aus und trägt zum guten Vorfruchtwert des Rapses bei.



Bild 5: Rapsstroh nach der Ernte (Quelle: Woortman, LfL)

Untersuchungen des Fraunhofer-IKTS an einer Biogasanlage in Pöhl zeigen, dass der Einsatz von Rapsstroh nach einer entsprechenden Aufbereitung (Extruder) funktioniert und laut Anlagenbetreiber zudem wirtschaftlich sein kann (Rudolph, 2017).

Laut Biogausausbeuten-Datenbank der LfL (<https://lfl.bayern.de/iba/energie/049711/index.php>) beträgt die Gasausbeute von Rapsstroh 129 NI CH<sub>4</sub>/kg oTM. Eine rasche Bergung des Materials bzw. unterschiedliche Erntetermine werden voraussichtlich einen erheblichen Einfluss auf das Biogaspotential und den Methanhektarertrag haben. Untersuchungen dazu stehen allerdings noch aus. Für die Bewertung des kompletten Verfahrens bedarf es weiterführender Versuche.

## 5. Ausputz von Landhändlern oder Mühlen

Es gibt einige Praxisbeispiele, bei denen Ausputz aus Reinigungs- und Siebanlagen von Landwirten oder bei Landhändlern, die frisch geerntete Waren wie z. B. Weizen, Raps usw. annehmen, direkt ohne Konservierungsschritt in Biogasanlagen verwendet werden.

Bestandteile des Ausputzes sind Spelzen, zerbrochenes Getreide, Schalenteile, Unkrautsamen, Steinchen und Strohbestandteile. Dieser Ausputz ist zum großen Teil durchaus in Biogasanlagen vergärbar und dessen Methanertagspotential ist durchaus nennenswert, er eignet sich jedoch nicht als Tierfutter.

Neben dem Ausputz fallen zudem etwa 0,1 % Getreidestaub an. Da sich die Mykotoxine wie z. B. das Desoxinivalenol (DON) bei Getreide vor allem in der Kornschale finden, ist der Staub meist deutlich höher mit Mykotoxinen belastet als das Getreide. Beim Roggen sind es vor allem die toxischen Mutterkornalkaloide, die sich im Ausputz und im Staub finden lassen. Daher sind die Stäube aus der Getreidereinigung grundsätzlich als Sondermüll zu betrachten und sollten nicht in eine Biogasanlage eingebracht werden.

Für den Vergütungsanspruch nach EEG un-schädlich sind alle rein pflanzlichen Nebenprodukte, die in der Anlage 2, Absatz V zum EEG 2009 genannt sind („Positivliste“). Betreiber, die NawaRo-Bonus nach EEG 2009 (gilt auch für Anlagen des EEG 2000 und EEG 2004) erhalten, dürfen diese Stoffe einsetzen, erhalten aber für den Stromanteil aus diesen Stoffen keinen NawaRo-, Gülle- oder Landschaftspflegebonus. Für den Nachweis ist allerdings ein Umweltgutachten nötig. Nähere Hinweise dazu finden sich in der Fachinformation "Hinweise zum Einsatz rein pflanzlicher Nebenprodukte in NawaRo-Anlagen".

Ab dem EEG 2012 wurde die strikte Trennung zwischen NawaRo- und Abfallanlagen aufgehoben. Unabhängig vom EEG-Vergütungsanspruch sind die Einsatzstoffe genehmigungsrechtlich abzuklären (siehe Kapitel 1).



**Bild 6:** Damit beispielsweise Körnermais wie auf dem Bild sauber verladen werden kann, muss er bei der Erfassung über eine Siebanlage laufen und gereinigt werden. Was dabei auch z. B. bei Getreide und Raps übrig bleibt kann als Ausputz in der Biogasanlage verwertet werden (Quelle: X.BEGUET, Panorama-stock.adobe.com)

## 6. Rübenblatt

Rübenblatt ist bislang ein wenig genutztes, aber umfangreich zur Verfügung stehendes Biogassubstrat. 2019 wurden auf 66.962 ha in Bayern (Quelle: Überblick über die Flächennutzung in Bayern 2019, Stand 12.06.2019) Zuckerrüben angebaut. Bei einem Ertrag von ca. 30 bis 40 Tonnen (frischem) Rübenblatt ergibt sich eine Frischmasse von rund 2 Mio. Tonnen in Bayern. Der TM-Gehalt von Rübenblatt liegt bei ca. 15 – 18 %, so dass viel Wasser transportiert werden muss und sich die wirtschaftliche Transportentfernung auf wenige Kilometer um die Anlage beschränkt. Es muss eine zusätzliche Überfahrt mit Überladewagen getätigt werden, welche die Rodung in der Flächenleistung beeinflusst. Zu bedenken ist ein möglicher Einfluss auf die Bodenstruktur und eine zusätzliche Investition in ein Blattbergeband am Roder. Blattbergebander sind bei den Roderherstellern verfügbar jedoch meist bei den Lohnunternehmern/Maschinenringern nicht verbaut. Die Erntekosten liegen bei ca. 80 - 100 €/ha.



Bild 7: Blattbergung (Quelle: HOLMER Maschinenbau GmbH)

Die Biogasausbeute aus Rübenblatt liegt bei rund 80 m<sup>3</sup> Biogas/t Frischmasse bei 54 % Methananteil (LfL Bayern). Eine Blattsilierung ist im Fahrsilo gut möglich.

Zu beachten ist allerdings der hohe Sickersaftanfall.

## 7. Hopfenrebenhäcksel

### Hintergrund

In Deutschland wird rund 1/3 des weltweiten Hopfens erzeugt. Anbauggebiete sind neben der Hallertau, Tettngang, Spalt, Hersbruck sowie die Elbe-Saale-Region. Die Hallertau ist eines der weltweit größten zusammenhängenden Hopfenanbauggebiete, mit derzeit 16.995 ha bewirtschafteter Fläche (Hopfenpflanzerverband, 2020). Das Hauptprodukt bei der Erzeugung, die Hopfendolden, werden zu 98 % für die Bierherstellung verwendet (Portner, 2018). Bei der stationären Hopfenernte auf dem Betrieb fällt nach der Pflücke und Separierung der Dolden sogenannter Rebhäcksel an, der aus Blättern und zerkleinerten Haupt- und Seitentrieben besteht. Nach der Düngeverordnung vom 16. Mai 2017 gilt Rebhäcksel als organischer Dünger (DüV, 2017). Der Rebhäcksel muss folglich direkt nach der Ernte oder nach einer ordnungsgemäßen Lagerung auf dem Betrieb, als organischer Dünger auf die Flächen zurückgeführt werden. Der Anfall an Rebhäcksel schwankt je nach Betrieb, Sorte und Jahr. Im Durchschnitt wird bei einem normal entwickelten Bestand von einem Rebhäckselanfall von 140 dt/ha, bezogen auf 17,5 dt/ha Trockenhopfen ausgegangen (Faktor 8). Dieser Faktor ist auch in der Düngebedarfsermittlung anzusetzen, um die anfallende Menge an Rebhäcksel zu berechnen. Rebhäcksel enthält bei 27 % TM rund 6 kgN/ t (LfL et al., 2019).



Bild 8 + 9: Frischer Hopfenrebenhäcksel (Quelle: LfL)

## Vorteile der Rebenhäckselvergärung

Die Verwertung von Rebenhäcksel in der Biogasanlage hat neben der Hygienisierung den Vorteil, umwelt- und ressourcenschonend Energie aus organischem Reststoffen zu gewinnen und die Nährstoffausnutzung zu verbessern. Weitere Vorteile sind:

1. Rebenhäcksel muss als organischer Dünger die Anforderungen der AwSV erfüllen. Die Lagerung muss auf dichten Bodenplatten erfolgen. Während der Lagerung bildet sich nach wenigen Tagen im Zuge der Verrottung Sickersaft. Dieser muss zusätzlich in einen geeigneten Sammelschacht oder in Gülle- oder Jauchegruben geleitet werden. Zudem muss ausreichend Lagerplatz vorgehalten werden. Durch eine zentrale Silierung vor Ort an der Biogasanlage kann auf den Betrieben der Flächenverbrauch und die –versiegelung für die Lagerung der Rebenhäcksel reduziert werden.
2. Die Hopfenernte beginnt Ende August und dauert je nach Sorte bis Anfang Oktober. Durch die Abholung der Rebenhäcksel durch den Biogasanlagenbetreiber wird während der Hopfenernte für Entlastung bei den Betrieben gesorgt. Die Ausbringung von Rebenhäcksel darf in Bayern derzeit (Stand 2019) auf Hopfenflächen oder sonstigen Flächen gemäß DüV durch eine Ausnahmegenehmigung unter Einhaltung verschiedener Auflagen nur bis zum 15. Oktober erfolgen. Nähe-

re Informationen sind in der Beratungsbroschüre „Grünes Heft Hopfen“ zu finden (LfL et al., 2019). Bei einer unmittelbaren Rückführung des Häckselgutes erhöht sich während der Ernte der Zeitdruck. Arbeitsspitzen werden durch die Abholung somit entzerrt.

3. Die Hopfenpflanzen wachsen im Verlauf der Vegetationsperiode 7 m an einem Aufleitdraht im Hopfengarten empor. Dieser Draht wird bei der Ernte der Hopfenreben mit geerntet und ist im Rebenhäcksel als sogenannte „Hopfenspikes“ enthalten. Bei der Rückführung des Materials können die Drahtstifte auf den Straßen verloren gehen und Reifenschäden sowie Kosten beim Landwirt (Einsatz von Magnetsammelgeräten) verursachen. Diese Kosten entfallen bei der Verwertung in der Biogasanlage, da wie im Praxisbeispiel (folgend) der Rebenhäcksel in Containern gesammelt wird und somit nicht auf der Straße verloren geht.
4. Hopfen hat im Herbst nach der Ernte keinen Düngebedarf. Da die Hauptstickstoffaufnahme des Hopfens im Juni und Juli ist, besteht bei der Rückführung der Rebenhäcksel im Herbst eine potentielle Gefahr für Stickstoffverluste oder niedrige Ausnutzungsgrade. Eine bedarfsgerechte Nährstoffzufuhr im Frühjahr über Gärreste ist daher zu empfehlen, zumal die im Gärprodukt enthaltenen Nährstoffe schneller für die Pflanzen verfügbar sind.

## Herausforderung Rebenhäcksel

Betriebe, die Probleme mit dem Verticillium-Pilz (Hopfenwelke) haben, sollten zur besseren Hygienisierung den Rebenhäcksel einer anaeroben Vergärung in der Biogasanlage unterziehen. Durch die Pilzkrankheit kommt es zu erheblichen Ertragsausfällen durch frühzeitiges Welken der oberirdischen Pflanzenteile bis hin zum Absterben einzelner Triebe oder des gesamten Stockes. Die chemische Bekämpfung des Pilzes ist bislang unmöglich. Eine Infektion entsteht durch überdauerndes Pilzmyzel in lebenden und verrottenden Pflanzenteilen oder im Boden. Durch die Rückführung von nicht hygienisiertem Rebenhäcksel unmittelbar nach der Ernte erhöht sich das Infektionspotential und das Risiko

der Verbreitung innerhalb und zwischen den Hopfengärten. Eine Möglichkeit zur Bekämpfung des Pilzes bietet die Vergärung in der Biogasanlage. Durch den vorangeschalteten Silierungsvorgang und den Prozess der Vergärung in der Biogasanlage ist der Pilz nach kurzer Zeit nicht mehr keimfähig. Die LfL prüft derzeit zudem verschiedene Verfahren zur Kompostierung von Rebenhäcksel hinsichtlich Ökonomie, Ökologie und Praktikabilität (LfL, 2020).

## Praxisbeispiel

In der Hallertau wird derzeit eine Biogasanlage vorwiegend mit Hopfenrebenhäcksel betrieben,

die Bioerdgas Hallertau GmbH.



**Bild 10:** Luftbild Bioerdgas Hallertau GmbH (Quelle: HVG Hopfenverwertungsgenossenschaft e.G.)

Als weitere Substrate werden Silomais, Ganzpflanzensilage und Gras eingesetzt. Das frische Häckselgut wird während der Hopfenernte in Containern auf den Betrieben gesammelt, täglich abgeholt und zur Biogasanlage gebracht. Das Material wird unmittelbar nach der Ernte mit den anderen Substraten konserviert (siliert). Vor dem Einbringen in den Fermenter wird der Hopfenrebenhäcksel mechanisch aufgeschlossen. Bei diesem Vorgang werden die Drahtstifte mit Magneten aus dem Häckselgut entfernt. Die Silage wird anschließend vergoren. Betriebe, die Rebenhäcksel angeliefert haben, bekommen im Gegenzug ein hochwertiges Gärprodukt für ihre Felder zurück. Die Lieferanten erhalten einen Erlös für den Rebenhäcksel. Die Kosten für die Ausbringung der flüssigen oder festen Gärprodukte auf die Flächen werden wiederum vom

Landwirt getragen (Bioerdgas Hallertau GmbH, 2020).



**Bild 11:** Sammlung des Rebenhäcksel in Containern (Quelle: LfL)

## 8. Biomassegewinnung von Flächen des Greening- und KULAP-Förderprogramms

Mit der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) soll die Landwirtschaft in Europa ökologischer und nachhaltiger werden und verlässlichere und stabilere Rahmenbedingungen erhalten. In den darin enthaltenen Förderprogrammen werden




Maßnahmen unterstützt, die oft als Nebeneffekt Biomasse erzeugen. Daraus resultiert die Frage, ob bzw. bei welchen Maßnahmen eine energetische Nutzung des Aufwuchses möglich und sinnvoll ist.

### Greening - Flächen zur Substratgewinnung

In der ersten Säule der EU-Förderung betrifft dies vor allem die Bereitstellung ökologischer Vorrangflächen aus dem Baustein der konkreten Umweltleistungen - dem sogenannten Greening. Der Aufwuchs darf unter bestimmten Voraussetzungen genutzt werden. Aufgrund ihrer unterschiedlichen ökologischen Wertigkeit

werden bei den flächigen Maßnahmen verschiedene Gewichtungsfaktoren angesetzt. Multipliziert mit der jeweiligen Ackerfläche muss die Greeningfläche zusammen 5 % der gesamten bewirtschafteten Fläche eines Betriebs betragen.

**Tabelle 3:** Überblick über Greening fähige Kulturen und Maßnahmen zur Biomassegewinnung

	Durchwachsene Silphie	Zwischenfrüchte	Untersaaten
<b>Gewichtungsfaktor</b>	0,7	0,3	0,3
<b>Einsaat</b>	Keine Vorgaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aussaat 16. Juli - 1. Oktober</li> <li>– Mischung aus mindestens zwei Arten gemäß Anlage 3 DirektZahlDurchfV</li> <li>– max. Anteil einer Art: 60 %</li> <li>– max. Grasanteil: 60 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– keine Saatterminvorgabe</li> <li>– nur Gräser und/oder Leguminosen</li> </ul>
<b>Auflagen / Pflege</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pflanzenschutz nur im ersten Ausbringungsjahr zulässig</li> <li>– Organische Düngung zulässig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kein Pflanzenschutz</li> <li>– keine mineralische Düngung</li> <li>– Bodenbearbeitung zur Folgekultur erst ab 16. Januar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kein Pflanzenschutz</li> <li>– keine mineralische Düngung</li> <li>– Bodenbearbeitung zur Folgekultur erst ab 16. Januar</li> </ul>
<b>Nutzung</b>	Schnittnutzung, stoffliche und / oder energetische Verwertung erlaubt	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nutzung erst ab dem 16. Januar des Folgejahres</li> <li>– Häckseln, Walzen oder Schlegeln zulässig</li> <li>– Keine Überführung in Hauptfrucht zulässig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nutzung erst ab dem 16. Januar des Folgejahres</li> <li>– Häckseln, Walzen oder Schlegeln zulässig</li> <li>– Überführung in Hauptfrucht zulässig</li> </ul>
			
	Quelle: Ammer, Lfl	Quelle: Kuntscher, Lfl	Quelle: Darnhofer, Lfl

## Durchwachsene Silphie

Seit einigen Jahren bereits in den Fokus gerückt ist die Durchwachsene Silphie als Biogassubstrat mit ökologischen Vorteilen. Auch wenn der mehrjährige Korbblütler erst im 2. Jahr einen Ertrag bildet, wird die bis zu 3 m große Pflanze vor allem auch wegen ihrer mindestens 10 Jahre langen Nutzungsdauer als Energiepflanze geschätzt. Dabei können Versuchen des TFZ zufolge Erträge von bis zu 150 – 200 dt TM/ha erreicht werden.

## Zwischenfrüchte

Ähnliche positive Auswirkungen zeigen Zwischenfrüchte. Versuche an der Landesanstalt für Landwirtschaft haben gezeigt, dass winterharte Zwischenfrüchte als Beispiel ökologischer Vorrangflächen eingeschränkt zur Biomassegewinnung herangezogen werden können. Beispielhaft hierfür ist das Landsberger Gemeinde, welches die Frostzeiten übersteht und somit im folgenden Jahr geerntet werden kann. In den Versuchen der LfL konnte ein zusätzlicher Ertrag von bis zu 15 - 25 dt TM/ha bei einmaliger Ernte

## Untersaaten

Untersaaten können mit vielen Hauptkulturen kombiniert werden. Bei der Untersaat in Wintergetreide ist der richtige Ansaatzeitpunkt abhängig von der gewünschten Nutzungsdauer der Untersaat. Je nach Hauptkultur und Standortbedingungen können die Erträge der Untersaat im Folgejahr variieren. Aufgrund der Nutzungsbeschränkung ist eine Ernte im Herbst bei Anrechnung als ökologische Vorrangfläche nicht zulässig. Da die Untersaat über die Wintermo-

## KULAP – Flächen zur Substratgewinnung

Seit 1988 gewährt Bayern mit dem Kulturlandschaftsprogramm (KULAP) den Landwirten Ausgleichszahlungen für umweltschonende Bewirtschaftungsmaßnahmen, welche im Rahmen der zweiten Säule der GAP (Gemeinsame Agrarpolitik) neu strukturiert wurden.

Zu diesen Maßnahmen zählen zum Beispiel auch Bewirtschaftungsweisen, die als ökologische Vorrangfläche angerechnet werden kön-

Wegen ihrer dauerhaften Durchwurzelung verringert die Durchwachsene Silphie Bodenabtrag und Stickstoffausträge. Durch die lange Blühdauer von Anfang Juli bis September werden jegliche Blütenbesucher gefördert.

Weitere Informationen: [https://www.biogasforum-bayern.de/De/Fachinformationen/Substrate/nachhaltig-erneuerbar-energie\\_DurchwachseneSilphiealsBiogassubstrat.html](https://www.biogasforum-bayern.de/De/Fachinformationen/Substrate/nachhaltig-erneuerbar-energie_DurchwachseneSilphiealsBiogassubstrat.html).

zu Beginn des Frühjahrs (März – April) erwirtschaftet werden (zweijährige Ergebnisse). Beim Anbau ist vor allem auf die standortbedingten Gegebenheiten zu achten, sodass bei der Wahl der Folgefrucht auch die vorherrschenden Witterungsbedingungen mit einbezogen werden müssen. Zudem kann es bei der Folgefrucht zu Ertragseinbußen aufgrund erhöhten Unkrautdrucks kommen, weshalb der Fokus bei der Folgefrucht verstärkt auf die Pflanzenschutzmaßnahmen gelegt werden muss.

nate nicht abfriert besteht aber beispielsweise die Möglichkeit eines frühen Schnitts vor der Ansaat von Silomais. Wenn die Untersaat im Folgejahr als Hauptkultur genutzt werden soll, ist diese ab dann nicht mehr als ökologische Vorrangfläche anrechenbar.

Weitere Informationen: [https://www.biogasforum-bayern.de/De/Fachinformationen/Substrate/nachhaltig-erneuerbar-energie\\_Weidelgras.html](https://www.biogasforum-bayern.de/De/Fachinformationen/Substrate/nachhaltig-erneuerbar-energie_Weidelgras.html).

nen, wie die Winterbegrünung mit Zwischenfrüchten oder Gewässer- und Erosionsschutzstreifen. Letztere dürfen im KULAP aber bis zu 30 m breit sein und es gelten für die Nutzung keine Sperrzeiten. Diese Grünstreifen müssen allerdings mindestens einmal im Jahr genutzt werden.



Da es sich bei den Kulturen dieser Maßnahme oft um Grünland, bzw. Klee- und Luzernegras handelt, müssen die Einsatzgrenzen der Nutzung beachtet werden (<https://www.biogasforum-bayern.de/media/files/0001/Substratbereitstellung-von-Grunland.pdf>).

Einen weiteren Teil des KULAP bildet die Etablierung jährlicher wechselnder Blühflächen. Diese Blühflächen dürfen im Bergungszeitraum vom 01. September bis einschließlich 15. November zur Verwertung in Biogasanlagen ge-

nutzt werden. Sofern kein Anbau einer Winterrung erfolgt, darf die Fläche jedoch anschließend nicht vor dem 01.01. des Folgejahres umgebrochen (Winterfurche) werden. Die Förderfläche beträgt max. 6,00 ha je Betrieb. Daten zum Ertragspotential der Blühflächen sind bisher noch nicht erhoben worden, sodass keine Aussagen zur Gewinnung von Biomasse getroffen werden können. Diese mögliche Substratproduktion gilt allerdings nur für jährlich wechselnde Blühflächen – mehrjährige Blühflächen sind von der Nutzung ausgenommen.

## 9. Landschaftspflegematerial

Im folgenden Beitrag soll geklärt werden, was genau unter Landschaftspflegematerial zu verstehen ist, wo dieses anfällt und welche Mengen theoretisch in Bayern zur Verfügung stehen könnten.

### Definition

Was genau unter Landschaftspflegematerial zu verstehen ist, wurde in EEG 2012 gemäß der Biomasseverordnung (BiomasseV), Anlage 3 Nr. 5 festgelegt:

*„Landschaftspflegematerial einschließlich Landschaftspflegegras.*

*Als Landschaftspflegematerial gelten alle Materialien, die bei Maßnahmen anfallen, die vorrangig und überwiegend den Zielen des Naturschutzes und der Landschaftspflege im Sinne des Bun-*

*desnaturschutzgesetzes dienen und nicht gezielt angebaut werden.*  
*Marktfrüchte wie Mais, Raps oder Getreide sowie Grünschnitt aus der privaten oder öffentlichen Garten- und Parkpflege oder aus Straßenbegleitgrün, Grünschnitt von Flughafengrünland und Abstandsflächen in Industrie und Gewerbegebieten zählen nicht als Landschaftspflegematerial. Als Landschaftspflegegras gilt nur Grünschnitt von maximal zweischürigem Grünland.“*



**Bild 12:** Arten- und strukturreiches Dauergrünland mit Wiesen-Pippau (*Crepis biennis*) im Erlwiesfilz, Landkreis Landsberg am Lech (Quelle: Suttner)

## Flächen auf denen Landschaftspflegematerial anfällt

Landschaftspflegematerial fällt bei der naturschutzorientierten Nutzung oder Pflege von ökologisch wertvollen Flächen an, die keiner intensiven landwirtschaftlichen Nutzung unterliegen. Außerhalb des Waldes sind das vorwiegend Flächen, die nach § 30 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) oder nach Art. 23 des Bayerischen Naturschutzgesetzes (BayNatSchG) geschützt sind, auf denen Agrarumweltmaßnahmen umgesetzt werden oder naturschutzfachliche Auflagen als Ausgleich für Eingriffe in Natur und Landschaft einzuhalten sind. Die nach BNatSchG oder BayNatSchG geschützten Flächen werden im Rahmen der Bayerischen Biotopkartierung im Maßstab 1 : 5.000 erfasst. Die nutzerfreundlich aufbereiteten Ergebnisse stehen der interessierten Öffentlichkeit z. B. über das Onlinewerkzeug „FIN-Web“ zur Verfügung

[https://www.lfu.bayern.de/natur/fis\\_natur/fin\\_web/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/natur/fis_natur/fin_web/index.htm).



**Bild 13:** Pfeifengrasstreuwiese mit Simsenlilie (*Tofieldia calyculata*), Tauben-Skabiose (*Scabiosa columbaria*), Magerwiesen-Margerite (*Leucanthemum vulgare*) und Nordischem Labkraut (*Galium boreale*) im Erlwiesfilz, Landkreis Landsberg am Lech (Quelle: Suttner)

## Theoretisch verfügbare Menge in Bayern

Die theoretisch verfügbare Menge an Landschaftspflegematerial für die Biogasnutzung wird von vielen Faktoren beeinflusst. I. d. R. liegen keine detaillierten Daten zur Menge und Verfügbarkeit vor. Für eine überschlägige Abschätzung können die Daten der Biotopkartierung (ohne Alpen) und des Vertragsnaturschutzprogramms (VNP) herangezogen werden. Nach den Daten der Bayerischen Biotopkartierung existieren in Bayern Flächen mit geeigneten Biotoptypen in einer Größenordnung von etwa

79.000 ha (Tab. 4). Bayernweit fallen auf diesen Flächen vorsichtig geschätzt ca. 150 – 450.000 t TM an. 2019 wurden auf ca. 90.000 ha landwirtschaftlichen Flächen (ohne Teiche) VNP-Maßnahmen umgesetzt. Weil nicht immer der Aufwuchs von VNP-Flächen den Anforderungen an Landschaftspflegematerial genügen (z. B. max. 2 Schnitte) und etwa die Hälfte der VNP-Flächen gleichzeitig in der Biotopkartierung verzeichnet sind, werden hier nur 25.000 ha in die Potentialabschätzung einbezogen.

**Tabelle 4:** Theoretisch verfügbare Biomasse aus der Landschaftspflege in Bayern

Biotoptyp	Fläche in Bayern lt. BK und VNP <sup>1</sup> [ha]	Aufwuchs <sup>2</sup> [t TM/(ha*a)]	Aufwuchs, gesamt [1000 t TS/a]
Extensivgrünland	25.000	3 – 7	75 – 175
Nasswiesen	15.000	4 – 7	60 – 105
Magerrasen	11.000	1 – 3,5	11 – 39
Streuwiesen	14.000	2,5 – 6	35 – 84
Altgrasfluren	5.000	3 – 7 wie Extensivgrünland	15 – 35
Streuobstwiesen	5.000	3 – 7 wie Extensivgrünland	15 – 35

<sup>1</sup>Nur Flächen, die nicht gleichzeitig in der Biotopkartierung erfasst sind und den Anforderungen für die Erzeugung von Landschaftspflegematerial entsprechen (Schätzwert); <sup>2</sup>Alle Werte nach Menzel et al. 2014

Landröhricht	4.000	3 – 17	12 – 68
VNP	25.000	3 – 7 wie Extensivgrünland	75 – 175
<b>Summe</b>	<b>104.000</b>	---	<b>298 – 716</b>

Bei einem Anteil organischer Trockenmasse (oTM) von 90 % und einer angenommenen Methanausbeute von 80 m<sup>3</sup>/t oTM könnte man damit jährlich etwa 21 – 52 Mio. m<sup>3</sup> Methan erzeugen.

### Vergütung im EEG

Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz 2009 (EEG 2009) wurde erstmals eine Zusatzvergütung für den Einsatz von Landschaftspflegematerial in Biogasanlagen eingeführt. Der „Landschaftspflegebonus (Lapf-Bonus)“ in Höhe von 2 Ct/kWh kann bis heute für Anlagen in Anspruch genommen werden, die vor dem 01.01.2012 in Betrieb genommen wurden und die überwiegend (> 50 % Massenanteil) mit Materialien aus der Landschaftspflege betrieben werden. Der Bonus wird dabei für den gesamten Strom gewährt, der in solchen Anlagen erzeugt wird. Für Anlagen, die ab 2012 bis 31.07.2014 in Betrieb gingen, ist das System der

### Wirtschaftlichkeit

Fallen bei der naturschutzorientierten Pflege Materialien an, stehen diese grundsätzlich kostenfrei zur Verfügung. Alle Arbeitsschritte einschließlich der Bergung und ggf. auch der Abtransport bis hin zur sachgerechten Lagerung und Verwertung (z. B. Kompostierung) sind in der Regel durch die entsprechenden Fördergelder abgedeckt. Obwohl keine direkten Substratkosten anfallen, ist aufgrund zahlreicher Einflussfaktoren eine wirtschaftliche Verwendung von Landschaftspflegematerial in Biogasanlagen nur unter günstigen Voraussetzungen möglich und von folgenden Faktoren beeinflusst:

Zum Vergleich: 2016 wurden in Bayern 11,2 Mio. m<sup>3</sup> Methan in das Erdgasnetz eingespeist und ein Äquivalent von 1,7 – 1,8 Mrd. m<sup>3</sup> Methan in Form von Biogas zur Stromerzeugung genutzt.

Einsatzstoffvergütungsklassen (ESK) nach dem EEG 2012 maßgeblich. Die Vergütung erfolgt hier anhand der eingesetzten Menge und einem festgelegten Methanertrag von 43 m<sup>3</sup> pro Tonne Frischmasse. Ein Mindest-Massenanteil ist nicht mehr erforderlich. Mit Inkrafttreten des EEG 2014 entfielen NawaRo-Bonus, Lapf-Bonus und die Zusatzvergütungen nach den ESK für neue Anlagen. Das EEG 2017 behält diese Regelung bei. Beratungseinrichtungen wie das LandschaftEnergie-Team, die Landtechnikberater der ÄELF oder C.A.R.M.E.N. e.V. unterstützen gerne auch bei EEG-Fragen beim Einsatz von Landschaftspflegematerial.

- ▶ Vergütungsanspruch durch das EEG
- ▶ Menge und Qualität des zur Verfügung stehenden Materials
- ▶ Höhe des logistischen Aufwands (z. B. Länge der Transportwege)
- ▶ Aufwand zur Erzeugung höherwertiger Qualität (z. B. ohne Schimmelbildung)
- ▶ Art der Konservierung (Trocknung, Fahrsilo etc.)
- ▶ Zeitraum in dem hinreichende Mengen für eine Konservierung im Fahrsilo anfallen
- ▶ Höhe zusätzlicher Kosten für die Aufbereitung der Materialien; vgl. Fachinformation zur Substrataufbereitung ([www.biogasforum-bayern.de/bif8](http://www.biogasforum-bayern.de/bif8))
- ▶ Höhe zusätzlicher Kosten für die Anlagentechnik
- ▶ Verwendung der Gärreste (können nicht auf den Naturschutzflächen ausgebracht werden)

## 10. Aufwuchs von Wiesen mit Wasser-Greiskraut

Das Wasser-Greiskraut (*Senecio aquaticus* Hill), auch Wasser-Kreuzkraut genannt, ist eine Giftpflanze feuchter Grünländer, das in Teilen Südbayerns in den letzten Jahren lokal häufiger geworden ist (Suttner et al. 2016). Es enthält wie viele andere Arten aus der Gattung *Senecio* Pyrrolizidin-Alkaloide, deren Aufnahme durch Nutztiere zu Leberschäden und einer erhöhten Sterblichkeit führen kann (Petzinger 2011). Mähgut von Flächen mit weniger als einer Pflanze je 10 Quadratmeter kann noch eingeschränkt für Futterzwecke genutzt werden. Material mit höheren Anteilen ist als Futter ungeeignet. Die Veräußerung als Futtermittel ist nach dem Futtermittelrecht verboten (Radkowitsch et al. 2018).

Wasser-Greiskraut ist eine zweijährige Pflanze, die sehr viele Samen mit langanhaltender Keimfähigkeit ausbildet. Weil eine weitere Ausbreitung der Art im Wirtschaftsgrünland unerwünscht ist, sind beim Umgang mit dem Mähgut, das zahlreiche keimfähige Samen enthält, entsprechende Vorkehrungen zu treffen. Das unbehandelte Material sollte daher nicht als Einstreu im Stall genutzt oder auf dem Misthaufen, dem Kompost oder einer Grüngutannahmestelle entsorgt werden (Radkowitsch et al. 2018).

Mähgut mit Wasser-Greiskraut kann in Biogasanlagen genutzt werden. Bei der Ausbringung der Gärreste auf landwirtschaftlichen Flächen besteht nach derzeitigem Kenntnisstand keine Gefahr, dass hierdurch die Art verbreitet wird. Untersuchungen des Landwirtschaftlichen Zentrums Baden-Württemberg (Messner 2016) ergaben, dass bei mesophiler Vergärung (37°C) alle Samen des Wasser-Greiskrauts bereits nach einem Tag Verweilzeit im Fermenter ihre Keimfähigkeit zu 100 % verloren hatten. Untersuchungen aus Nordrhein-Westfalen mit dem nah verwandten Jakobs-Greiskraut (*Senecio jacobaea*) lieferten ein vergleichbares Ergebnis (Berendonk et al. 2009). Reale Biogasfermenter weisen allerdings Kurzschlussströme auf. Diese sind am größten bei Betrieb ausschließlich eines Rührkesselfermenters mit anschließendem Gärproduktlager. Weniger Kurzschlussströme er-

zeugt die Reihenschaltung mehrerer Rührkesselfermenter oder der Einsatz von Pfropfenströmern. In Garagenfermentern sollten verfahrensbedingt durch den Batch-Betrieb keine Kurzschlussströme auftreten. Sofern durch die Genehmigungsbehörde nicht ohnehin ein Nachweis für die Wirkung der Hygienisierung der Biogasanlage gefordert wird, ist zu empfehlen, diesen Test freiwillig vor Einsatz dieses Substrates durch einen einschlägigen Gutachter durchführen zu lassen und umso die Inaktivierungsfähigkeit dieser Samen durch die eigene Biogasanlage zu überprüfen.

Nachdem Grünlandflächen mit Giftpflanzen wie die genannten Greiskraut-Arten nicht explizit für die Biogasproduktion angelegt wurden, besteht die Möglichkeit, dass die zuständige Behörde den Einsatz in die Biogasanlage als „Entledigung“ ansieht und der Vorgang in das Abfallrecht eingestuft wird. Sofern die Greiskraut-Wiese in der bayerischen Biotopkartierung verzeichnet ist oder wenn eine Vereinbarung nach dem bayerischen Vertragsnaturschutzprogramm besteht und die Fläche nur zweimal jährlich gemäht wird, liegen die Voraussetzungen für eine Deklaration als Landschaftspflegematerial vor. Wir raten Landwirten daher, sich im Vorfeld mit dem Landratsamt abzustimmen.



Bild 14: Blütenstand des Wasser-Greiskrauts (*Senecio aquaticus*) im Pflaumdorfer Moos, Landkreis Landsberg am Lech (Quelle: Suttner)

## 11. Speisepilzsubstrate

### Hintergrund

Ein weiteres Koppelprodukt, das Potenzial zur Biogaserzeugung bietet, sind sogenannte abgetragene Pilzsubstrate. Diese Substrate dienen dem Speisepilzanbau und nach der Nutzung stehen sie für andere Verwertungen zur Verfügung wie z. B. Bodenverbesserung, Düngung, Energiegewinnung und Verfütterung.

In Deutschland wurden 2019 knapp 80.000 Tonnen Speisepilze (75.000 t Champignon, 2.300 t Kräuterseitling, 800 t Eichenpilz/Shiitake, 700 t

Austernseitlinge und 100 t weitere Edelspezialitäten) angebaut. Die Pilzproduktion findet in klimatisierten Kulturräumen ganzjährig statt. Die Räume werden mit Pilzmyzel durchwachsenem Substrat befüllt und nach der Ernte (1 bis mehrere Wellen/Ernteschübe) entleert. Die Kulturdauer in den Ernteräumen beträgt 3 – 5 Wochen, d. h. die Räume werden jährlich 10 – 17 mal mit neuem durchwachsenem Substrat gefüllt und nach der Kultur entleert.

### Welche Pilzsubstrate werden verwendet?

Die Kulturspeisepilze werden auf verschiedenen Substraten mit drei unterschiedlichen Hauptbestandteilen (Pferdemist, Stroh und Sägemehl) angebaut und enthalten jeweils geringe Mengen organisch-mineralische Aufwertstoffe zur Erhöhung des pH-Wertes und der Erträge.

1. Der Champignon und einige weitere Arten werden auf kompostiertem und pasteurisiertem Substrat aus Pferde- und Hühnermist angebaut. Das abgetragene Champignonsubstrat nennt man auch Champost. Teilweise werden auch Champignonsubstrate ohne Pferdemist produziert. In Deutschland fallen jährlich über 200.000 t Champost an.
2. Die Austernseitlinge und einige weitere Arten werden auf pasteurisiertem Stroh ange-

baut. Hier fallen in Deutschland ca. 2.500 t/Jahr abgetragenes Strohsubstrat an.

3. Der Kräuterseitling wird auf Stroh- und/oder Holzsubstrat (pasteurisiert bis autoklaviert) produziert. Dabei beträgt das jährlich anfallende abgetragene Substrat von den Kräuterseitlingen in Deutschland ca. 6.500 t.
4. Die anderen Edelspezialitäten (u. a. Eichenpilz/Shiitake, Buchenpilz) wachsen in Deutschland auf autoklaviertem Holzsubstrat. Das Myzel wird in sterilen Paketen produziert und nach ausreichender Durchwachszeit werden die Beutel geöffnet und die Fruchtkörperbildung eingeleitet. In Deutschland fallen ca. 4.000 t/Jahr abgetragenes Holzsubstrat an.



Bild 15 + 16: Abgetragenes Holz-, Strohsubstrat (Quelle: Ulrich Groos, Hessische Landesfachgruppe Pilzbau)

## Energetische Nutzung der Pilzsubstrate

Nachdem die Pilze ggf. mehrfach abgeerntet wurden, ist die Nährwirkung des Substrats erschöpft und es bleibt als Reststoff (teilweise biozertifiziert) zurück. Da es fast komplett aus organischem Material wie Nährboden und Pilzmyzel besteht, wird es in der Landwirtschaft häufig zu Dünge- und Bodenverbesserungszwecken verwendet. Dabei besitzt es wegen dem weiten C:N-Verhältnis eine geringe Nitratauswaschungsgefahr. Das Koppelprodukt kann nach der Produktion von Speisepilzen auch in einer Biogasanlage vergoren werden. Das entstehende Gärprodukt hat dann immer noch hervorragende Düngereigenschaften. Der Vorteil gegenüber der direkten Vergärung von z. B. Stroh ist, dass durch das Wachstum der Pilze das Stroh schon voraufgeschlossen wird und so besser

vergärbar ist. Außerdem kann der Aufwand einer möglichen Vorbehandlung zur Verbesserung der Biogasausbeute, deutlich gesenkt werden. Der Gedanke einer energetischen Nutzung von Speisepilzsubstraten ist nicht neu. Die thermische Nutzung des Substrates wurde bereits untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass diese Biomassen thermisch gut genutzt werden könnten. Der niedrige Trockensubstanzgehalt von ca. 40 % ist nachteilig, da das Substrat vor der Verbrennung erst getrocknet werden muss, was Kosten verursacht. Auch sind ein hoher Ascheanteil und die Einstufung als Sonderbrennstoff zu erwarten. Für den Biogasprozess dahingegen ist dies ideal, da hier ein niedrigerer Trockensubstanzgehalt für die Silierung gewünscht ist.

## Rahmenbedingungen der Vergärung

Sollte abgetragenes Pilzsubstrat vergoren werden, ist es in der Verarbeitung hinsichtlich Lagerung, Vergärungstechnik also Einbringung und Rührung sowie der Prozessbiologie ähnlich wie Stroh zu behandeln.

**Hinweis:** Achtung ist gegeben, wenn Gips zur Substraterzeugung verwendet wird. Hierbei kommt es später zu erhöhten Gehalten an Schwefel im Biogas, was Schäden am BHKW verursacht. Eine vorherige Entschwefelung ist unabdingbar.

Bei den wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekten müssen einige Besonderheiten berücksichtigt werden. Neben der regionalen Verfügbarkeit sind die Kosten je Tonne Pilzsubstrat relevant, inwieweit der Einsatz wirtschaftlich ist. Es sollte vom Biogasanlagenbetreiber im Vorfeld verschiedene Substratpreise kalkuliert werden. Langfristige Lieferverträge können den Biogasanlagenbetreiber hier gegen schwankende Substratpreise absichern.

Bei den rechtlichen Anforderungen ist vor allem zu bedenken, dass abtragendes Pilzsubstrat in die Bioabfallverordnung (BioAbfV) fällt. Somit sind einige Vorschriften zu beachten. Ebenso sollten im Vorfeld ge-

nehmigungsrechtliche Hürden beim zuständigen Amt abgeklärt werden. Abgetragenes Pilzsubstrat ist nicht NawaRo-Bonus fähig und kann nur in Anlagen ohne diesen Bonus eingesetzt werden.

Die Vorschriften bei der Vergärung von Pilzsubstrat sehen vor, dass über den zusammenhängenden Zeitraum der Mindestverweilzeit die Behandlungstemperatur im thermophilen Bereich (mindestens 50 °C) auf das gesamte Material einwirkt. Dabei gilt, dass die Mindestverweilzeit sowie die verwendete Behandlungstemperatur nicht unterschritten werden dürfen. Sollte dies für eine Biogasanlage zutreffen, muss der Anlagenbetreiber für die Vergärung der Pilzkultivierungsrückstände noch die Genehmigung beim zuständigen Amt einholen.

Ebenso ist eine fachgerechte Hygienisierung über eine der Vergärung des festen Gärproduktes nachgeschalteten Kompostierung möglich. Somit können auch Biogasanlagen, die nicht thermophil vergären, das Pilzsubstrat zur Biogasproduktion nutzen.

Im Rahmen der Gärproduktausbringung sind vor allem die Vorgaben der Düngemittelverordnung einzuhalten.

## Biogaserträge

Angaben zu Biogaserträgen sind momentan nicht verfügbar. Erste Laboruntersuchungen, beauftragt durch die Hessische Landesfachgruppe Pilzbau, sind verfügbar. Unter den gewählten Rahmenbedingungen liegt die Biogausbeute

von Pilzsubstraten in Abhängigkeit des verwendeten Substrates bei ca. 320 NI/kg oTM. Damit ist es mit der Biogausbeute von Getreidestroh vergleichbar.

## 12. Tabellarischer Überblick

Tabelle 5, Teil 1 von 2: Einstufung von Reststoffen und Koppelprodukte

Reststoffe/ Koppelprodukte	NaWaRo -Bonus laut EEG 2009 <sup>1</sup>	Sofern kein NawaRo: Rein pflanzliches Nebenpro- dukt, Nr. V, Anlage 2, EEG 2009 <sup>1</sup>	Bioabfall im Sinne der Bio- abfallVO <sup>2</sup>	Gärsubstrat landwirtschaftli- cher Herkunft zur Gewinnung von Biogas im Sinne von §2, Abs. 8, Nr. (2) AwSV <sup>3</sup>	Aufbereitung/ Vorbehandlung
Auswahlmöglichkeiten	ja/nein	ja/nein	ja/nein/ unklar	ja/nein/ unklar	
Körnermaisstroh	ja	--	nein	ja	Zerkleinerung und Zerfasern erhöhen die Schüttdichte und erleichtern die Vergärung
Getreidestroh	ja	--	nein	ja	Vorbehandlung zum Aufschluss des ligninreichen Materials erforderlich
Rapsstroh	ja	--	nein	ja	Zerkleinerung und Zerfasern erhöhen die Schüttdichte und erleichtern die Vergärung
Ausputz von Landhändlern/Mühlen	nein	ja	ja	ja	Keine zwischengelagerte Konservierung notwendig, da die anfallenden Mengen gering sind (und oft schon erwärmt sind, sodass eine Silierung erschwert ist)
Rübenblatt	ja	--	nein	ja	Hinweis: sehr niedrige TS-Gehalte; hoher Sickersaftanfall
Hopfenrebenhäcksel	ja	--	nein	ja	Entfernung der Drahtstifte (Hopfenspikes) vor der Einbringung
Biomassegewinnung von Flächen des Greening- und KULAP Förderprogrammes	ja	--	nein	ja	Anwelken für Silierfähigkeit zum Teil notwendig
Landschaftspflegematerial	ja	--	unklar	ja	Je nach Herkunft der Substrate
Aufwuchs von Wiesen mit Wasser-Greiskraut	ja	--	unklar	ja	Ähnlich der Grasnutzung



Tabelle 5, Teil 2 von 2: Einstufung von Reststoffen und Koppelprodukte

Reststoffe/ Koppelprodukte	NaWaRo -Bonus laut EEG 2009 <sup>1</sup>	Sofern kein NawaRo: Rein pflanzliches Nebenpro- dukt, Nr. V, Anlage 2, EEG 2009 <sup>1</sup>	Bioabfall im Sinne der Bio- abfallVO <sup>2</sup>	Gärsubstrat landwirtschaftli- cher Herkunft zur Gewinnung von Biogas im Sinne von §2, Abs. 8, Nr. (2) AwSV <sup>3</sup>	Aufbereitung/ Vorbehandlung
Auswahlmöglichkeiten	ja/nein	ja/nein	ja/nein/ unklar	ja/nein/ unklar	
Speisepilzsubstrate	nein	nein	ja	nein <sup>4</sup>	Unter Umständen Vorauf- schluss des Substrats not- wendig Hygienisierung bei mesophilen Biogasan- lagen vor Einsatz notwen- dig

<sup>1</sup> Weitere Informationen siehe: [http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBL&jumpTo=bgbl108049.pdf](http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBL&jumpTo=bgbl108049.pdf)

<sup>2</sup> Weitere Informationen siehe: <https://www.gesetze-im-internet.de/bioabfv/BioAbfV.pdf>

<sup>3</sup> Weitere Informationen siehe: <https://www.gesetze-im-internet.de/awsv/AwSV.pdf>

<sup>4</sup> Das Substrat darf nicht in Biogasanlagen mit Gärsubstraten landwirtschaftlicher Herkunft (landwirtschaftlichen Biogasanlagen) eingesetzt werden.

**Bei allen Reststoffen und Koppelprodukten mit unklarer Einstufung muss sich der Betreiber vor der Verwertung mit den jeweiligen Umweltgutachtern und ggf. mit den zuständigen Behörden in Verbindung setzen.**

**Hinweis zur Hygienisierung:**

Vor allem im Zusammenhang mit der Nutzung mancher Reststoffe und Koppelprodukte ist es zu empfehlen bzw. kann es erforderlich werden, auch die phytohygienische Bedenklichkeit der Gärreste zu beleuchten. Es konnte zwar durch bisherige Untersuchungen gezeigt werden, dass alle bislang getesteten Krankheitserreger abhängig von den Prozessbedingungen und der Verweilzeit mehr oder weniger stark abnahmen (Fröschle et al., 2015), dass sich also in keinem Fall ein Erreger im Biogasprozess vermehrte. Speziell im Hinblick auf die Phytohygiene ergaben Versuche mit Schadpilzen, dass die Gärprodukte bei praxisüblicher Verfahrensführung, also bei mesophiler Vergärung (38 – 39°C) und einer hydraulischen Verweilzeit von 30 bis 40 Tagen, als unbedenklich eingestuft werden können. Allerdings besteht bei persistenteren Erregern wie beispielsweise *Verticillium albo-atrum* (8 Wochen Überdauerung bei Hopfen) unter mesophilen Bedingungen ein Verschleppungsrisiko. Ohne eine ausreichende Hygienisierung kann ein Einbringen von mit persistenteren Erregern befallenem Substrat und von widerstandsfähigen Unkrautsamen in mesophil betriebene Biogasanlagen somit nicht empfohlen werden. Um die Hygienisierungsleistung zu fördern, ist auf eine gute Silierung, eine lange Gärproduktlagerung und eine lange Verweilzeit zu achten. Sehr hilfreich ist eine mehrstufige Prozessgestaltung. Um mögliche Infektionsketten zu unterbrechen und möglichst zu unterbinden, sollte das Gärprodukt bei Hinweisen auf Gegenwart eines wirtsspezifischen Erregers nicht auf Flächen ausgebracht werden, die den Wirt des Erregers in der Fruchtfolge haben.

Quelle: Fröschle, B., Heiermann, M., Lebuhn, M., Messelhäusser, U. and Plöchl M. (2015): Hygiene and Sanitation in Biogas Plants. In: Biogas Science and Technology (G. M. Guebitz, ed.). Adv. Biochem. Eng. Biotechnol. 151, 63-99. doi: 10.1007/978-3-319-21993-6\_3

Weitere Informationen:

[https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/Prozessbiologie/hygienisierung-phytohygiene-umwelthygiene\\_gutefachlichepraxis.html](https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/Prozessbiologie/hygienisierung-phytohygiene-umwelthygiene_gutefachlichepraxis.html)

## Quellen:

### Getreidestroh:

- ▶ Zeller, V., Weiser, C., Hennenberg, K., Reinicke, F., Schaubach, K., Thrän, D., Vetter, A., Wagner, B. (2011): Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe zur Bioenergiebereitstellung. Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“ BAND 2, Hrsg.: Deutsches Biomasse Forschungszentrum GmbH (DBFZ), ISSN 2192-1806
- ▶ Weiser, C., Reinicke, F., Zeller, V., Vetter, A., Thrän, D., Wagner, B. (2011): Bestimmung des deutschlandweiten Getreidestrohpotenzials auf Landkreisebene unter Anwendung verschiedener Humusbilanzmethoden. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL). <http://www.tll.de/www/daten/pflanzenproduktion/nawaro/biogas/strp0311.pdf>
- ▶ Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): „Biogasausbeuten verschiedener Substrate“. <https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/>
- ▶ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL): Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, KTBL Heft 107, 3. Auflage, 2015, Hrsg.: KTBL.

### Rapsstroh:

- ▶ APFELBECK, R. (1989): Raps als Energiepflanzen: Verwertung von Rapsöl und Rapsstroh zur Energiegewinnung, (Dissertation), Band 156 von Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG), Institut für Landtechnik
- ▶ SCHUHMACHER, B. (2008): Untersuchungen zur Aufbereitung und Umwandlung von Energiepflanzen in Biogas und Bioethanol? Dissertation an der Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik
- ▶ RUDOLPH, W. (2017): „Rapsstroh Verkanntes Potential?“ erschienen im Eilbote online.com Das Landtechnikportal: <https://www.eilbote-online.com/artikel/rapsstroh-verkanntes-potenzial-22084/>

### Hopfenrebenhäcksel:

- ▶ Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV) <https://www.eilbote-online.com/artikel/rapsstroh-verkanntes-potenzial-22084/>
- ▶ LfL et al. (2019): Grünes Heft Hopfen 2019, Anbau Sorten Düngung Pflanzenschutz Ernte, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Institut für Pflanzenbau, Arbeitsbereich Hopfen, Wolnzach-Hüll
- ▶ [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/gruenesheft-hyperlink\\_inkl.\\_altern.\\_text\\_online\\_version.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/gruenesheft-hyperlink_inkl._altern._text_online_version.pdf)
- ▶ LfL, Kompostierung von Hopfenrebenhäcksel, Forschungs- und Innovationsprojekt <https://www.lfl.bayern.de/ipz/hopfen/216156/index.php> zuletzt besucht am 15.02.2021
- ▶ Portner, J. (2018): Hopfenbau. In: Faustzahlen für die Landwirtschaft. 15. Auflage, Darmstadt, S. 775–783, bearbeitet von W. Achilles Bioerdgas Hallertau GmbH, <http://www.bioerdgas-hallertau.de/index.html> zuletzt besucht am 15.02.2021

### Greening und KULAP Maßnahmen:

- ▶ Greening:  
[https://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/agrarpolitik/dateien/m\\_mfa.pdf](https://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/agrarpolitik/dateien/m_mfa.pdf)  
[https://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/allgemein/publikationen/broschuere\\_cross\\_compliance.pdf](https://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/allgemein/publikationen/broschuere_cross_compliance.pdf)
- ▶ KULAP:  
[http://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/agrarpolitik/dateien/m\\_aum\\_verpflichtungszeitraum\\_2019\\_2023.pdf](http://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/agrarpolitik/dateien/m_aum_verpflichtungszeitraum_2019_2023.pdf)  
[https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Agrarpolitik/\\_Texte/GAP-NationaleUmsetzung.html](https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Agrarpolitik/_Texte/GAP-NationaleUmsetzung.html)

### **Landschaftspflegematerial:**

- ▶ BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, Biotopkartierung außerhalb der Alpen, Stand Januar 2019, <https://www.lfu.bayern.de/natur/biotopkartierung/auswertung/index.htm>, aufgerufen am 16.02.2021
- ▶ BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, Bayerisches Vertragsnaturschutzprogramm (VNP), <https://www.stmuv.bayern.de/themen/naturschutz/naturschutzfoerderung/vertragsnaturschutzprogramm/index.htm>, aufgerufen am 18.02.2021
- ▶ BERENDONK, C., HÜNTING, K., JANSSEN, A. & CLEMENS, J. (2009): Beeinflussung der Keimfähigkeit der Samen von *Senecio jacobaea* durch den Prozess der Silierung und Biogasvergärung. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 10, S. 210 – 213
- ▶ BUNDESAMT FÜR JUSTIZ (2001): Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung - BiomasseV), <http://www.gesetze-im-internet.de/biomassev/BJNR123400001.html>
- ▶ LFL, Biogas in Zahlen - Statistik zur bayerischen Biogasproduktion, <https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/031607/>, aufgerufen am 08.01.2019
- ▶ MENZEL, N., THOSS, C. & J. METZNER (2014): Vom Landschaftspflegematerial zum Biogas – ein Beratungsordner, Deutscher Verband für Landschaftspflege e. V. (DVL) (Hrsg.), Nr. 22 der DVL-Schriftenreihe „Landschaft und Lebensraum“, S. 1 – 94, [https://www.dvl.org/uploads/tx\\_ttproducts/datasheet/DVL-Publikation-Schriftenreihe-22\\_Vom\\_Landschaftspflegematerial\\_zum\\_Biogas-ein\\_Beratungsordner.pdf](https://www.dvl.org/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DVL-Publikation-Schriftenreihe-22_Vom_Landschaftspflegematerial_zum_Biogas-ein_Beratungsordner.pdf)

### **Wasser-Greiskraut:**

- ▶ MESSNER, J. (2016): Beeinflussung der Keimfähigkeit von Wasserkreuzkrautsamen durch den Biogasprozess. Landinfo 2-2016
- ▶ PETZINGER, E. (2011): Pyrrolizidinalkaloide und die Seneciose bei Tieren. Tierärztliche Praxis Großtiere 4/2011, S. 221 – 230
- ▶ RADKOWITSCH, A, ZEHM, A. & GEHRING, K. (2018): Management von Problemarten Nr. 2: Wasserkreuzkraut – *Senecio aquaticus* HILL, Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Umwelt und Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, [https://www.penzberg.de/fileadmin/user\\_upload/pdfs/Umwelt\\_Klimaschutz/WOWRA/Wasserkreuzkraut.pdf](https://www.penzberg.de/fileadmin/user_upload/pdfs/Umwelt_Klimaschutz/WOWRA/Wasserkreuzkraut.pdf)
- ▶ SUTTNER, G., WEISSER, W & KOLLMANN, J. (2016), Hat die Problemart *Senecio aquaticus* (Wassergreiskraut) im Grünland zugenommen? in Natur und Landschaft, 91. Jahrgang, Heft 12, S. 544 – 552
- ▶ VELDHOF, D. (2010), Ergebnisse der Umfrage zum „Landschaftspflege-Bonus“ Mai 2010

### **Speisepilzsubstrate:**

- ▶ Hessische Landesfachgruppe Pilzbau (HLP). Internet: <https://www.pilzbau.de/startseite.html>, Zugriff: 16.10.2019

---

**Zitiervorlage:** Stockmann, F., Letalik, Ch., Schaffner, S., Suttner, G., Hofmann, D., Kuntscher, T., Thurner, S., Portner, J. und Burger, T. (2021): Reststoffe und Koppelprodukte - Biogassubstrat In: Biogas Forum Bayern, bif19, Hrsg. ALB Bayern e.V., <https://www.biogas-forum-bayern.de/bif19>, Stand [Abrufdatum].

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und  
Landwirtschaftliches Bauwesen (ALB)  
in Bayern e.V.

Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Telefon: 08161 / 887-0078

Telefax: 08161 / 887-3957

E-Mail: [info@alb-bayern.de](mailto:info@alb-bayern.de)

Internet: [www.alb-bayern.de](http://www.alb-bayern.de)