

# Leitlinie

zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von

# Durchwachsener Silphie



## **Impressum**

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft  
Naumburger Str. 98, 07743 Jena  
Tel.: 03641 683-0, Fax: 03641 683-390  
Mail: pressestelle@tll.thueringen.de

**Autoren:** Andrea Biertümpfel  
Dr. Gerd Reinhold  
Reinhard Götz  
Dr. Wilfried Zorn

September 2013

1. Auflage

### **Copyright:**

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der foto-mechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.

## Inhaltsverzeichnis

---

1	Marktsituation .....	4
2	Standortansprüche.....	5
3	Produktionsverfahren .....	6
3.1	Fruchtfolge.....	6
3.2	Sortenwahl .....	6
3.3	Düngung .....	6
3.4	Bodenbearbeitung .....	8
3.5	Aussaat/Pflanzung .....	8
3.6	Mechanische Pflege .....	10
3.7	Pflanzenschutz.....	10
3.7.1	Unkrautbekämpfung.....	10
3.7.2	Bekämpfung von Pilzkrankheiten .....	11
3.7.3	Bekämpfung tierischer Schaderreger.....	11
3.7.4	Wachstumsregler .....	11
3.8	Ernte und Nacherntebehandlung.....	11
3.9	Verwendung.....	11
4	Verfahrensbewertung .....	12
4.1	Etablierung durch Pflanzung .....	13
4.2	Etablierung durch Saat .....	16

# 1 Marktsituation

Einer Nutzung nachwachsender Rohstoffe als Energieträger kommt in der Energiepolitik weltweit, der Europäischen Union und der Bundesrepublik in den letzten Jahren eine stetig steigende Bedeutung zu. Das Ziel der EU, den Anteil erneuerbarer Energieträger bis zum Jahr 2020 auf 18 % des Endenergieverbrauches zu steigern, ist nur durch einen verstärkten Einsatz nachwachsender Rohstoffen zu erreichen.

Nach Erhebungen des Fachverbandes Biogas wurden in Deutschland 2012 etwa 7 500 Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von ca. 3 500 MW betrieben. Durch die steigende Zahl landwirtschaftlicher Biogasanlagen, aber auch die Bestrebungen zur Entwicklung effizienterer Technologien der Monofermentation ist ein stetig steigender Bedarf an pflanzlichen Kofermenten zu verzeichnen. Die derzeit als Koferment eingesetzten Pflanzen sind vorwiegend Mais, Getreide (Korn und Ganzpflanze) und Ackerfutter. Die notwendige Ausdehnung des Anbauumfangs kann bei getreidebetonten Fruchtfolgen zu Fruchtfolgeproblemen, wie einem verstärkten Auftreten von Fusariosen und damit Mykotoxinen im Erntegut, führen. In Maismonokulturen können Maiszünsler und Maiswurzelbohrer erhebliche Schäden verursachen. Deshalb begann vor einigen Jahren die Suche nach Alternativen bzw. Ergänzungen zu den herkömmlichen Kosubstraten. Als eine aussichtsreiche Pflanzenart hat sich hier die Durchwachsene Silphie, ein ausdauernder Korbblütler, der in der ehemaligen DDR als Futterpflanze versuchsweise zum Anbau kam, erwiesen. Der bundesweite Anbauumfang der Durchwachsenen Silphie in der landwirtschaftlichen Praxis betrug 2009 ca. 25 ha und ist auf ca. 300 ha in 2012 angestiegen (Abb. 1). In 2013 kamen weitere 80 bis 100 ha hinzu. Unterstützt wurde diese Entwicklung auch durch die 2012 in Kraft getretene Novelle des EEG, in der eine Deckelung des Maiseinsatzes auf 60 % des Substrateinsatzes und eine Vergütung von Energieträgern der Einsatzstoffgruppenklasse 2 mit 8 ct/kWh, zu denen auch die Silphie zählt, festgeschrieben ist.

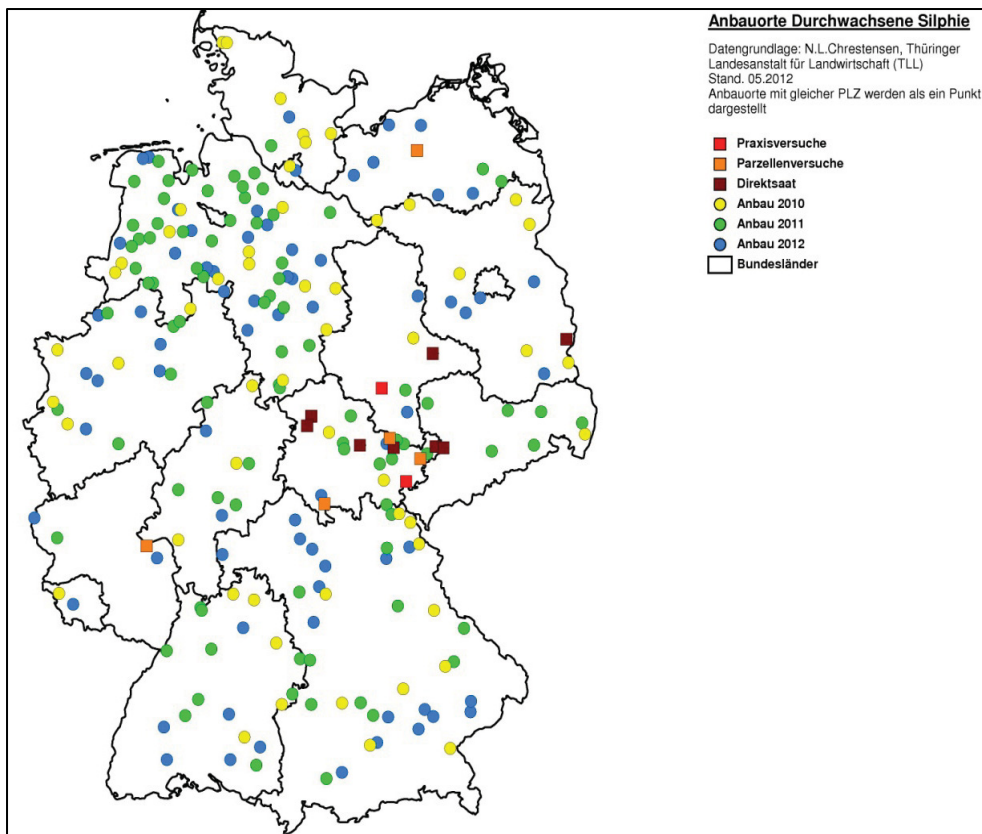


Abbildung 1: Anbauorte der Durchwachsenen Silphie in Deutschland 2012



In den meisten Agrarbetrieben wird die Silphie gegenwärtig auf kleinen Flächen zwischen 0,3 und 5 ha überwiegend auf Rest- und Splitterflächen angebaut.

### Ökologische Bewertung des Silphieanbaus

Wie jede neue bzw. zusätzliche Kultur in der Landwirtschaft trägt der Anbau von Durchwachsener Silphie zur Erhöhung der Artenvielfalt in der Landwirtschaft bei. Mit Ausnahme des Anlagejahres, in dem eine intensive Pflege nötig ist, kann beim Silphieanbau weitgehend auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verzichtet werden. Für die Bildung einer Dezitonne Trockenmasse benötigt die Pflanze 0,9 kg Stickstoff, womit sie ca. 30 % unter dem Mais liegt. Positiv ist auch die ganzjährige Bodenbedeckung der Dauerkultur zu bewerten, die Erosion durch Wind und Wasser minimiert. Die Silphie zeichnet sich durch eine lange Blütezeit von Mitte Juli bis Mitte September aus. Dies trägt insbesondere in maislastigen Regionen zur Steigerung der Attraktivität des Landschaftsbildes bei. Die Blüten werden von zahlreichen Insekten, vor allem Wild- und Honigbienen besucht. Dies stößt insbesondere bei den Imkern auf reges Interesse, zumal erste Untersuchungen und Erfahrungsberichte von Imkern auf eine gute Nektar- und Pollenqualität hindeuten. Seit Frühjahr 2012 läuft am vTI Braunschweig das vom BMELV geförderte Projekt „Agrarökologische Bewertung der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) als eine Biomassepflanze der Zukunft“, in dem einerseits die Wirkung der Pflanze auf die ober- und unterirdische Biodiversität und zum anderen deren Wasserhaushalt und Ökophysiologie untersucht werden. Auf Basis der Ergebnisse ist zeitnah eine detaillierte ökologische Bewertung der Durchwachsenen Silphie zu erwarten.

## **2 Standortansprüche**

### Botanik

Die Durchwachsene Silphie, auch Kompass- oder Becherpflanze genannt, ist ein ausdauernder Korbblütler, der im Anpflanzjahr nur eine bodenständige Rosette bildet. Aus dieser treiben ab dem 2. Standjahr ab März/April 1,80 bis 3,00 m hohe, vierkantige Stängel, die mit ungeteilten lanzettlich gegenständigen, an der Basis verwachsenen Blättern besetzt sind. In Abhängigkeit von Standraum und Alter bildet jede Pflanze 3 bis 15 Stängel aus. Im Juli beginnt die Silphie zu blühen. Die leuchtend gelben ca. 6 bis 8 cm breiten Blütenköpfchen stehen einzeln und endständig. Die Samenreife setzt ab Mitte August ein. Sowohl Blüte als auch Reife erstrecken sich über einen relativ langen Zeitraum. Das von der Silphie ausgehende Invasionspotenzial ist als gering einzuschätzen. Die Pflanze bildet keine Ausläufer bzw. tiefreichenden Rhizome, so dass die Bestände nach Ende der Nutzung mit Scheibenegge und Pflug, eventuell nach vorheriger Spritzung mit einem Totalherbizid, umgebrochen werden können. Zudem entwickeln sich ihre Jungpflanzen langsam und weisen nur eine geringe Konkurrenzfähigkeit auf.

### Klima- und Bodenansprüche

Die Pflanze stammt aus den gemäßigten Regionen Nordamerikas und wurde als Futterpflanze in Europa geprüft. Sie gedeiht unter hiesigen Bedingungen sehr gut und stellt keine besonderen Ansprüche an das Klima. Hervorzuheben ist ihre relativ gute Trockentoleranz. Hinsichtlich des Bodens ist sie relativ anspruchslos, was einen Anbau auch in ackerbaulichen Grenzlagen (bis 600 m ü. NN, ab AZ 25) möglich macht. Am besten wächst sie

aber auf humosen Standorten mit guter Wasserführung. Insgesamt weist die Durchwachsene Silphie eine hohe Standortvariabilität auf. Staunasse Lagen sind für den Anbau weniger gut geeignet. Dies gilt auch für Flächen mit einem pH-Wert < 5,5.

### **3 Produktionsverfahren**

#### **3.1 Fruchtfolge**

Die Durchwachsene Silphie stellt keine besonderen Ansprüche an die Vorfrucht. Da die Pflanze im ersten Jahr relativ langsam wächst und somit eine geringe Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern aufweist, sollte auf unkrautunterdrückende Eigenschaften der Vorfrucht geachtet werden. Getreide oder auch Silomais bieten sich an. Aufgrund des Aussaat- bzw. Pflanztermins zwischen Anfang Mai und Juni kommt ein Anbau nach einer früh räumenden Winterzwischenfrucht, z. B. Futterroggen in Betracht. Hier ist es allerdings notwendig, Wurzelrückstände gut zu zerkleinern und ein feinkrümeliges Saat- bzw. Pflanzbett zu bereiten. Nach Abschluss der Nutzung kann die Silphie durch mehrmalige Bearbeitung mit einer schweren Scheibenegge bzw. einem Flügelschargrubber und anschließendem Pflügen umgebrochen werden. Als Nachfrucht ist Getreide geeignet, um eventuellen Durchwuchs bekämpfen zu können.

#### **3.2 Sortenwahl**

Von der Durchwachsenen Silphie existieren keine Sorten. Pflanzgut in größerem Umfang für einen feldmäßigen Anbau ist z. B. bei der N. L. Chrestensen Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GmbH erhältlich. Diese Firma bietet auch vorbehandeltes Saatgut für die Aussaat an.

#### **3.3 Düngung**

Eine wesentliche Voraussetzung für die Erreichung hoher Erträge ist die optimale Versorgung der Pflanzen mit Makronährstoffen (N, P, K, Mg, S). Auch der Mikronährstoffversorgung kommt hohe Bedeutung zu. Insbesondere bei Dauerkulturen ist der Kalkversorgungszustand des Bodens zu beobachten und bei nachgewiesenem Bedarf zu kalken. Die Ermittlung des Nährstoffbedarfs erfolgt im konkreten Fall für einen angestrebten Ertrag auf der Basis verschiedener Standort- bzw. Einflussfaktoren sowie auf der Grundlage der Bodenuntersuchungsergebnisse. Das Prinzip der Grunddüngung besteht mittelfristig im Ersatz des Nährstoffentzuges bzw. der -abfuhr vom Feld bei einem anzustrebenden optimalen Niveau des Nährstoffversorgungszustandes des Bodens (Gehaltsklasse C für P, K, Mg, pH-Klasse C). Bei Vorliegen der Nährstoffgehaltsklassen A und B erfolgen Zuschläge zur Düngung nach Nährstoffentzug der Pflanze. Die hier zu erwartenden Mehrerträge durch Düngung sind wirtschaftlich und stellen eine wichtige Grundlage für eine hohe Effektivität der N-Düngung dar. Bei Gehaltsklasse D kann die Düngung unterhalb des Pflanzenentzuges liegen oder, wie bei Gehaltsklasse E empfohlen, unterbleiben. Zur Düngerkostenkalkulation wird unter Annahme eines bestimmten Ertrages der Nährstoffentzug/Nährstoffbedarf (Tab. 1) errechnet, der eine finanzielle Bewertung mit mittleren marktüblichen Mineraldüngerpreisen findet. Die N-Zufuhr durch Niederschläge bleibt unberücksichtigt ebenso N-Verluste durch Denitrifikation.

**Tabelle 1:** Nährstoffentzug von Durchwachsener Silphie - TLL-Richtwerte

	Nährstoffentzug (kg/dt Erntegut)								
	N	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	K <sub>2</sub> O	Mg	MgO	Ca	CaO
Silphie (100 % TS <sup>1)</sup> )	0,92	0,18	0,41	1,70	2,04	0,39	0,67	2,30	3,22
Silphie (26 % TS <sup>1)</sup> )	0,24	0,05	0,11	0,44	0,53	0,10	0,17	0,60	0,84

<sup>1)</sup> Trockensubstanz

### **Mittlere Düngerkosten:**

Stickstoff	je kg N	=	1,00 €	
Phosphor	je kg P	=	1,90 €	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 0,83 €)
Kalium	je kg K	=	0,80 €	(K <sub>2</sub> O = 0,67 €)
Magnesium	je kg Mg	=	0,80 €	(MgO = 0,47 €)

Grundlagen zur schlagbezogenen Düngerbedarfsermittlung sind die computergestützten Düngungsempfehlungen der TLL:

- Stickstoffbedarfsanalyse (SBA-System) auf der Basis gemessener N<sub>min</sub>-Werte des Bodens in 0 bis 30 und 30 bis 60 cm Tiefe
- Grunddüngungsempfehlungen (P, K, Mg) auf der Basis der Bodenuntersuchung (Ackerfläche 0 bis 20 cm Tiefe)

Bodenuntersuchungen können in allen zugelassenen Laboratorien Thüringens durchgeführt werden.

### **Hinweise zur praktischen Düngung**

#### Anlagejahr

Vor der Etablierung eines Silphiebestandes empfiehlt sich eine Bodenuntersuchung zur Feststellung des Versorgungszustandes. Zur Anlage ist die Nährstoffgehaltsklasse C bei P, K und Mg sowie pH-Klasse C herzustellen. Eine Düngung auf einen N-Sollwert von 100 kg/ha zur Saat bzw. Pflanzung ist ausreichend. Bei durchschnittlichen N<sub>min</sub>-gehalten im Boden entspricht das in der Regel einer N-Düngergabe von 60 bis 80 kg/ha. Diese kann mineralisch erfolgen, auch eine Einarbeitung von Gärrest bzw. Gülle vor der Saat/Pflanzung ist möglich. Die Ausbringung organischer Dünger nach der Saat ist ungünstig, da es dadurch zu Verschlämmungen bzw. Verkrustungen der Oberfläche kommen kann.

#### **Nutzungsjahre**

##### N-Düngung

Der N-Bedarf ist anhängig von der Ertragserwartung. Da die Silphie zur Bildung einer dt TM ca. 0,9 kg N benötigt, sollte in Abhängigkeit von den zu erwartenden Erträgen auf einen N-Sollwert von 120 bis 150 kg N/ha aufgedüngt werden. Als Zeitpunkt für die mineralische Düngung empfiehlt sich das zeitige Frühjahr je nach Jahreswitterung von Ende März bis Ende April.

##### Makronährstoffdüngung

Für eine optimale Pflanzenernährung und zur Erhaltung des optimalen Nährstoffversorgungszustandes des Bodens ist eine regelmäßige Düngung mit P, K und Mg erforderlich. Bei einem Ertragsniveau von 160 dt TM/ha ist mit jährlichen Entzügen von:

P	=	25 bis 30 kg/ha	K	=	230 bis 270 kg/ha
Mg	=	50 bis 70 kg/ha	Ca	=	200 bis 300 kg/ha

zu rechnen. Diese können zu Vegetationsbeginn als Vorratsdüngung alle zwei bis drei Jahre ersetzt werden. Zur Kontrolle des Versorgungszustandes und zur Vermeidung unange-

messener Düngergaben empfehlen sich im mehrjährigen Turnus Bodenuntersuchungen auf P, K und Mg sowie eine Analyse des pH-Wertes.

### Organische Düngung

Eine organische Düngung mit Gülle oder Gärresten verträgt die Silphie gut. Eventuelle Beschädigungen der Schosstriebe durch die Überfahrten kompensiert die Pflanze problemlos. Die optimale Zeitspanne für organische N-Düngung liegt zwischen Ende März und Mitte April. Zu frühe hohe Gaben können zu einer starken Bestockung sowie zur Bildung zahlreicher dünner Stängel führen, was letztlich die Lagerneigung erhöht und zu Problemen bei der Ernte führen kann. In Versuchen hat sich die Applikation von 50 m<sup>3</sup>/ha Gärrest (Rindergülle) mit TS-Gehalten von ca. 6 % und 0,35 bis 0,40 % N in der Originalsubstanz, was N-Gaben von ca. 80 bis 100 kg/ha (MDÄ 60 %) entspricht, im April bewährt.

### **3.4 Bodenbearbeitung**

Die Silphie ist hinsichtlich des Bodenzustandes zur Saat bzw. Pflanzung ähnlich anspruchsvoll wie eine Feinsämerei bzw. Sonderkultur. Bei Nutzung von Rest- und Splitter- bzw. Brachflächen genutzt ist im Vorfeld/Vorjahr mehrmals zu bearbeiten und Unkrautbekämpfungsmaßnahmen (Totalherbizid) durchzuführen. Vor der Anlage von Silphiebeständen empfiehlt sich eine wendende Bodenbearbeitung, um Rhizome bzw. Wurzeln von Dauerunkräutern zu bekämpfen und den Unkrautdruck zu vermindern. Bei einer Anlage ohne Winterzwischenfrucht sollte eine Herbstfurche gezogen werden. Erfolgt die Anlage des Bestandes nach einer Winterzwischenfrucht ist eine Schälffurche nach deren Ernte anzuraten. Die Saattertiefe ist in Abhängigkeit von den Ernterückständen und der Tiefe der Fahrspuren so tief wie nötig und so flach wie möglich vorzunehmen. Bei hohem Unkrautdruck und/oder auf Brach- bzw. Rest- und Splitterflächen empfiehlt sich im zeitigen Frühjahr eine Bearbeitung der Flächen mit dem Grubber, um aufgelaufene Unkräuter zu beseitigen und noch vorhandene Unkrautsamen vor der eigentlichen Saattertiefe zum Keimen anzuregen. Die Saattertiefe sollte möglichst feuchtigkeitsbewahrend erfolgen. Ziel ist die Herstellung eines feinkrümeligen Saat- bzw. Pflanzbettes. Bei zu lockerem Boden muss vor der Saat gewalzt werden.

### **3.5 Pflanzung/Aussaat**

Silphiebestände können durch Pflanzung oder Saat etabliert werden. Insbesondere auf ehemaligen Brachflächen, kleinen Feldstücken und bei hohem Unkrautdruck ist die Pflanzung das weniger risikobehaftete Verfahren und deshalb der Saat vorzuziehen.

#### Pflanzung:

Die Pflanzung kann von Mitte April bis Mitte Juli erfolgen. Der günstigste Pflanztermin ist von Anfang Mai bis Mitte Juni, da früher gepflanzte Bestände in der Regel kaum einen Entwicklungsvorsprung aufweisen und später gepflanzte im ersten Ertragsjahr deutliche Mindererträge liefern. Bei einer Pflanzung ab Mitte Juli, steigt insbesondere bei ungünstigen Bedingungen, das Risiko, dass die Silphie im zweiten Standjahr nicht oder unvollständig schosst und kaum einen erntewürdigen Aufwuchs bildet. Bestandesdichten von 40 000 Pfl./ha haben sich bei Pflanzung bewährt. Dies gewährleistet einen relativ zügigen Bestandesschluss und einzelne Pflanzenausfälle können von der Silphie problemlos kompensiert werden. Reihenabstände von 45 bis 75 cm sind möglich. Die Wahl des Pflanzabstandes sollte sich in erster Linie



an der im Betrieb vorhandenen Pflorgetechnik (Maschinenhacke) orientieren. Engere Reihenabstände sind wegen der Massewüchsigkeit der Pflanzen nicht zu empfehlen. Zur Pflanzung können alle gängigen Gemüsepflanzmaschinen zum Einsatz kommen, auch Erdbeerpflanzmaschinen haben sich in der Praxis bewährt. Aufgrund des relativ weiten Zeitfensters kann auf günstige Witterungsbedingungen gewartet werden. Der Boden sollte gut durchfeuchtet, aber nicht zu nass sein. Folgt nach der Pflanzung eine längere trockene Witterungsperiode, ist eine Anpflanzbewässerung anzuraten. Diese kann, falls Beregnungsmöglichkeiten im Betrieb fehlen, auch mit Gülletechnik erfolgen.

### Aussaat:

Naturbelassenes Silphiesaatgut weist eine starke Dormanz auf. Da die Silphie ein Kalt- bzw. Wechselkeimer ist, benötigen ihre Samen zur Keimung eine Stimulation, sonst keimen sie sehr unregelmäßig über einen Zeitraum von mehreren Monaten. Eine Aussaat hat deshalb nur mit vorbehandeltem Saatgut das eine hohe Keimfähigkeit ausweist, Aussicht auf Erfolg. Die Vorbehandlung hat gleichzeitig den Effekt, das in Form und Größe recht unregelmäßige, schlecht fließfähige Saatgut zu homogenisieren und somit die Ablagegenauigkeit zu verbessern.

Die Aussaat kann von Mitte April bis Mitte Juni erfolgen. Auch hier gilt der Mai als günstigster Aussaatmonat, da der Boden in der Regel für einen zügigen Aufgang ausreichend erwärmt und meist auch genügend Bodenfeuchtigkeit für die Keimung zur Verfügung steht. Gleichzeitig ist zu diesem Zeitpunkt die Arbeitsspitze der Maisaussaat beendet und es sollte genügend Zeit für eine intensive Saatbettbereitung zur Verfügung stehen. Gleichzeitig bietet die weite Saatzeitspanne auch hier die Möglichkeit, auf günstige Bedingungen für die Saat zu warten. Die Saatstärke liegt zwischen 2 und 2,5 kg/ha, was einer Ablage von 10 bis 16 cm in der Reihe entspricht. Bei ungünstigen Bedingungen ist ein Zuschlag zu empfehlen. Die Reihenabstände entsprechen denen der Pflanzung. Aufgrund der längeren Jugendentwicklung ist es bei der Saat noch wichtiger als bei der Pflanzung die Reihenabstände auf die vorhandene Pflorgetechnik auszurichten.

Für die Aussaat haben sich Einzelkornsämaschinen, ausgestattet mit 18er Lochscheiben, 2,1 mm (Säuscheibe für Sonnenblumen, Zuckerrübe und Sorghumhirse) bewährt. Der Einsatz kontinuierlicher Drillmaschinen ist ebenfalls möglich. Aufgrund der unregelmäßigen Saatgutform ist in jedem Fall ein Probelauf der Drillmaschine vor dem Einsatz im Feld anzuraten. Wichtig ist eine flache Ablage der Samen in gleichmäßiger Tiefe von 1 bis 2 cm, da das Saatgut, trotz relativ hohem Tausendkorngewicht von ca. 15 g, nur eine geringe Triebkraft aufweist. Bei lockerem Boden ist nach der Saat unbedingt zu walzen. Falls nach dem Säen Verkrustungen der Bodenoberfläche durch Starkniederschläge auftreten, müssen diese z. B. durch einen Walzengang oder den Einsatz eines Striegels aufgebrochen werden. Bei Bodentemperaturen  $> 10\text{ °C}$  und ausreichender Bodenfeuchte läuft die Silphie nach ca. 10 Tagen auf. Eventuell zu dicht stehende Pflanzen müssen nicht vereinzelt werden, da sich die Bestände selbst regulieren. Ein Umbruch wegen schlechtem Aufgang sollte erst bei weniger als vier Pflanzen und schlechter Verteilung erwogen werden. Ziel im Anlagejahr muss es sein, bis zum Herbst einen weitgehenden Bestandesschluss zu erreichen und Silphiepflanzen mit ca. 10 bis 12 Blättern und einen Rosettendurchmesser von etwa 40 bis 50 cm zu etablieren. Diese garantieren ein vollständiges Schossen im Folgejahr und bereits im ersten Erntejahr einen hohen Ertrag.

### 3.6 Mechanische Pflege

Aufgrund der weiten Reihenabstände ist eine Maschinenhacke problemlos möglich. Diese sollte beim gegenwärtigen Zulassungsstand von Herbiziden im Anlagejahr eingeplant werden. Auch der Einsatz eines Rollstriegels bis zum 3- bis 4-Blattstadium bei Verkrustungen sowie zur Unkrautbekämpfung hat sich bewährt. Wenn Unkräuter die Silphiejungpflanzen überwachsen, ist ein Abmulchen der Bestände ca. 10 bis 15 cm über dem Boden ratsam. Diese Maßnahme kann gegebenenfalls wiederholt werden.

### 3.7 Pflanzenschutz

Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) gilt es aus Umwelt- und Kostengründen auf das notwendige Maß zu begrenzen. Dies setzt die Nutzung von Bekämpfungsschwellen, eine angepasste PSM-Auswahl sowie einen aktuellen Wissensstand des Anwenders voraus. Bei der Ausbringung der PSM ist es wichtig, die zulassungsbedingten Auflagen (z. B. Abstandsaufgaben) einzuhalten und die Applikation mit geprüfter Spritztechnik vorzunehmen. Anleitung hierfür geben z. B. die regelmäßig erscheinenden „Hinweise zum sachkundigen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Ackerbau und auf Grünland“ der Länder Berlin, Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen.

#### 3.7.1 Unkrautbekämpfung

Zugelassene Herbizide für die Durchwachsene Silphie gibt es nicht. Für den Einsatz jeglicher Pflanzenschutzmittel muss derzeit eine Genehmigung der Anwendung nach § 22 (2) PflSchG bei der zuständigen Pflanzenschutzdienststelle eingeholt werden. Lediglich die Ausbringung eines Totalherbizides, z. B. Roundup PowerFlex mit 3,75 l/ha, vor der Anlage des Bestandes zur Bekämpfung von Wurzelunkräutern, insbesondere Ackerkratzdisteln, ist möglich. In 2013 ist die Genehmigung zur Anwendung von Stomp Aqua in Durchwachsener Silphie nach Artikel 51 VO 1107/2009 durch den Zulassungsinhaber beantragt worden. Dies betrifft sowohl den Einsatz in gepflanzten, wie auch in gesäten und etablierten Beständen. Das Verfahren läuft noch. Eine Auswahl von Herbiziden, die von der Silphie toleriert werden, beinhaltet Tabelle 2.

**Tabelle 2:** Geeignete Herbizide für Durchwachsene Silphie\*

Mittel	Anwendungszeitpunkt	Aufwandmenge l bzw. kg/ha	Verunkrautung	Kosten €/l bzw. kg
Stomp Aqua	Vor- bzw. Nachauflauf (1 Anwendung/Kultur/ Jahr)	3,5	Mischverunkrautung einjährige zweikeimblättrige Unkräuter, ohne Klettenlabkraut	15
Boxer	Nachauflauf	2,0 bis 3,0	Mischverunkrautung einjährige zweikeimblättrige Unkräuter, einjähriges Rispengras, Ackerfuchsschwanz, Gemeiner Windhalm	10
Basagran	Nachauflauf	1,0	Mischverunkrautung einjährige zweikeimblättrige Unkräuter	37
Lentagran WP	Nachauflauf (Splitting-Verfahren)	2 x 1,0	Mischverunkrautung einjährige zweikeimblättrige Unkräuter	47
Gardo Gold	Nachauflauf, <b>nicht vor 6-Blattstadium!</b>	3,0 bis 4,0	Spätverunkrautung mit einjährigen zweikeimblättrigen Unkräutern sowie Schadhirsen	13
Aramo	Nachauflauf auch in etablierten Beständen	2,0	Einjährige zweikeimblättrige Unkräuter, Ausfallgetreide, einjähriges Rispengras, Quecke	38

\* vor der Anwendung des Herbizids muss eine § 22 (2)-Genehmigung oder Zulassung vorliegen

Von diesen sollte Stomp Aqua generell bei Saat im Voraufverfahren, bei Pflanzung ca. sieben Tage nach der Pflanzung zur Anwendung kommen. Die Wahl weiterer Mittel richtet sich nach dem Unkrautspektrum der jeweiligen Fläche. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand ist zur Unkrautbekämpfung im Anlagejahr der Silphie in der Regel eine Kombination chemischer und mechanischer Maßnahmen erforderlich und die optimale Vorgehensweise zur Etablierung unkrautfreier Bestände.

### **3.7.2 Bekämpfung von Pilzkrankheiten**

Bei größerem Anbauumfang kann es in ungünstigen Jahren und in Abhängigkeit von der Vorfrucht zum Auftreten von Sclerotinia kommen. Bei stärkerem Befall sollte schnellstmöglich geerntet werden, um die Bildung von Dauerkörpern einzuschränken. Erfahrungsgemäß regenerieren sich die Bestände im Folgejahr. Fungizide sind in der Silphie nicht zugelassen.

### **3.7.3 Bekämpfung tierischer Schaderreger**

Tierische Schädlinge traten bisher in Beständen der Durchwachsenen Silphie nicht in ertragsrelevantem Umfang auf. Gelegentlich wurden Feldmäuse beobachtet, die jedoch in der Silphie keinen Schaden verursachten. Bei starkem Befall sollte eine chemische Bekämpfung mit z. B. Ratron-Giftweizen (5 Körner/Loch mittels Legeflinte) erfolgen, um eine Massenvermehrung und gegebenenfalls ein Überwechseln auf benachbarte Kulturen zu vermeiden.

### **3.7.4 Wachstumsregler**

Ein Einsatz von Wachstumsreglern in Silphie ist nicht erforderlich.

## **3.8 Ernte und Nacherntebehandlung**

Die Ernte der gesamten Pflanze erfolgt bei TS-Gehalten zwischen 25 und 27 % mit einem praxisüblichen Feldhäcksler mit reihenungebundenem Schneidwerk. Günstig ist das Vorhandensein eines Seitenschneiders. Die Überfahrten mit schwerer Technik beeinträchtigen die Bestände auch bei ungünstigen Bodenbedingungen nicht. Je nach Anbauregion erreicht die Silphie dieses Entwicklungsstadium Ende August bis Mitte September. Die Pflanzen befinden sich zu diesem Zeitpunkt im Stadium Blühende/Beginn Samenreife. Für die exakte Festlegung des Erntetermins ist eine TS-Bestimmung zu empfehlen. Nach der Ernte wird das Häckselgut unter Zugabe von Siliermitteln siliert. Bei geringerem Flächenumfang kann die Silierung zusammen mit den frühen Silomais erfolgen. Die Erträge liegen bei optimaler Entwicklung im Anlagejahr und vergleichbarer Flächengüte auf dem Niveau des Silomais am jeweiligen Standort. Bei schwach entwickelten Beständen ist vom ersten zum zweiten Erntejahr in der Regel ein Ertragszuwachs von 10 bis 30 % zu erwarten.

## **3.9 Verwendung**

Die Silage der Durchwachsenen Silphie ist als Viehfutter bzw. Koferment für die Biogasanlage geeignet. Letztgenannte Verwertungsart wird gegenwärtig für landwirtschaftliche Biogasanlagen favorisiert. Das Erntegut weist eine gute Siliereignung auf, wobei bei TS-Gehalten ab 25 % kaum noch Sickersaft austritt. Die Methanausbeuten belaufen sich auf ca. 285 Nl/kg oTS. Daraus ergeben sich theoretische Methanerträge je Flächeneinheit etwa 10 bis 15 % unter dem Niveau von Silomais.

## 4 Verfahrensbewertung

Wegen des bisher relativ geringen Anbauumfangs der Durchwachsenen Silphie stehen nur begrenzte Informationen zur Verfügung. Die ökonomische Bewertung des Anbaus erfolgte auf Basis der bisherigen Versuchsergebnisse, der betreuten Praxisflächen sowie der telefonischen Befragung der Silphieanbauer. Vergleichbare Verfahrensschritte bzw. Arbeitsgänge lehnen sich an die „Betriebswirtschaftlichen Richtwerte Silomaisproduktion“ (DEGENER, et al. 2012, [www.tll.de/ainfo](http://www.tll.de/ainfo)), die auf KTBL-Daten und eigenen Berechnungen basiert, an. Für die Rechnung sind die Produktionsbedingungen von Thüringen auf 20 ha Schlaggröße mit 100 % Pachtflächenanteil unterstellt worden.

Die Nutzungsdauer der mehrjährigen Pflanze wurde mit 10 Jahren im unteren Bereich der in der Literatur angegebenen Werte gewählt. Dazu ist noch ein Jahr für die Plantagenetablierung (ohne Ertrag) hinzuzurechnen. Die Ertragshöhe von 130 dt TM/ha (mittlerer Ertrag) bzw. 160 dt TM/ha (hoher Ertrag) basiert auf den durchschnittlichen Praxis- und Parzellen-erträgen und bewegt sich dabei im Bereich des Silomais. Für die Kalkulation wurde des Weiteren für den Praxisertrag eine landwirtschaftliche Vergleichszahl von 45 bzw. 55 (hoher Ertrag) herangezogen. Gleiches gilt für die Ackerzahl. Die Unterteilung in Nutzungs- und Erntejahre resultiert daraus, dass die Durchwachsene Silphie im Anlagejahr keinen Ertrag bildet. Die relativ hohen Anlagekosten sind kapitalisiert mit 5 % verzinst und auf die zehn Erntejahre aufgeteilt. Unterschiede in der Höhe ergeben sich aus dem unterschiedlichen Pachtansatz der beiden Ertragsstufen. Hinsichtlich der Verwertungsvarianten ist der übliche Leistungsübergang frei Biogasanlage abgebildet worden. Zusätzlich erfolgte die Kostenermittlung in den Varianten Feldbereitstellung (Verkauf des erntefähigen Bestandes) und „ohne Silo“ (Verkauf frei Biogasanlage, wobei die Siloanlage Eigentum der Biogasanlage ist), jeweils bei Rückführung der Biogasgülle an den Landwirt (Tab. 3 und 4).

**Tabelle 3:** Parameter für die Produktion von Silphiesilage als Gärs substrat, Mittelwerte für 10 Erntejahre

Position	ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag	mittlerer Ertrag Feldbereitstellung	mittlerer Ertrag ohne Silo
Bruttoertrag rel.	1. HNJ = 100	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>
Bruttoertrag	dt <sub>TM</sub> /ha	<b>130</b>	<b>160</b>	<b>130</b>	<b>130</b>
Parameter	ME	<b>Silage mittel</b>	<b>Silage hoch</b>	<b>Silage mittel</b>	<b>Silage mittel</b>
Trockenmasseverluste	%	13	13	13	13
TM-Gehalt im Grüngut	%	26	26	26	26
TM-Gehalt zur Fütterung	%	26	26	26	26
Energie im Futter	MJ NEL/kg TM	6,90	6,90	6,90	6,90
Rohasche (XA)	g/kg TM	100	100	100	100
Verhältnis (MJ ME/MJ NEL)		1,64	1,64	1,64	1,64
Energie im Futter	MJ ME/kg TM	11,3	11,3	11,3	11,3
Energiedichte im Futter	Erntegut = 100	96 %	196 %	296 %	396 %

**Tabelle 4:** Leistungen der Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat, Mittelwert für 10 Erntejahre

Nutzungsart	ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag	mittlerer Ertrag Feldbereitstellung	mittlerer Ertrag ohne Silo
TM Ertrag z. Ernte	dt <sub>TM</sub> /ha	130	160	130	130
TM Gehalt z. Ernte	%	26	26	26	26
Grünmasseeertrag, brutto	dt/ha	<b>500</b>	<b>615</b>	<b>500</b>	<b>500</b>
Energie Erntegut	MJ NEL/ kg TM	7,2	3,5	2,3	1,7
Energie Futtermittel	MJ NEL/ kg TM	6,9	6,9	6,9	6,9
Energieverluste, total	%	16%	-72%	-159%	-247%
TM Verluste	%	13	13	13	13
TM Ertrag netto	dt <sub>TM</sub> /ha	<b>114</b>	<b>140</b>	<b>114</b>	<b>114</b>
Energieertrag, netto	MJ NEL/ha	78 488	96 600	78 488	78 488
TM Gehalt z. Fütterung	%	26	26	26	26
FM Ertrag Futter netto	dt/ha	437,5	538	438	438
FM Ertrag Futter brutto	dt/ha	500	615	500	500
Rohasche (XA)	g/kg TM	100	100	100	100
Methanertrag	l/kg oTS	285	285	285	285
	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t <sub>FM</sub>	66,7	67	67	67
	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t <sub>TM</sub>	256,5	256,5	256,5	256,5
	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ha	2 918	3 591	2 918	2 918

Die Anlage von Silphiebeständen erfolgte bisher vorrangig als Pflanzung, eine Bestandesetablierung ist jedoch auch durch Saat möglich. Aus diesem Grund werden die Kosten für die Anlage getrennt nach den Varianten „Pflanzung“ (4.1) und „Aussaart“ (4.2) betriebswirtschaftlich dargestellt. Die sich für die Anlage ergebenden Kosten werden in die betriebswirtschaftlichen Richtwerte für die Varianten „Pflanzung“ als auch „Aussaart“ für die Folgejahre übernommen.

#### 4.1 Etablierung durch Pflanzung

Um die Kosten für die Anlage eines Silphiebestandes durch Pflanzung detailliert erfassen zu können, sind, neben den Versuchsergebnissen, die realen Aufwendungen verschiedener Praxisschläge und das Anlagejahr gesondert berechnet worden. In die in Tabelle 5 dargestellte Kalkulation gingen dabei eine zweimalige Bodenbearbeitung im Frühjahr, Pflanzgutkosten von 0,09 €/Pflanze bei 40 000 Pflanzen/ha sowie die Pflanzung selbst mit 500 €/ha Lohnarbeit ein. Des Weiteren wurden eine Düngung von 100 kg N/ha, ein 3,5maliger Herbizideinsatz, eine Maschinenhacke sowie 12 AKh/ha Handhacke für die Bekämpfung von Problemunkräutern kalkuliert. Die Aufwendungen für die Reinhaltung der Bestände sind damit relativ großzügig bemessen. Bei einem normalen Unkrautdruck auf der Fläche und wüchsigen Witterungsbedingungen sollte dieser Umfang nicht unbedingt erforderlich sein.

Gemäß den gewählten Unterstellungen belaufen sich damit die Anlagekosten auf 5 159 €/ha (mittlerer Ertrag) bzw. 5 190 €/ha bei hohem Ertragsniveau. Unter Berücksichtigung der zehn Erntejahre entstehen somit jährliche Kosten von 645 bzw. 649 €/ha aus der mit 5 % verzinsten Anlage der Plantage. Diese reduzieren sich mit steigender Nutzungsdauer. Geht man von 15 Erntejahren aus, was durchaus realistisch ist, wären es 473 bzw. 476 €/ha.



**Tabelle 5:** Richtwerte für Herstellungskosten von Silphieflächen (Pflanzung) bei zwei Intensitätsstufen - Anlagejahr

Position		ME	Mittlerer Ertrag	Hoher Ertrag	
Jahresertrag TM zur Ernte		dt			
	Futtermittel frei Krippe bzw. Maul	TM/ha	0	0	
		dt/ha	0	0	
<b>Direktkosten</b>	Pflanzgut	€/ha	3 600	3 600	
	Düngemittel	€/ha	100	100	
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	242	242	
	Konservierung	€/ha	0	0	
	<b>Summe</b>	€/ha	3 942	3 942	
<b>Arbeiterledigungs-kosten</b>	Unterhaltung Maschinen	€/ha	55	55	
	Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	50	50	
	Kraft- u. Schmierstoffe	€/l	0,95		
	€	€/ha	47	47	
	Maschinenvermögen	€/ha	951	951	
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,37	0,37	
	AfA Maschinen	€/ha	78	78	
	Arbeitszeitbedarf Handhacke	AKh/ha	12	12	
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	3,7	3,7	
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	1,8	1,8	
	Personalkosten	€/ha	224	224	
Lohnarbeit	€/ha	500	500		
<b>Summe</b>	€/ha	904	904		
<b>Arbeiterledigung inkl. Leitung u. Verwaltung</b>	<b>Summe</b>	€/ha	1 000	1 000	
<b>Kosten für Zahlungsansprüche</b>		€/ha			
<b>Flächenkosten</b>	Pacht	€/BP	BP	45	55
		3,10	€/ha	140	171
<b>Sonstige</b>	Berufsgenossenschaft	€/ha	6	6	
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55	
	<b>Summe</b>	€/ha	61	61	
<b>Summe Kosten</b>		€/ha	<b>5 142</b>	<b>5 173</b>	
		€/dt <sub>TM</sub>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	
<b>Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung</b>		€/ha	<b>5 142</b>	<b>5 173</b>	
		€/dt <sub>TM</sub>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	
Flächenzahlungen	dar. Zahlungsansprüche	336 10 % Mod.	€/ha	302	302
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung u. Flächenzahlungen		€/ha	4 840	4 871	
		€/dt <sub>TM</sub>	0,0	0,0	
<b>Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlung u. Nutzungskosten</b>		€/ha	<b>5 040</b>	<b>5 071</b>	
	Gewinnbeitrag von Marktfrüchten	200 €/ha 200 €/ha	€/dt <sub>TM</sub>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Kapitalbindung</b>	50 % Sachanl.	60 % var. Ko+Pers.	€/ha	<b>3 394</b>	<b>3 394</b>
<b>Zinsansatz</b>		3,5 %	€/ha	<b>119</b>	<b>119</b>
<b>Herstellungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung. u. Zinsansatz</b>			€/ha	<b>5 159</b>	<b>5 190</b>
Nutzungsdauer			Jahre	10	10
Zinsaufwand		5 %	€/ha	129	130
Tilgung			€/ha	516	519
Aufwand Plantagenerrichtung (abgezinst)			€/ha	645	649

Diese berechneten Kosten für die Bestandesanlage gingen in die ökonomische Bewertung des Verfahrens ein. Die Berechnung der Düngerkosten erfolgte anhand der ermittelten mittleren Entzüge von 0,92 kg N/dt TM, 0,18 kg P/dt TM, 1,70 kg K/dt TM und 0,39 kg Mg/dt TM als Mineraldüngung für die Erntejahre. Da ab dem zweiten Anbaujahr ein Herbizideinsatz in der Regel nicht mehr erforderlich ist und nur in Ausnahmefällen erforderlich sein sollte, wurden hier nur minimale Kosten veranschlagt (Tab. 6)

**Tabelle 6:** Richtwerte für Herstellungskosten Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat (Pflanzung) bei zwei Intensitätsstufen Mittelwerte für 10 Erntejahre

Position		ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag	mittl. Ertrag Feldbereit.	mittl. Ertrag o. Silo	
Jahresertrag TM zur Ernte		dt TM/ha	130	160	130	130	
Trockenmasse des Futtermittels		dt/ha	114	140	114	114	
Futtermittel frei Krippe bzw. Maul		dt/ha	438	538	438	438	
<b>Direktkosten</b>	Pflanzgut	€/ha	0	0	0	0	
	Düngemittel	€/ha	381	469	381	381	
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	6	6	6	6	
	Konservierung	€/ha	35	44	0	0	
	<b>Summe</b>	€/ha	423	519	388	388	
<b>Arbeits erledigungskosten</b>	Unterhaltung Maschinen	€/ha	78	90	2	69	
	Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	88	103	2	74	
	Kraft- u. Schmierstoffe	€/l	0,95	83	98	2	70
	Maschinenvermögen	€/ha	1 592	1 815	32	1 454	
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,77	0,94	0,02	0,63	
	AfA Maschinen	€/ha	143	160	3	131	
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	10,3	12,5	0,3	6,8	
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	2,5	2,5	0,1	2,5	
	Personalkosten	9,49 €/h Nebenb. 50 %	€/ha	182	213	6	132
	Lohnarbeit		€/ha	0	0	0	0
<b>Summe</b>		€/ha	486	561	12	402	
<b>Arbeits erledigung inkl. Leitung u. Verwaltung</b>	<b>Summe</b>	€/ha	564	653	15	459	
<b>Kosten für Zahlungsansprüche</b>		€/ha					
<b>Gebäude</b>	Vermögen	€/ha	2 023	2 490	0	0	
	Unterhaltung	€/ha	40	49	0	0	
	AfA (ant. Neuwert) 100 % 15 J. NND	€/ha	135	166	0	0	
	<b>Summe</b>	€/ha	175	215	0	0	
<b>Flächenkosten</b>	Pacht	€/BP	BP	45	55	45	45
		3,1	€/ha	140	171	140	140
<b>Sonstige</b>	Berufsgenossenschaft	€/ha	6	6	6	6	
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55	55	55	
	<b>Summe</b>	€/ha	61	61	61	61	
<b>Kosten für Plantagenetablierung</b>		€/ha	645	649	645	645	
<b>Summe Kosten</b>		€/ha	<b>2 008</b>	<b>2 268</b>	<b>1 248</b>	<b>1 693</b>	
dar. Arb.erl.kost. inkl. LBG o. Hilfsstoffe 6 €/ha		€/ha	570	659	21	465	
		€/dt <sub>TM</sub>	<b>17,6</b>	<b>16,2</b>	<b>11,0</b>	<b>14,9</b>	
<b>Nettowert Nährstoffrücklieferung mit Futteransatz BGA</b>		€/ha	<b>156</b>	<b>190</b>	<b>156</b>	<b>156</b>	
<b>Kosteneinsparung mit Gülleinsatz</b>		€/ha	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung</b>		€/ha	<b>1 852</b>	<b>2 078</b>	<b>1 093</b>	<b>1 537</b>	
		€/dt <sub>TM</sub>	<b>16,3</b>	<b>14,8</b>	<b>9,6</b>	<b>13,5</b>	
Flächenzahlungen dar. Zahl.ansp. 336 10 % Mod.		€/ha	302	302	302	302	
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung u. Flächenzahlungen		€/ha	1 550	1 775	790	1 235	
		€/dt <sub>TM</sub>	13,6	12,7	6,9	10,9	
<b>Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlung u. Nutzungskosten</b>		€/ha	<b>1 750</b>	<b>1 975</b>	<b>990</b>	<b>1 435</b>	
Gewinnbeitrag von Marktfrüchten 200 €/ha 200 €/ha		€/dt <sub>TM</sub>	<b>15,4</b>	<b>14,1</b>	<b>8,7</b>	<b>12,6</b>	
<b>Kapitalbindung</b> 50 % Sachanl. 60 % var.Ko+Pers.		€/ha	<b>2 221</b>	<b>2 646</b>	<b>163</b>	<b>1 063</b>	
<b>Zinsansatz</b> 3,5 %		€/ha	<b>78</b>	<b>93</b>	<b>6</b>	<b>37</b>	
<b>Herstellungs- inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz</b>		€/ha	<b>1 828</b>	<b>2 068</b>	<b>996</b>	<b>1 472</b>	
		€/dt	<b>4,18</b>	<b>3,8</b>	<b>2,3</b>	<b>3,4</b>	
		€/dt <sub>TM</sub>	<b>16,07</b>	<b>14,8</b>	<b>8,8</b>	<b>12,9</b>	
<b>Methanherzeugungskosten</b> inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz		€/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	<b>0,63</b>	<b>0,58</b>	<b>0,34</b>	<b>0,50</b>	
<b>Rohstoffkosten BGA</b> 38 % elektr. Wirkungsgrad		€/kWh Strom	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>0,13</b>	

Weitere Arbeitsgänge, die sich im Wesentlichen auf Ernte und Konservierung beschränken, entsprechen weitgehend der Silomaisproduktion unter den Bedingungen Thüringens. Innerhalb der Gebäudekosten wirkt der geringere TS-Gehalt im Vergleich zu Mais kostensteigernd. Für die Fest-, Flächen- und sonstige Kosten ergeben sich keine Änderungen. Daraus resultieren Kosten von 2 008 €/ha bzw. 17,60 €/dt TM bei mittlerem Ertrag und 2 268 bzw. 16,20 €/dt TM bei hohem Ertrag. Der Bruttowert des Gärrestes bei einer Nutzung im eigenen Betrieb ist mit 334 bzw. 411 €/ha berechnet. Abzüglich der Ausbringungskosten, der nach Düngeverordnung unterstellten N-Verluste (wie Schweinegülle) und des Mineräldüngeräquivalentes ergibt sich ein Nettonährstoffwert von 156 €/ha bzw. 190 €/ha FM, der der Fruchtart Silphie gutzuschreiben ist. Dies führt zu einer Reduzierung der Kosten auf 16,30 €/dt TM (mittlerer Ertrag) bzw. 14,80 €/dt TM (hoher Ertrag). Unter Berücksichtigung der Flächenzahlungen von 302 €/ha (Durchschnitt Thüringen) verringern sich die Aufwendungen auf 13,60 bzw. 12,70 €/dt TM. Vergleicht man diese Werte mit dem Silomais, der bei mittlerem Ertrag 10,00 bzw. 9,60 €/dt TM bei hohem Ertrag kostet, schneidet die Silphie deutlich schlechter ab. Die geringeren Aufwendungen im Pflanzenbau in den Nutzungsjahren werden durch die hohen Kosten für die Plantagenerrichtung mit den Schwerpunkten Pflanzkosten und Kosten der Pflanzen (3 600 €/ha) sowie Pflanzenschutz negativ beeinflusst. Zuzüglich der Kapitalbindung und des Zinsansatzes von 3,5 % belaufen sich die Vollkosten auf 4,18 bzw. 3,80 €/dt FM. Dem stehen Werte von 3,98 bzw. 3,78 €/dt FM bei Mais gegenüber. Eine Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit der Silphie ist nur durch längere Nutzungszeiten, die durchaus realistisch sind bzw. Einsparungen in den Anlagekosten zu erreichen.

#### **4.2 Etablierung durch Saat**

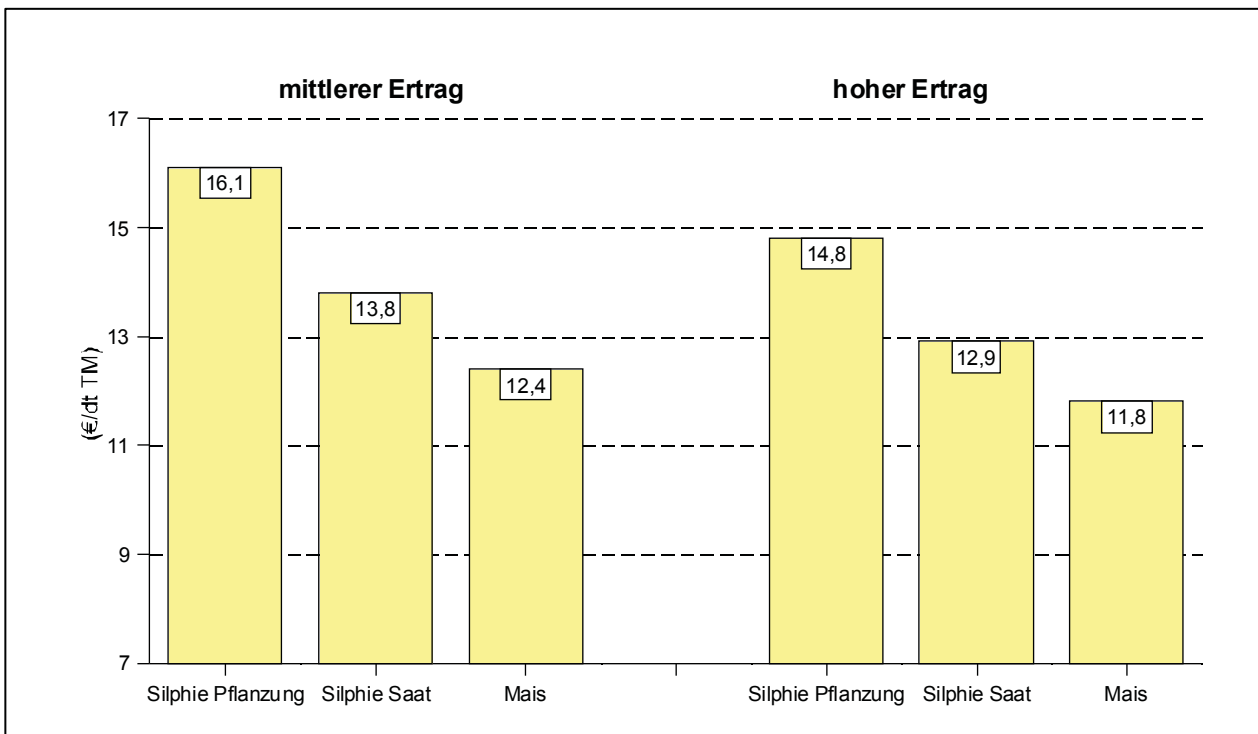
Eine sehr gute Möglichkeit, Kosten im Produktionsverfahren einzusparen, besteht in der Etablierung der Bestände durch Saat und damit die Einsparung der hohen Pflanzgut- sowie Pflanzkosten. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass das Risiko der Etablierung durch das noch nicht ausgereifte Verfahren steigt.

Abweichend von der Pflanzung gingen in die Berechnung der Aufwendungen für die Bestandesanlage Saatgutkosten von 680 €/kg bei einem Saatgutbedarf von 2,5 kg/ha ein. Das sind nur knapp 50 % der Kosten für die Silphiepflanzen. Als Drilltechnik wurde eine Einzelkornsämaschine, wie sie für die Zuckerrübenaussaat üblich ist, veranschlagt. Da die Silphiejungpflanzen sich relativ langsam entwickeln, liegen der Berechnung vier Herbizidmaßnahmen, zwei Maschinenhacken und 28 AKh/ha Handhacke zugrunde. Alle weiteren Maßnahmen und Unterstellungen entsprechen denen der Pflanzung. Mit dem Ersatz der Pflanzung durch Saat reduzieren sich die Anlagekosten auf 3 118 €/ha bei mittlerem bzw. 3 149 €/ha bei hohem Ertragsniveau und liegen bei etwa 60 % der Kosten für Pflanzung. Die Aufwendungen für die Bestandesetablierung belaufen sich somit bei zehn Erntejahren auf 390 bzw. 394 €/ha (Tab. 7). Legt man eine Nutzungsdauer von 15 Jahren zugrunde, würden die Kosten auf 286 bzw. 289 €/ha sinken.

Diese Anlagekosten gingen wiederum in die weitere Berechnung ein. Da die weiteren Unterstellungen weitgehend gleichblieben, verringerte sich die Summe der Kosten um die Differenz zur Pflanzung entsprechend auf 1 753 €/ha (mittlerer Ertrag) bzw. 2 013 €/ha (hoher Ertrag). Dies ergibt Kosten von 15,40 €/dt TM bzw. 14,40 €/dt TM. Unter Berücksichtigung der Gärrestrückführung, der Flächenzahlungen und des Zinsansatzes entstehen somit Kosten von 13,80 €/dt TM bzw. 3,59 €/dt FM bei mittlerem sowie 12,90 €/dt TM

bzw. 3,40 €/dt FM bei hohem Ertragsniveau (Tab. 8), womit die Silphie im Aussaatverfahren bei einer Nutzungsdauer von zehn Ernten um ca. 15 % besser abschneidet als das Pflanzverfahren.

In Bezug auf die Kosten je dt Frischmasse ist die Silphie bei Etablierung durch Saat dem Mais um ca. 10 % überlegen. Durch die geringeren TS-Gehalte zur Ernte liegt sie jedoch bei zehn Ernten, bezogen auf die Trockenmasse, immer noch zwischen 1,10 (hoher Ertrag) und 1,40 €/dt TM (mittlerer Ertrag) über dem Mais (Abb. 2).



**Abbildung 2:** Kostenvergleich Silphiesilage im Pflanz- und Saatverfahren zu Maissilage bei zwei Intensitätsstufen und 10 Erntejahren

Generell ist festzustellen, dass im Anbauverfahren der Durchwachsenen Silphie durchaus noch Optimierungsmöglichkeiten bestehen. Die hohen Aufwendungen, insbesondere zur Bestandespflege und Unkrautbekämpfung in den Beständen sowohl bei Saat als auch bei Pflanzung, sind gegenwärtig der bevorzugten Nutzung von Rest- und Splitterflächen, die mitunter im Vorfeld nicht ackerbaulich genutzt wurden, geschuldet. Auch die mechanische Pflege, vor allem der kalkulierte Arbeitsaufwand für die Handhacke, verursacht hohe Kosten, die bei Verfügbarkeit geeigneter Herbizide verringert werden können.

Außerdem sind in die ökonomische Bewertung die ökologischen Vorteile der Silphie, wie z. B. Einschränkung von Wind- und Wassererosion, nicht berücksichtigt worden. Auch eine mit dem Silphieanbau verbundene Honigproduktion könnte zu erheblichen Mehreinnahmen führen. Dies gilt auch für die kontinuierliche Verbesserung der Bodenflora und -fauna im Vergleich zum Mais.

**Tabelle 7:** Richtwerte für Herstellungskosten von Silphieflächen (Aussaart) bei zwei Intensitätsstufen, Anlagejahr

Position				ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag
Jahresertrag Trockenmasse zur Ernte				dtTM/ha	0	0
Futtermittel frei Krippe bzw. Maul				dt/ha	0	0
<b>Direktkosten</b>	Saatgut			€/ha	1 700	1 700
	Düngemittel			€/ha	100	100
	Pflanzenschutzmittel			€/ha	257	257
	Konservierung			€/ha	0	0
	<b>Summe</b>			€/ha	2 057	2 057
<b>Arbeiterledigun- gskosten</b>	Unterhaltung Maschinen			€/ha	76	76
	Kraft- u. Schmierstoffe			l/ha	58	58
	Kraft- u. Schmierstoffe €/l 0,95			€/ha	55	55
	Maschinenvermögen			€/ha	1 284	1 284
	Schlepperleistungsbesatz			kW/ha	0,49	0,49
	AfA Maschinen			€/ha	104	104
	Arbeitszeitbedarf Handhacke			AKh/ha	28	28
	Arbeitszeitbedarf termingebunden			AKh/ha	5,3	5,3
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden			AKh/ha	2,5	2,5
	Personalkosten			€/ha	451	451
	Lohnarbeit			€/ha	0	0
<b>Summe</b>			€/ha	686	686	
<b>Arbeiterledigung inkl. Leitung u. Ver- waltung</b>	<b>Summe</b>			€/ha	880	880
<b>Kosten für Zahlungs- ansprüche</b>				€/ha		
<b>Flächenkosten</b>	Pacht €/BP			BP	45	55
	3,1			€/ha	140	171
<b>Sonstige</b>	Berufsgenossenschaft			€/ha	6	6
	sonstiger allg. Betriebsaufwand			€/ha	55	55
	<b>Summe</b>			€/ha	61	61
<b>Summe Kosten</b>				€/ha	<b>3 138</b>	<b>3 169</b>
				€/dt TM	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung</b>				€/ha	<b>3 138</b>	<b>3 169</b>
				€/dt TM	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Flächenzahlungen dar. Zahlungsansprüche 336 10 % Mod.				€/ha	302	302
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung u. Flächenzahlungen				€/ha	2 836	2 867
				€/dt TM	0,0	0,0
<b>Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlung u. Nut- zungskosten</b>				€/ha	<b>3 036</b>	<b>3 067</b>
Gewinnbeitrag von Marktfrüchten 200 €/ha 200 €/ha				€/dt T M	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Kapitalbindung</b>	50 % Sachanl. 60 % var. Ko+Pers.			€/ha	<b>2 342</b>	<b>2 342</b>
<b>Zinsansatz</b>	3,5 %			€/ha	<b>82</b>	<b>82</b>
<b>Herstellungs- inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz</b>				€/ha	<b>3 118</b>	<b>3 149</b>
Nutzungsdauer				Jahre	10	10
Zinsaufwand 5 %				€/ha	78	79
Tilgung				€/ha	312	315
Aufwand Plantagenerrichtung (abgezinst)				€/ha	390	394



**Tabelle 8:** Richtwerte für Herstellungskosten Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat (Aussaart) bei zwei Intensitätsstufen, Mittelwerte für zehn Erntejahre

Position	ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag	mittl. Ertrag Feldbereit.	mittl. Ertrag o. Silo
Jahresertrag TM zur Ernte	dt TM/ha	130	160	130	130
Trockenmasse des Futtermittels	dt/ha	114	140	114	114
Futtermittel frei Krippe bzw. Maul	dt/ha	438	538	438	438
<b>Direktkosten</b>					
Saatgut	€/ha	0	0	0	0
Düngemittel	€/ha	381	469	381	381
Pflanzenschutzmittel	€/ha	6	6	6	6
Konservierung	€/ha	35	44	0	0
<b>Summe</b>	€/ha	423	519	388	388
<b>Arbeits erledigungskosten</b>					
Unterhaltung Maschinen	€/ha	78	90	2	69
Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	88	103	2	74
Kraft- u. Schmierstoffe €/l 0,95	€/ha	83	98	2	70
Maschinenvermögen	€/ha	1 592	1 815	32	1 454
Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,77	0,94	0,02	0,63
AfA Maschinen	€/ha	143	160	3	131
Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	10,3	12,5	0,3	6,8
Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	2,5	2,5	0,1	2,5
Personalk. 9,49 €/h Nebenk. 50%	€/ha	182	213	6	132
Lohnarbeit	€/ha	0	0	0	0
<b>Summe</b>	€/ha	486	561	12	402
<b>Arbeits erledigung inkl. Leitung u. Verwaltung</b>					
<b>Summe</b>	€/ha	564	653	15	459
<b>Kosten für Zahlungsansprüche</b>					
<b>Summe</b>	€/ha				
<b>Gebäude</b>					
Vermögen	€/ha	2 023	2 490	0	0
Unterhaltung	€/ha	40	49	0	0
AfA (ant. Neuwert) 100 % 15 J. NND	€/ha	135	166	0	0
<b>Summe</b>	€/ha	175	215	0	0
<b>Flächenkosten</b>					
Pacht €/BP 3,1	BP	45	55	45	45
	€/ha	140	171	140	140
<b>Sonstige</b>					
Berufsgenossenschaft	€/ha	6	6	6	6
sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55	55	55
<b>Summe</b>	€/ha	61	61	61	61
<b>Kosten für Plantagenetablierung</b>	€/ha	390	394	390	390
<b>Summe Kosten</b>	€/ha	<b>1 753</b>	<b>2 013</b>	<b>993</b>	<b>1 438</b>
dar. Arbeits erledigungsk. inkl. LBG o. Hilfstoffe 6 €/ha	€/ha	570	659	21	465
	€/dt <sub>TM</sub>	<b>15,4</b>	<b>14,4</b>	<b>8,7</b>	<b>12,6</b>
<b>Kosteneinsparung mit Gülleinsatz</b>	€/ha	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung</b>	€/ha	<b>1 597</b>	<b>1 822</b>	<b>838</b>	<b>1 282</b>
	€/dt <sub>TM</sub>	<b>14,0</b>	<b>13,0</b>	<b>7,4</b>	<b>11,3</b>
Flächenzahlungen dar. Zahl.ansp. 336 10 % Mod.	€/ha	302	302	302	302
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung u. Flächenzahlungen	€/ha	1 295	1 520	535	980
	€/dt <sub>TM</sub>	11,4	10,9	4,7	8,6
<b>Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlungen u. Nutzungskosten</b>					
Gewinnbeitrag v. Markfr. 200 €/ha 200 €/ha	€/ha	<b>1 495</b>	<b>1 720</b>	<b>735</b>	<b>1 180</b>
	€/dt <sub>TM</sub>	<b>13,1</b>	<b>12,3</b>	<b>6,5</b>	<b>10,4</b>
<b>Kapitalbind. 50 % Sachanl. 60 % var.Ko+Pers.</b>	€/ha	<b>2 221</b>	<b>2 646</b>	<b>163</b>	<b>1 063</b>
<b>Zinsansatz 3,5 %</b>	€/ha	<b>78</b>	<b>93</b>	<b>6</b>	<b>37</b>
<b>Herstellungs- inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz</b>	€/ha	<b>1 573</b>	<b>1 813</b>	<b>741</b>	<b>1 217</b>
	€/dt	<b>3,59</b>	<b>3,4</b>	<b>1,7</b>	<b>2,8</b>
	€/dt <sub>TM</sub>	<b>13,82</b>	<b>12,9</b>	<b>6,5</b>	<b>10,7</b>
<b>Methanherstellungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz</b>	€/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	<b>0,54</b>	<b>0,50</b>	<b>0,25</b>	<b>0,42</b>
<b>Rohstoffkosten BGA 38 % elektr. Wirkungsgrad</b>	€/kWh <sub>St.</sub>	<b>0,14</b>	<b>0,13</b>	<b>0,07</b>	<b>0,11</b>