

Exposé zukunftsweisender Einkommensoptionen für Biogasanlagenbetreiber

Durchwachsene Silphie zur Verbesserung der Biodiversität und zur energetischen und stofflichen Nutzung



© Mark Paterson | KTBL

Clara Kempkens Palacios, Mark Paterson, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der
Landwirtschaft e. V. (KTBL)

Vanessa van der Sanden, Benedikt Hülsemann, Universität Hohenheim

Review: Alexandra Kipp, Energiepark Hahnennest GmbH & CO.KG, Ralf Brodmann,
Metzler & Brodmann Saaten GmbH

Erstellt: September 2021

Diese Veröffentlichung entstand im Rahmen des Projektes „Biogas Progressiv:
Zukunftsweisende Strategien für landwirtschaftliche Biogasanlagen“ (ProBiogas) finanziert
mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) aus dem Sondervermögen Energie-
und Klimafond (FKZ: 22405416; 22407617; 22408117)

Einleitung

Für zahlreiche Biogasanlagenbetreiber, stellt sich mit Ablauf der 1. EEG-Förderperiode nach 20 Jahren die Frage, wie ihre Anlage weiterhin rentabel regenerative Energie produzieren kann. Die im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2021) vorgesehene Verlängerung der Vergütung über die Ausschreibungen für Biomasseanlagen bietet grundsätzlich die Möglichkeit eines Weiterbetriebs, allerdings sind dafür technisch sowie ökonomisch optimierte Anlagenkonzepte notwendig.

Mit dem Projekt „Biogas Progressiv – zukunftsweisende Strategien für landwirtschaftliche Biogasanlagen (ProBiogas)“ verfolgen die Projektpartner das Ziel, praxistaugliche Verfahrensoptionen für den Weiterbetrieb von Biogasanlagen zu evaluieren. Alle potenziellen Nutzungsoptionen, die im Projekt nicht techno-ökonomisch detailliert dargestellt werden konnten, werden in Form eines Konzeptsteckbriefs vorgestellt.

Bei den hier beschriebenen Verfahrensoptionen handelt es sich um Konzepte, die derzeit zum Beispiel nur über einen eingeschränkten Absatzmarkt verfügen, sich noch in der Entwicklung befinden, nicht die Marktreife erlangt haben oder nur unter sehr speziellen Bedingungen realisiert werden können. Sie alle eint jedoch, dass sie in Zukunft eine mögliche Einkommensquelle für landwirtschaftliche Biogasanlagen darstellen können.

Dieses Exposé soll als fundierte Entscheidungshilfe dienen, ob sich mit der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) alternativen Energiepflanze für den Biogasbetrieb eine lukrative ökologische Alternative zu Mais oder gar eine Erlössituation realisieren lässt.

1. Allgemeine Beschreibung

Die Durchwachsene Silphie ist eine ausdauernde Pflanzeart aus der Familie der Korbblütler. Aufgrund ihrer lanzettförmigen Blätter, welche am Stielansatz zusammengewachsen sind, wird sie auch als Becherpflanze bezeichnet (N.L. Chrestensen 2019). Als ausdauernde Staude mit vielen ökologischen Vorzügen genießt sie ein positives Image. Die Durchwachsene Silphie kommt ursprünglich aus den gemäßigten Regionen Nordamerikas und wurde in Europa zuerst als Futtermittel geprüft (TLLLR 2018). Hauptverwendungszweck ist heutzutage der Einsatz als Energiepflanze in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Seit 2020 gibt es vielversprechende Versuche, die Durchwachsene Silphie auch als Faserpflanze für die Papierherstellung zu nutzen. Vereinzelt wird die Durchwachsene Silphie auch als Grundfutter in der Rinderhaltung oder als Einstreu bei Milchkühen genutzt. Sie wird als eine Dauerkulturpflanze angebaut und kann bis zu 15 Jahre genutzt werden (FNR 2012).

Im Saatjahr bildet die Pflanze nur eine bodenständige Rosette aus, während ab dem zweiten Anbaujahr bis zu 3,5 m hohe, vierkantige Stängel wachsen. Jede Pflanze kann 3 bis 30 Stängel ausbilden. Die Durchwachsene Silphie stellt keine besonderen Klima- und Bodenansprüche, sie ist zudem frosttolerant und kann gut in Deutschland angebaut werden; vorausgesetzt es steht ausreichend Wasser zur Verfügung. Im späteren Verlauf benötigt sie keine Bodenbearbeitung und braucht, abhängig vom Unkrautdruck, i.d.R. spätestens nach dem zweiten Blühjahr keine Pflanzenschutzmittel mehr. Dies führt zu Arbeitserleichterungen, Zeitersparnisse und insgesamt zu günstigeren Etablierungskosten im Vergleich zu anderen NawaRos (Haller und Fritz 2015).



Die Durchwachsene Silphie beginnt im Juli zu blühen, die Ernte erfolgt von Ende August bis Ende September. Je später der Erntetermin im Herbst, desto geringer die Energieausbeute (Haller und Fritz 2015).

Laut Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR) (2018) gibt es seit dem Jahr 2015 einen kontinuierlichen Anstieg an Anbaufläche der Durchwachsenen Silphie. Die Anbaufläche stieg von 2016 bis 2017 innerhalb eines Jahres von 800 ha auf über 1200 ha an. Diese Steigerung wurde hauptsächlich aufgrund des Geschäftsmodells eines Lohnunternehmens möglich, das die Risiken für die Aussaat sowie das Anbaurisiko im Etablierungsjahr getragen hat.

Als weiteren, aktuellen Grund für den Erfolg der Nutzpflanze ist die Agrarreform 2018 zu nennen, nach der die Landwirte im Rahmen des Greening¹ für den Anbau von Durchwachsener Silphie finanziell entlohnt werden (LWK NRW 2020).

Tabelle 1: Allgemeine Informationen zur Durchwachsenen Silphie

Kategorie	Erläuterung
Name	Durchwachsene Silphie (<i>Silphium perfoliatum</i> L.)
1. Standjahr	langsame Jungpflanzenentwicklung mit nur einer bodenständigen Rosette und hohem Unkrautdruck; nicht ertragsfähig
Ab 2. Standjahr	erstmalig generative Phase und ertragsfähig
Klimaansprüche	keine besonderen Ansprüche; winterfest
Bodenansprüche	keine besonderen Ansprüche
Blühzeit	ab Juli (bis September)
Samenreife	ab September
Erntezeitraum	Ende August bis Mitte September
Nutzungsdauer	Dauerkulturpflanze sollte bis zu 15 Jahre nutzbar sein

2. Verfahrenstechnische Beschreibung

Die Etablierung der Durchwachsenen Silphie erfolgt durch Pflanzung oder Aussaat. Allerdings sind die Kosten für die Pflanzung wesentlich höher als beim Saatverfahren, da auch die Vorzucht einkalkuliert werden muss. Es sollte auch beachtet werden, dass Böden mit hohem Unkrautdruck nicht für das Saatverfahren geeignet sind. In diesem Fall ist eine direkte Pflanzung ratsam (TLLLR 2018).

Da die Pflanze aufgrund ihres langsamen Wachstums im ersten Jahr unkrautanfällig ist, ist eine Unkrautbekämpfung unbedingt notwendig. Eine Maschinenhacke ist aufgrund der weiten Reihenabstände möglich. Bei rechtzeitiger Anlage und optimaler Entwicklung im Anlagejahr schließt sie ab dem 2. Standjahr die Bestände und entwickelt sich sehr üppig, Unkrautbekämpfungsmaßnahmen sind nicht mehr erforderlich (TLLLR 2021).

¹ Greening: Betriebe mit einer Ackerfläche von mehr als 15 ha, sind dazu verpflichtet, mindestens 5 % der Fläche als ökologische Vorrangfläche vorzuhalten und entsprechend zu bewirtschaften. Mehr zum Thema Greening und ökologische Vorrangfläche unter: www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Agrarpolitik/_Texte/GAP-FAQs.html#doc4121226bodyText4; Zugriff am 26.2.2021



Für die Vorbereitung der Saat, zum Beispiel für die Herbstfurche, sollte das Saatbett so vorbereitet werden, dass Bodenlockerung und Unkrautbekämpfung vor der Saat möglichst flach umgesetzt werden, weil die Silphiesamen eine geringe Triebkraft besitzen und viel Wasser zum Keimen benötigen (Heimler et al. 2021).

Die Saat sollte zwischen 0,5 und 1 cm tief abgelegt werden („Lichtkeimer“). Drill- sowie Einzelkornsähergeräte sind für die Aussaat geeignet. Empfohlen wird eine Saatmenge von 3 bis 4 kg/ha bzw. 15 bis 25 Körner/m² (Deuter und Fritz 2018).

In Regionen mit ausreichenden Niederschlägen kann die Durchwachsene Silphie als Untersaat zu Silomais etabliert werden. Damit die Silphie genug Licht zur Verfügung hat, ist eine Bestandsdichte der Deckfrucht Mais von 4 bis 5 Pflanzen pro m² erforderlich. Ab dem zweiten Jahr ist eine Unkrautbekämpfung i.d.R. nicht mehr erforderlich. Zugelassene chemische Pflanzenschutzmittel sind (Stand Juni 2020) „Stomp Aqua“ und „Spectrum“ (Deuter und Fritz 2018).

Der Nährstoffbedarf der Durchwachsenen Silphie ist von der Gehaltsstufe des Bodens abhängig. Der Hauptnährstoffbedarf liegt zwischen Ende Juni und Mitte August. Für die Produktion einer Dezitonne Trockenmasse benötigt die Silphie ca. 0,9 kg Stickstoff. Der N-Bedarfswert zur Pflanzung beträgt 100 kg/ha. Ihre Nährstoffbedarfe liegen zwischen 25 bis 30 kg/ha Phosphor, 200 bis 250 kg/ha Kalium, 50 bis 70 kg/ha Magnesium und 200 bis 300 kg/ha Kalk. Es ist zu empfehlen die Ernte bei einem Trockensubstanzgehalt von 22 bis 25 % durchzuführen, um eine gute Silierbarkeit zu erreichen (TLLLR 2021).

Der Erntezeitraum erfolgt von Ende August bis Ende September. Zur Ernte eignen sich Feldhäcksler, idealerweise mit Direktschneidwerk. Überfahrten werden von der Durchwachsenen Silphie toleriert.

Die Durchwachsende Silphie kann zusammen mit frühen Silomais oder Grasschnitt siliert werden. Bei einem TS-Gehalt von 25 % tritt kaum noch Sickersaft aus. Dagegen sollte ein TS-Gehalt von über 30 % vermieden werden, da sonst der Ligninanteil erheblich ansteigt und dies zu einer geringeren Methanausbeute führt. Demnach liegt der optimale TS-Gehalt zwischen 25 bis 27 %. Nach der Ernte erfolgt die Silierung des Silphiehäckselgutes, welches allgemein eine gute Silierbarkeit aufweist, unter Zugabe von Siliermitteln (TLLLR 2018). Dabei können Erträge von ca. 13 bis 20 t/ha Trockenmasse erzielt werden (N.L. Chrestensen 2019). Ideale Erntetermin für die Verwendung als Faserpflanze sind derzeit nicht bekannt.



Abbildung 1: Silphiebestand im August (© Vanessa van der Sanden | Universität Hoheheim)

Tabelle 2: Anbauinformationen zur Durchwachsenden Silphie

Kategorie	Erläuterung
Saatgut	sollte behandelt sein (Samen benötigen Keimstimulation); Saatgutecht
Aussaat	Anfang April bis Anfang Juni
Maschine	Einzelkornsähmaschine, Drillmaschine oder Pflanzung durch Vorkultivierung von Jungpflanzen möglich
Pflanzung	Mitte April bis Mitte Juli
Saatbeet (1. Jahr)	unkrautfrei, feinkrümmeliges Saatbeet ist Grundvoraussetzung; mehrfache Unkrautkontrolle für gute Etablierung der Jungpflanze
Saatstärke	15 bis 25 keimfähige Samen/m ²
Pflanzdichte	4 Pflanzen/m ² oder ca. 2 bis 2,5 kg/ha
Reihenabstand	15 bis 50 cm bei Saat; 45 bis 75 cm bei Pflanzung (je nach Pflage-technik)
Saattiefe	0,5 bis 1 cm (höchstens bis 2 cm); Walzen nach der Saat erforderlich
Mais als Deckfrucht	Deckfrucht Mais mit halber Saatstärke; Silphie mit Drilltechnik flach darüber; Ertrag im 1. Jahr: 50 bis 80% des standortüblichen Ertrags von Mais; 4 bis 5 Maispflanzen/m ²
Erntejahre	N-Bedarfswert für die Silphie beträgt 140 kg N/ha (mittlerer Ertrag von 50 t FM/ha (28 % TS))

3. Anknüpfungspunkte zur Biogasanlage

Die Silage der Durchwachsenen Silphie wird heutzutage hauptsächlich als Energiepflanze in landwirtschaftlichen Biogasanlagen verwendet. Die sie liefert laut Deuter und Fritz (2018) im Durchschnitt Erträge von 18 t TM/ha. Der Gasertrag der Durchwachsenen Silphie liegt, bezogen auf die organische Trockenmasse, bei rund 530 l_N Biogas/kg_oTM bzw. bei ca. 280 l_N Methan/kg_oTM. Das heißt, die Gaserträge liegen ca. 10 % unter dem Niveau von Silomais (TLLLR 2021, KTBL 2015). Bei verspäteter Ernte können die Erträge stark schwanken, da der Gehalt von schwer abbaubaren Stoffen (wie beispielsweise Lignin) steigt, wodurch der Methanertrag sinkt.

Tabelle 3: Erträge der Durchwachsenden Silphie (TLLR 2021, KTBL 2012, KTBL 2013)

Kategorie	Erläuterung
Ertragsniveau	50 bis 55 t FM/ha
Trockenmassertrag	13 bis 20 t TM/ha
Trockenmasse	25 bis 30 % von Frischmasse
Organische Trockenmasse	etwa 90 % von Trockenmasse
Biogasertrag	530 l _N Biogas/kg _o TM (Mittelwert)
Methananteil des Biogases	58 %
Methanertrag	280 l _N Methan/kg _o TM (Mittelwert)



Durchwachsene Silphie entzieht bei bedarfsgerechter Düngung den gesamten Stickstoff, sodass Nitratauswaschungen nicht zu befürchten sind (TLLLR 2018). Zudem erlaubt die gute Stickstoffkonzentration in der Pflanze wenig Schaumbildung.

4. Ökonomische Angaben

Laut dem Journal für Kulturpflanzen (2021) ist die Pflanzung der Durchwachsenen Silphie um etwa 100 bis 200 € teurer als vergleichsweise die Aussaat von Mais (angenommen wurden ein Ertrag von 15,5 t TM/ha bei einem 15-jährigen Silphieanbau mit ca. 20.000 Pflanzen/ha). Die endgültigen Anbaukosten belaufen sich somit auf 1.454 €/ha. Im Vergleich dazu liegen die endgültigen Kosten von Silomais bei ca. 1.309 €/ha. Die geringe Methanausbeute der Durchwachsenen Silphie pro Hektar von etwa 10 bis 20 % im Vergleich zu Mais wurde dabei bereits berücksichtigt, indem die negative Bilanz im Ertrag als Kosten aufgerechnet wurde (Foltys et al. 2017).

Durch eine preiswertere Aussaat der Durchwachsenen Silphie, lassen sich die Kosten von 1.454 €/ha auf 1.378 €/ha senken. Durch die Aussaat der Durchwachsenen Silphie unter Silomais können die Kosten weiter gesenkt werden. Auch eine Verlängerung der Anbauzeit von 15 auf 20 Jahre, kann die Kosten um 110 €/ha je Jahr verringern (Asen, Hartmann und Gerstberger 2016).

Etwas andere Zahlen liefert dabei das Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und landwirtschaftlichen Raum (TLLLR 2018), da hier unter anderem Pachtkosten in die Rechnung miteinfließen. Bei einem mittleren Ertrag von 13 t TM/ha und einer Anbaudauer von 10 Jahren mit einer Pflanzendichte von 40.000 Pflanzen pro Hektar liegen die Kosten - inklusive Aufwendungen für Gebäude und Pacht - bei 1.975 €/ha beziehungsweise 174 €/t Trockenmasse.

Der Anbau in Trinkwasserschutzgebieten kann weitere Vorteile bringen, da bei gleichem Düngereinsatz (wie bei Silomais) bei der Durchwachsenen Silphie ein geringeres Nitratauswaschrisko besteht (Asen, Hartmann und Gerstberger 2016). Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die Silphie Humus im Boden aufbaut und dadurch CO₂ kompensiert. Ein Handel mit CO₂-Zertifikaten wäre dadurch grundsätzlich denkbar. Neben der Verbesserung der Biodiversität auf den Anbauflächen (die Blühpflanze bietet u.a. Nahrung und Lebensraum für Insekten/Nützlinge), dient sie als Nahrungsquelle für Honigbienen. Imker loben den besonderen Honig von diesen Flächen (Bruns et al. 2016). Mit einer Ernte von 15 kg/ha fällt die Honigernte jedoch eher gering aus.

Erlöse aus der regionalen Verbesserung der Biodiversität durch Anbaubiomasse für Biogasanlagen sind derzeit nur mit viel Engagement realisierbar, aber das Projekt „Bienenstrom“ bzw. „Bienenwärme“ zeigt, dass es funktionieren kann.

Eine Verwendung der Silage als Viehfutter für Schafe, Ziegen und Rinder sowie der Frischpflanze als Kleintierfutter für Kaninchen oder Nutrias ist ebenfalls möglich (TLLLR 2021).

Ein neuer und vielversprechender Ansatz ist die Fasergewinnung aus der Durchwachsenen Silphie zu sein. Seit 2021 wird im Energiepark Hahnennest in Ostrach Silphiefaser als Rohstoff für die industrielle Verarbeitung in Papierfabriken gewonnen (A. Kipp, persönliche Mitteilung vom 19.02.2021).



5. Marktrelevanz und Absatzmärkte

Zurzeit gibt es eine geringe Auswahl an Sorten der Durchwachsenen Silphie. Es wird nur nach Herkunft unterschieden, wobei keine signifikanten Unterschiede in den Erträgen festgestellt wurden. Die auf dem Markt erhältlichen Produkte sind meist eine Mischung verschiedener Herkünfte. Für den großflächigen Anbau vertreiben Firmen vorbehandeltes Saatgut mit hoher Keimrate (zum Beispiel N. L. Chrestensen Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GmbH, Metzler & Brodmann Saaten GmbH).

Da der Anbau im ersten Jahr oft mit Risiken verbunden ist, bieten Saatenhersteller zum Teil an, einen Teil des Risikos zu übernehmen. So muss z. B. eine Hektarpauschale von 1.950 € nur nach erfolgreicher Etablierung gezahlt werden. Diese Hektarpauschale enthält Kosten für Silphiesaatgut, Maissaatgut, Aussaat, Beratung und Bestandsgarantie.

Zwar hemmen die relativ hohen Etablierungskosten die Popularität der Nutzung von Silphie, doch die Aufnahme von Silphie ins Greening-Programm der EU fördert ihre Verbreitung. Laut Fachverband Biogas hat der Anbau in den letzten Jahren zugenommen und lag im Jahr 2020 deutschlandweit bei etwa 63.000 ha.

Die Pflanze ist zudem als Rohstoff für die Papierindustrie interessant. Die Firma Out Nature GmbH stellt Silphie-Papier her, das sich aus den Fasern der Silphie sowie herkömmlichem Zellstoff zusammensetzt. Die Papierqualitäten haben aktuell einen Silphie-Faseranteil von mindestens 35 % und sollen zukünftig ein Mindestanteil von 50 % aufweisen (Out Nature 2021).

Ein Lebensmittelhändler nutzt im Bereich Obst und Gemüse seit Anfang 2021 Papier mit einem Silphie-Faseranteil für die Lebensmittelverpackung (A. Kipp, persönliche Mitteilung vom 19.02.2021).

Wenn die Pflanze nicht mehr nur als Energiepflanze, sondern auch als Faserpflanze eingesetzt werden kann, eröffnen sich neue Absatzwege und neue Wertschöpfungsmöglichkeiten.

6. Rechtliche Belange und Förderungen

Seit 2008 besteht die Möglichkeit, Silphie als ökologische Vorrangfläche (ÖFV) anrechnen zu lassen. Der Gewichtungsfaktor beträgt 0,7. Dies bedeutet für viele Landwirte einen Anreiz, Flächen mit Durchwachsene Silphie anzubauen. Der Nutzungscode bei der Antragsstellung lautet 802. Es gilt zu beachten, dass die Nutzung von Pflanzenschutzmitteln nur im ersten Jahr zulässig ist.

„Farbe ins Feld“ ist ein Projekt, entstanden aus Kooperationen zwischen Fachverband Biogas zusammen mit Jagd-, Imkerei-, und Naturschutzverbänden sowie Vertretern der Energie- und Landwirtschaft, welche gemeinsam im „Netzwerk Lebensraum Feldflur“ zusammenarbeiten. Das Projekt verfolgt das Ziel, Pflanzen mit ökologischen Vorteilen in der Biogasherstellung zu fördern. Mehr unter www.farbe-ins-feld.de.



7. Chancen und Hürden

Durchwachsene Silphie bietet viele ökologische Vorteile, wie zum Beispiel Lebensräume für Bienen und andere Bestäuber und fördert die biologische Aktivität in Böden. Sie vermindert, dass der Boden erodiert und reichert ihn mit Nährstoffen an. Auch Grundwasserschutz zählt zu den Vorteilen der Durchwachsenen Silphie, da Nitratauswaschung verringert wird.

Als Dauerkultur bietet sie auch ökonomische Vorteile, wie Einsparungen an Dünger, Pflanzenschutzmitteln und Zeit. Nach dem Anlegen wird keine weitere Bodenbearbeitung mehr benötigt.

Nachteilig ist vor allem die große Investition im ersten Jahr sowie geringere Erträge im Vergleich zu Mais. Außerdem bedeutet Dauerkultur auch, dass im Etablierungsjahr kein Ertrag gewonnen wird.

Tabelle 4: Ökologische Vorteile der Durchwachsenen Silphie (TLLLR 2021, ergänzt)

Kategorie	Erläuterung
Biodiversität	erhöht die Agrobiodiversität, bietet Nahrung und Lebensraum für Insekten/Nützlinge; Schädlinge sind bisher nicht bekannt
Rückzugsort	für Tiere und kann als Sichtschutz dienen
Lange Blühzeit	reiches Blühangebot, dient als Nahrungsquelle (Honigbiene)
Kelchblätter	Trinkangebot für Insekten
Bodenbedeckung	ganzjährig: Erosionsschutz und Bodenruhe, weniger Auswaschung und Stickstoffmineralisation, verbessert Humusgehalt
Bodenbearbeitung	keine Bodenbearbeitung bei langer Standzeit steigert Biodiversität und Humusgehalt
Landschaftsbild	wird gebessert und Akzeptanz von NawaRo steigt; kann als Sichtschutz dienen
Wasser- und Nährstoffausnutzung	intensive Durchwurzelung bis in 2 m Tiefe führt zur einer sehr guten Wasser- und Nährstoffausnutzung
Geringer N _{min} -Gehalt	Anbau in Wasserschutzgebieten möglich
Höhere C-Gehalte im Boden	Humusaufbau und somit CO ₂ -Fixierung im Boden

8. Weiterführende Informationen

Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Durchwachsener Silphie. Hg. Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (2018): www.tll.de/www/daten/publikationen/leitlinien/ll_silphie.pdf (Zugriff am 26.02.2021).

Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau (inklusive Durchwachsene Silphie) des KTBL: www.ktbl.de >Webanwendungen

Journal für Kulturpflanzen, Themenheft „Durchwachsene Silphie“ des Julius Kühn-Institut: <https://ojs.openagrar.de/index.php/Kulturpflanzenjournal/article/view/13217> (Zugriff am 26.02.2021)

Anbautelegramm des Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe: www.tfz.bayern.de/silphie (Zugriff am 26.02.2021)



Informationen zum Bienenstrom bzw. zur Bienenwärme der Stadtwerke Nürtingen GmbH:
www.bienenstrom.de (Zugriff am 26.02.2021)

Informationen zum Projekt „Farbe ins Feld“ des Fachverband Biogas, den Jagd-, Imkerei-,
und Naturschutzverbänden sowie Vertretern der Energie- und Landwirtschaft: www.farbe-ins-feld.de (Zugriff am 26.02.2021).



Literatur

- Asen, F.; Gerstberger, P.; Hartmann, C. (2016): Durchwachsene Silphie - Zur Ökonomie und Ökologie der Becherpflanze (*Silphium perfoliatum* L.) im Vergleich zum Silomais. *Journal für Kulturpflanzen* 68(12), S. 372–377, DOI: 10.1399/JFK.2016.12.05
- Bruns, H.; Monkos, A.; Ott, J.; Schickler, J.; Stolzenburg, K. (2016): Produktion von Kosubstraten für die Biogasanlage - Ergebnisse der Versuche mit Durchwachsener Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) in Baden-Württemberg, www.ltz-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Service/Schriftenreihen/Informationen%20f%C3%BCr%20die%20Pflanzenproduktion/IfPP_2016-04_Silphie/IFPP%2004-2016%20Durchwachsene%20Silphie.pdf?attachment=true, Zugriff am 24.05.2020
- Deuter, U.; Fritz, M. (2018): Durchwachsene Silphie - fast so gut wie Mais. *Biogas Journal*, 2, S. 40–45
- FNR (2013): Energiepflanzen für Biogasanlagen - Baden Württemberg. Hg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., S. 34–36, https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/b/r/brosch_baden-wuerttemberg_web.pdf, Zugriff am 10.06.2020
- Foltys, E.; Staub, B.; Wagner, K. (2017): Erfahrungen mit dem mehrjährigen Anbau von Durchwachsener Silphie auf Großparzellen. Hg. Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, <https://llh.hessen.de/umwelt/biorohstoffnutzung/energetische-nutzung/biogaserzeugung/erfahrungen-mit-dem-mehrjaehrigen-anbau-von-durchwachsener-silphie-auf-grossparzellen/>, Zugriff am 08.06.2020
- Haller, J.; Fritz, M. (2015): Bioenergie-Dauerkulturen - Auswahl ökologischer Alternativen. 3. Aufl., Hg. Technologie- und Förderzentrum, www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstoffpflanzen/dateien/tfz_wissen_p_dauerkulturen_web_s.pdf, Zugriff am 10.06.2020
- Heimler, F.; Fritz, M.; Förster, L. (2021): Etablierung der Durchwachsenen Silphie mittels Saat. Technologie- und Förderzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstoffpflanzen/dateien/19pfr03_mb_tfz_silphie_saat.pdf, Zugriff am 07.04.2021
- KTBL (2012): Datensammlung Energiepflanzen - Daten für die Planung des Energiepflanzenbaus. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
- LWK NRW (2020): Maßnahmenblatt: Ökologische Vorrangflächen im Greening – Flächenmaßnahmen, <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/naturschutz/biodiversitaet/oevfflaechen/index.htm>, Zugriff am 25.05.2020
- Metzler & Brodmann Saaten GmbH (2020): Donau-Silphie, www.donau-silphie.de/, Zugriff am 24.05.2020
- N. L. Chrestensen (2019): Die Durchwachsene Silphie – Anbauanleitung für die Aussaat von Durchwachsene Silphie, S. 2–8. https://www.chrestensen.de/fileadmin/user_upload/pdf/Silphie-Anbauanleitung-Aussaet-2019-web.pdf, Zugriff am 24.05.2020



Out Nature (2021): Das Silphie-Papier. Internetseite der Out Nature GmbH; www.out-nature.de/produkte/silphie-papier/, Zugriff am 13.09.2021

TLLLR (2021): Anbautelegramm. Durchwachsene Silphie. (*Silphium perfoliatum* L.). Hg. Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum, Jena, www.tll.de/www/daten/publikationen/anbautelegramm/at_silphie.pdf, Zugriff am 24.02.2021

TLLLR (2018) Leitlinie Durchwachsener Silphie - zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Durchwachsener Silphie. Hg. Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum, Jena, S. 4–23, http://www.tll.de/www/daten/publikationen/leitlinien/ll_silphie.pdf, Zugriff am 24.05.2020

