

Leitlinie

zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von

Durchwachsener Silphie



Impressum

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Str. 98, 07743 Jena
Tel.: 0361 574041-000, Fax: 0361 574041-390
Mail: pressestelle@tll.thueringen.de

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

April 2018

2. 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.....	9
3.6	Mechanische Pflege	10
3.7	Pflanzenschutz	11
3.7.1	Unkrautbekämpfung	11
3.7.2	Bekämpfung von Pilzkrankheiten	12
3.7.3	Bekämpfung tierischer Schaderreger.....	12
3.8	Ernte und Nacherntebehandlung.....	12
3.9	Verwendung.....	13
4	Verfahrensbewertung.....	13
4.1	Etablierung durch Pflanzung	14
4.2	Etablierung durch Saat.....	18
4.3	Etablierung durch Saat unter Deckfrucht Silomais	21

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 Endenergieverbrauchs zu steigern, ist nur durch einen verstärkten Einsatz nachwachsender Rohstoffen zu erreichen.

Nach Erhebungen des Fachverbandes Biogas wurden in Deutschland 2017 etwa 9 000 Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von ca. 4 000 MW betrieben. Durch landwirtschaftliche Biogasanlagen war über Jahre 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 Kofermenten. Als eine aussichtsreiche Pflanzenart hat sich hier die Durchwachsene Silphie, ein ausdauernder Korbblütler, der in den 1990er Jahren als Futterpflanze versuchsweise zum Anbau kam, erwiesen. Ein weiterer Aspekt, der zukünftig noch an Bedeutung gewinnen wird, ist die Fähigkeit, den Boden durch die ganzjährige Bedeckung vor Erosion zu schützen. In Hanglagen könnte die Silphie deshalb flächig oder auch in breiteren Streifen zur Brechung von Erosionsrinnen etabliert werden, um Sedimentabtrag in Gewässer oder auch bauliche Einrichtungen zu vermindern.

Der bundesweite Anbauumfang der Durchwachsenen Silphie in der landwirtschaftlichen Praxis betrug 2009 ca. 25 Hektar und ist auf ca. 300 ha in 2012 angestiegen. 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 und eine Vergütung von Energieträgern der Einsatzstoffgruppenklasse 2 mit 8 Ct/kWh, zu denen auch die Silphie zählt, festgeschrieben war. Mit Umsetzung des EEG 2014 brach der Anbau der Durchwachsenen Silphie zunächst wieder etwas ein, allerdings ist seit dem Jahr 2015 ein kontinuierlicher Anstieg der Anbaufläche zu verzeichnen. Ein entscheidender Grund für den Durchbruch, ist das von einem baden-württembergischen Landwirtschaftsbetrieb angebotene Vertragsanbaumodell „Etablierung von Silphie unter Silomais“. Besonders attraktiv für Landwirte hierbei ist, dass die anspruchsvolle und risikobehaftete Aussaat sowie das Anbaurisiko im Etablierungsjahr durch den Lohnunternehmer getragen wird und der Landwirt lediglich für Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen sorgen muss. Die Anbaufläche im Jahr 2016 betrug nach derzeitigen Schätzungen etwa 800 ha. Im Jahr 2017 kamen über 1 200 ha hinzu, davon ca. 1 100 ha über das Lohnunternehmen unter Mais, so dass aktuell etwa 2 000 ha Durchwachsene Silphie im Feld stehen.

Die Aufnahme der Silphie ins Greening und der Anrechnung von Silphieflächen als ökologische Vorrangflächen mit dem Faktor 0,8 wird den Anstieg der Anbaufläche ebenfalls unterstützen. In den meisten Agrarbetrieben steht die Silphie gegenwärtig auf kleinen Flächen zwischen 0,3 und 5 ha, wobei überwiegend Rest- und Splitterflächen genutzt werden.

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. Außerdem entzieht die Silphie bei sachgerechter, bedarfsorientierter Düngung dem Boden nahezu allen verabreichten Stickstoff, so dass Nitratverlagerungen in der vegetationslosen Zeit nicht zu befürchten sind.

Die Silphie zeichnet sich durch eine lange Blütezeit von Anfang 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 besonders bei den Imkern auf reges Interesse, zumal Untersuchungen und Erfahrungsberichte von Imkern eine gute Nektar- und Pollenqualität belegen. Bestätigt wurde dies auch durch die Ergebnisse des von 2012 bis 2015 am vTI Braunschweig durchgeführten und vom BMEL geförderten Projektes „Agrarökologische Bewertung der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) als eine Biomassepflanze der Zukunft“. Hier wurde die Wirkung der Pflanze auf die ober- und unterirdische Biodiversität sowie auf deren Wasserhaushalt und Ökophysiologie untersucht.

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 bis 3,50 m hohe, vierkantige Stängel, die mit ungeteilten lanzettlich gegenständigen, an der Basis zu „Bechern“ 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 sind ihre relativ gute Trockentoleranz und ihre herausragende Frosthärte.

Hinsichtlich des Bodens ist sie relativ anspruchslos, so dass der Anbau auch auf flachgründigen Standorten in ackerbaulichen Grenzlagen (> 700 m ü. NN, < 6°C) möglich ist. Am besten wächst sie aber auf humosen Standorten mit guter Wasserführung und Jahresniederschlägen > 600 mm. Insgesamt weist die Durchwachsene Silphie eine hohe Standortvariabilität auf. Staunasse Lagen, Sandböden in Trockengebieten ohne Grundwasseranschluss sowie Standorte mit pH-Werten unter 5 sind für den Anbau weniger gut geeignet. Carbonatreiche, lehmige Böden sind vorteilhaft.

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 Mitte April 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, gut abgesetztes 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. Saatgut in größerem Umfang für einen feldmäßigen Anbau ist z. B. bei der N. L. Chrestensen Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GmbH oder bei der Metzler & Brodmann Saaten GmbH erhältlich. Beide Unternehmen bieten vorbehandeltes Saatgut mit hoher Keimfähigkeit an.

Für Kleinstflächen sowie Ökobetriebe ist nach wie vor das Pflanzverfahren die bessere Alternative. Pflanzgut kann ebenfalls beispielsweise über die N. L. Chrestensen Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GmbH bezogen werden.

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 das betriebliche Ertragsniveau auf der Basis verschiedener Standort- bzw. Einflussfaktoren sowie auf der Grundlage der Bodenuntersuchungsergebnisse. Die Vorgaben der Düngeverordnung 2017 sind dabei insbesondere zur Düngebedarfsermittlung für N und P zu beachten (Details: www.thueringen.de/th9/tll/pflanzenproduktion/duengung).

Das Prinzip der Grunddüngung besteht mittelfristig im Ersatz der Nährstoffabfuhr 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 ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg	MgO
Silphie Frischmasse (100 % TS ¹⁾)	0,88	0,18	0,41	1,86	2,24	0,34	0,58
Silphie Trockenmasse (26 % TS ¹⁾)	0,23	0,05	0,11	0,48	0,58	0,09	0,15

¹⁾ Trockensubstanz

Mittlere Düngerkosten:

Stickstoff	je kg N	= 0,70 €	
Phosphor	je kg P	= 1,40 €	(P ₂ O ₅ = 0,61 €)
Kalium	je kg K	= 0,60 €	(K ₂ O = 0,50 €)
Magnesium	je kg Mg	= 0,60 €	(MgO = 0,35 €)

Grundlagen zur schlagbezogenen Düngerbedarfsermittlung gemäß Düngeverordnung ist das PC-Programm BESyD (alternativ: handschriftliche Düngerbedarfsermittlung):

- N-Düngebedarf auf der Basis gemessener jährlicher N_{min}-Werte des Bodens in 0 bis 30 cm und 30 bis 60 cm Tiefe (im Nutzungsjahr auch Bodenschicht 60 bis 90 cm) oder TLL-N_{min}-Richtwerte (N_{min} aktuell)
- Grunddüngungsempfehlungen (P, K, Mg) auf der Basis der Bodenuntersuchung (Ackerfläche 0 bis 20 cm Tiefe; mindestens alle sechs Jahre)

Bodenuntersuchungen können in allen zugelassenen Laboratorien Thüringens durchgeführt werden.

Hinweise zur praktischen Düngung

Anlagejahr

Vor der Anlage eines Silphiebestandes empfiehlt sich eine Bodenuntersuchung zur Feststellung des Versorgungszustandes. Zur Anlage ist die Nährstoffgehaltsklasse C bei P, K und Mg herzustellen. Eine Düngung auf einen N-Bedarfswert von 100 kg/ha zur Saat bzw. Pflanzung ist ausreichend. Bei durchschnittlichen N_{min}-Gehalten im Boden entspricht das in der Regel einer N-Düngergabe von ca. 50 kg/ha. Die Düngung kann mineralisch erfolgen, auch eine Einarbeitung von Gärrest bzw. Gülle vor der Saat/Pflanzung ist möglich. Eine Ausbringung organischer Dünger nach der Saat ist ungünstig, da es dadurch zu Verschlammungen bzw. Verkrustungen der Oberfläche kommen kann.

Nutzungsjahre

N-Düngung

Der N-Bedarf ist abhängig von der Ertragserwartung. Silphie benötigt ca. 0,9 kg N zur Bildung einer dt TM. Der N-Bedarfswert beträgt 135 kg N/ha für ein Ertragsniveau von 150 dt TM/ha. Bei geringeren Erträgen muss ein N-Abzug von 10 kg N/ha je 10 dt TM/ha berücksichtigt werden. Für höhere Erträge kann ein N-Zuschlag von 10 kg N/ha je 10 dt TM/ha erfolgen. Die mineralische Düngung ist im zeitigen Frühjahr je nach Jahreswitterung von Ende März bis Ende April vorzunehmen.

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 folgenden jährlichen Entzügen zu rechnen:

P	=	25 bis 30 kg/ha
K	=	250 bis 300 kg/ha
Mg	=	50 bis 60 kg/ha
Ca	=	350 bis 400 kg/ha.

Diese können zu Vegetationsbeginn als Vorratsdüngung alle zwei bis drei Jahre ersetzt werden. Zur Kontrolle des Versorgungszustandes und zur Vermeidung unangemessener 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 und muss nach Düngeverordnung ebenso auf einer Düngebedarfsermittlung für N und P basieren. Zu frühe hohe Gaben können, insbesondere in Verbindung mit ausreichenden Niederschlägen, 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 m³/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

Grundbodenbearbeitung

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 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 Schäl- furche nach deren Ernte anzuraten. Die Saatsfurche ist in Abhängigkeit von den Ernterück- ständen und der Tiefe der Fahrspuren so tief wie nötig und so flach wie möglich vorzuneh- men. Auf erosionsanfälligen Flächen mit stärkerer Hangneigung kann eine reduzierte Be- arbeitung mit dem Grubber im Herbst sinnvoll sein.

Saatbettbereitung

Mit der Qualität des Saatbettes steht und fällt der Erfolg im Anlagejahr und damit eines langjährigen, erfolgreichen Anbaus von *Silphium perfoliatum*. Daher ist es absolut not- wendig, auf höchste Präzision und viel Fingerspitzengefühl beim Einsatz geeigneter Tech- nik zum richtigen Zeitpunkt (Bodenfeuchte) und mit der passenden Einstellung (Tiefe, Fahrgeschwindigkeit) zu achten. Die Silphie verhält sich in ihrer Keim- und Jugendphase ähnlich anspruchsvoll wie eine Feinsämerei.

Ziel sollte ein ausreichend abgesetztes, gut rückverfestigtes, möglichst ebenes Saatbett sein. Der (auch mehrmalige) Einsatz von Saatbettkombinationen mit Gareggenzinken, Spurlockerern, Einebnungswerkzeugen und Krümmerwalzen bei geringer Bearbeitungstiefe (bis 5 cm) ist ideal. Je näher der angestrebte Aussattermin rückt, desto flacher sollte die Bearbeitung werden. Eine ausreichende Rückverfestigung kann entweder mechanisch durch entsprechende Packer- bzw. Rohrstabwalzen oder aber durch ein natürliches Absetzen des Saatbetts erreicht werden. Eine Kombination beider Methoden ist von Vorteil. Sollte das Saatbett nach der letzten Saatbettbereitung nicht ausreichend rückverfestigt sein, empfiehlt es sich, unmittelbar danach zu walzen und die Saat in den rückverfestigten Boden zu legen. Die relativ späte Saatzeit bis ca. Mitte Juni ermöglicht eine intensive mechanische Unkrautregulierung vor der Saat durch mehrmaliges, flaches Abeggen, Striegeln oder Schleppen. Die als „falsches Saatbett“ bezeichnete Unkrautkur sieht eine flache Bearbeitung in Abständen von ca. 1 bis 2 Wochen vor, wodurch immer wieder neue Samen zum Keimen angeregt und bei nachfolgender Bearbeitung herausgerissen oder verschüttet werden. Unmittelbar vor der Aussaat bedarf es keiner weiteren Bearbeitung, lediglich striegeln oder abeggen sind zu empfehlen.

3.5 Aussaat/Pflanzung

Silphiebestände können durch Pflanzung oder Saat etabliert werden. Insbesondere auf ehemaligen Brachflächen, kleinen Feldstücken und bei hohem Unkrautdruck sowie in ökologisch wirtschaftenden Betrieben 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.

Bei der Pflanzung haben sich Bestandesdichten von 40 000 Pfl./ha 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 Pflanzabstands sollte sich in erster Linie an der im Betrieb vorhandenen Pflagechnik (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 ist es möglich, auf günstige Witterungsbedingungen zu warten. 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 (Reinsaat):

Naturliegenes Silphiesaatgut weist eine starke Dormanz auf. Da die Silphie ein Kalt- bzw. Wechselkeimer ist, benötigen ihre Samen zur Keimung eine Stimulation, sonst kei-

men sie sehr unregelmäßig über einen Zeitraum von mehreren Monaten bzw. Jahren. Eine Aussaat hat deshalb nur mit vorbehandeltem Saatgut mit hoher Keimfähigkeit ($> 80\%$) 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 vorhanden ist. Gleichzeitig ist zu diesem Zeitpunkt die Arbeitsspitze der Maisaussaat beendet und es sollte genügend Zeit für eine intensive Saatbettbereitung zur Verfügung stehen. Dabei bietet die weite Saatzeitspanne auch hier die Möglichkeit, auf günstige Bedingungen für die Saat zu warten.

Die Saatmenge liegt zwischen 2,5 und 3 kg/ha, was einer Ablage von 15 bis 20 Kö./m² 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 Pflägetechnik auszurichten.

Für die Aussaat haben sich pneumatische Einzelkornsämaschinen mit 2,1 mm Lochscheiben (Säuscheibe für Sonnenblumen, Zuckerrübe und Sorghumhirse) bewährt. Die Lochgröße kann zur Minimierung des Anteils an Mehrfachbelegungen der Samen bis etwa 1,2 mm reduziert werden. Der Einsatz von Drillmaschinen ist ebenfalls möglich. Allerdings sind hier in jedem Fall Abstriche bei der Ablagegenauigkeit zu verzeichnen.

Aufgrund der unregelmäßigen Saatgutform sind in jedem Fall ein Probelauf und möglicherweise eine Modifikation der Drillmaschine vor dem Einsatz im Feld erforderlich, um eine homogene Längs- und Querverteilung des Saatguts zu gewährleisten.

Wichtig ist eine flache Ablage der Samen in gleichmäßiger Tiefe von 1 bis 2 cm, da die Keimlinge eine relativ geringe Triebkraft aufweisen. Bei lockerem Boden ist nach der Saat unbedingt zu walzen. Falls Verkrustungen der Bodenoberfläche durch Starkniederschläge auftreten, können diese z. B. durch einen Walzengang aufgebrochen werden, ohne dabei die Keimlinge zu beschädigen.

Bei Bodentemperaturen $>15\text{ °C}$ und ausreichender Bodenfeuchte läuft die Silphie nach ca. 14 Tagen auf. Die eventuelle Vereinzelnung zu dicht stehender Pflanzen muss nicht erfolgen, 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.

Aussaat unter Deckfrucht:

Die Durchwachsene Silphie kann in Regionen mit ausreichenden Niederschlägen ($\geq 600\text{ mm}$) als Untersaat in bspw. Silomais etabliert werden. Hierzu wird, vorzugsweise in einem Arbeitsgang, die Aussaat von Silphie und Mais mit einer pneumatischen Einzelkornsämaschine durchgeführt mit abwechselnder Befüllung der Behälter mit Silphie- und Maissaatgut. Die einzelnen Aggregate sollten sich auf 37,5 cm Reihenabstand einstellen lassen, wodurch die Silphie ab dem zweiten Standjahr (ohne Mais) auf 75 cm Endabstand steht. Weiterhin müssen sich die einzelnen Aggregate möglichst exakt in der jeweiligen

Arbeitstiefe führen lassen, um den unterschiedlichen Ansprüchen der beiden Kulturen während der Keimphase gerecht zu werden. Sind die technischen Voraussetzungen nicht gegeben, ist die Aussaat in zwei Arbeitsgängen, separat für Silphie und Mais, mit versetzten Reihen ebenfalls möglich.

Die Saatstärke der Deckfrucht ist an der Wasserverfügbarkeit des jeweiligen Standorts zur Hauptvegetationszeit zu bemessen. Als Faustzahl gilt die halbe ortsübliche Saatstärke der Deckfrucht. Als Hauptvorteil dieses Verfahrens ist, neben der „Überbrückung“ des vormals ertragslosen Etablierungsjahres, auch der Schutz vor Spätverunkrautung und die Möglichkeit der Verwendung in Mais zugelassener Herbizide zu sehen, da der Mais als Hauptfrucht bei der Beantragung der Flächenzahlungen fungiert. Bei zu hoher Saatstärke der Deckfrucht droht ein „Überwachsen“ des Bestandes und kann gekoppelt mit geringen Niederschlagsmengen die „Untersaat“ Silphie teilweise stark im Wachstum hemmen, was sich in niedrigen Erträgen in den ersten Erntejahren niederschlägt.

3.6 Mechanische Pflege

Aufgrund der weiten Reihenabstände ist eine Maschinenhacke bei Reinsaaten 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 Pflanzenschutzdienste der Länder Berlin, Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen.

3.7.1 Unkrautbekämpfung

Als einziges zugelassenes Herbizid für die Durchwachsene Silphie ist derzeit Stomp Aqua gelistet. Es kann in gepflanzten, gesäten sowie etablierten Beständen einmal im Jahr mit einer maximalen Aufwandmenge von 3,5 l/ha angewendet werden. Auch das Splitting-Verfahren ist möglich, meist jedoch mit Abstrichen in der Wirksamkeit verbunden.

Bei der Saat empfiehlt sich die Applikation von Stomp Aqua im Voraufbau mit 3,5 l/ha als Standardmaßnahme. Die Spritzung auf ein feuchtes, feinkrümliges, ebenes, abgesetztes Saatbett garantiert eine möglichst lang andauernde Wirkung. Feuchtwarme Witterung nach der Applikation erhöht den Wirkungsgrad.

Bei gepflanzten Beständen sollte man Stomp Aqua ca. ein bis zwei Wochen nach der Pflanzung ausbringen, wenn erste Unkräuter im Keimblattstadium sichtbar sind.

Für den Einsatz weiterer Pflanzenschutzmittel muss eine Genehmigung der Anwendung nach § 22 (2) PflSchG bei der zuständigen Pflanzenschutzdienststelle eingeholt werden.

Die Ausbringung eines Totalherbizides vor der Anlage des Bestandes zur Bekämpfung von Wurzelunkräutern, insbesondere Ackerkratzdisteln, ist möglich.

Aussaats unter Mais

Bei Etablierung von Durchwachsener Silphie unter Deckfrucht Silomais ist es erlaubt, in Mais zugelassene Pflanzenschutzmittel einzusetzen, da der Silomais als Hauptkultur fungiert. Nach derzeitigem Kenntnisstand über die Phytotoxizität und Wirksamkeit der Herbizide beschränkt sich die Auswahl jedoch auf Stomp Aqua (4,4 l/ha!) und einige Graminizide, wie beispielsweise Focus Ultra. Hierbei ist jedoch unbedingt auf die Wahl einer Cycloxydim-resistenten Maissorte zu achten, um eine effiziente Ungrasbehandlung im Nachauflauf in Mais-Silphie Beständen vornehmen zu können.

3.7.2 Bekämpfung von Pilzkrankheiten

Bei größerem Anbauumfang kann es in ungünstigen Jahren und in Abhängigkeit von der Vorfrucht zum Auftreten von *Sclerotinia spp.* kommen. Bei stärkerem Befall sollte schnellstmöglich geerntet werden, um die Bildung von Dauerkörpern einzuschränken. Erfahrungsgemäß regenerieren sich die Bestände im Folgejahr. Bei verstärktem Auftreten wäre der Einsatz des biologischen Fungizids Contans WG zur Flächenbehandlung nach der Ernte möglich, um die Bodenverseuchung zu vermindern. Zum aktuellen Zulassungstand informieren die zuständigen Pflanzenschutzstellen.

3.7.3 Bekämpfung tierischer Schaderreger

Tierische Schädlinge traten bisher in Beständen der Durchwachsenen Silphie nicht in ertragsrelevantem Umfang auf. Im Anlagejahr ist jedoch intensiv und regelmäßig auf Schneckenbefall zu kontrollieren. Nacktschnecken können im Jugendstadium der Silphie Fraßschäden verursachen, die bis zum Totalausfall einzelner Pflanzen führen. Bei Erreichen der Befallsschwellen sollten bei anhaltend feuchter Witterung unbedingt Molluskizide ausgebracht werden, bei Bedarf auch mehrmals. Zudem lag gelegentlich ein Feldmausbefall vor, jedoch verursachte er keinen Schaden in der Silphie. Bei starkem Befall sollte eine chemische Bekämpfung mit z. B. Ratron-Giftweizen (5 Körner/Loch mittels Legeflinte) erfolgen, um eine Massenvermehrung und gegebenenfalls ein Überwecheln auf benachbarte Kulturen zu vermeiden.

3.8 Ernte und Nacherntebehandlung

Die Ernte der gesamten Pflanze erfolgt bei TS-Gehalten zwischen 25 und 27 % mit einem praxisüblichen Feldhäcksler mit reihenungebundenem Maisgebiss oder im Idealfall mit dem Direct Disc 500/600. Letzteres ist speziell für Ganzpflanzen und alternative Energiepflanzen entwickelt worden. Die Pflanzen werden durch den Mähbalken sehr sauber abgemäht und von der groß dimensionierten Einzugschnecke störungsfrei eingezogen. Als besonders vorteilhaft in der Durchwachsenen Silphie sind die Seitentrennmesser, die eine zügige, verlustarme Ernte der stark ineinander verwachsenen Pflanzen ermöglichen. Die Überfahrten mit schwerer Technik beeinträchtigen die Bestände auch bei ungünstigen Bodenbedingungen in den Folgejahren nicht.

Je nach Anbauregion erreicht die Silphie die Erntereife Ende August bis Mitte/Ende 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 dem frühen Silomais oder dem letzten/vorletzten Grasschnitt erfolgen.

Die Erträge liegen bei optimaler Entwicklung im Anlagejahr und vergleichbarer Flächengüte auf dem Niveau des Silomaises am jeweiligen Standort. Bei schwach entwickelten Beständen ist vom ersten zum zweiten Erntejahr in der Regel ein Ertragszuwachs von bis zu 30 % zu erwarten.

3.9 Verwendung

Die Silage der Durchwachsenen Silphie ist als Viehfutter bzw. Koferment für die Biogasanlage geeignet. 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 zwischen 3 700 und 4 600 m³/ha, die etwa 10 bis 15 % unter dem Niveau von Silomais liegen.

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“ (Degner, 2016, <http://www.thueringen.de/th9/tll/>), die auf KTBL-Daten und eigenen Berechnungen basiert, an. Für die Kalkulationen sind die Produktionsbedingungen von Thüringen auf 20 ha Schlaggröße mit 100 % Pachtflächenanteil unterstellt worden.

Die Nutzungsdauer der mehrjährigen Pflanze wurde mit zehn Jahren im unteren Bereich der zu kalkulierenden Ertragsjahre gewählt. Dazu ist noch ein Jahr für die Bestandesetablierung (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 Parzellenerträgen und bewegt sich dabei im Bereich des Silomaises. 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 10 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 (Tab. 2 und 3).

Die Anlage von Silphiebeständen erfolgte anfänglich als Pflanzung. Dieses Verfahren ist für Kleinstflächen, ehemalige Brachflächen sowie ökologisch wirtschaftende Betriebe nach wie vor empfehlenswert. In den letzten Jahren hat sich zunehmend die Bestandesetablierung durch Aussaat etabliert. Aus diesem Grund werden die Kosten für die Anlage getrennt nach den Varianten „Pflanzung“ (4.1) und „Aussaat“ (4.2) betriebswirtschaftlich dargestellt. Als dritte Variante ist das Verfahren der „Aussaat unter Silomais“ (4.3) bewertet. Die sich für die Anlage ergebenden Kosten werden in die betriebswirtschaftlichen Richtwerte für die Varianten „Pflanzung“ als auch „Aussaat“ für die Folgejahre übernommen.

Tabelle 2: Parameter für die Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat, Mittelwerte für 10 Erntejahre

Position	ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag
Bruttoertrag rel.	1. HNj = 100	100 %	100 %
Bruttoertrag	dt _{TM} /ha	130	160
Parameter	ME	Silage mittel	Silage hoch
Trockenmasseverluste		13 %	13 %
- TM-Gehalt im Grüngut		26 %	26 %
- TM-Gehalt zur Fütterung		26 %	26 %
- Energie im Futter	MJ NEL/kg TM	6,90	6,90
Rohasche (XA)	g/kg TM	100	100
Verhältnis MJ ME/MJ NEL		1,64	1,64
Energie im Futter	MJ ME/kg TM	11,3	11,3
Energiedichte im Futter	Erntegut = 100	96 %	196 %

Tabelle 3: Leistungen der Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat, Mittelwert für 10 Erntejahre

Nutzungsart	ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag
TM-Ertrag z. Ernte	dt _{TM} /ha	130	160
TM-Gehalt z. Ernte	%	26	26
Grünmasseertrag, brutto	dt/ha	500	615
Energie Erntegut	MJ NEL/ kg TM	7,2	3,5
Energie Futtermittel	MJ NEL/ kg TM	6,9	6,9
Energieverluste, total	%	16	-72
TM-Verluste	%	13	13
TM-Ertrag netto	dt _{TM} /ha	114	140
Energieertrag, netto	MJ NEL/ha	78 488	96 600
TM-Gehalt z. Fütterung	%	26	26
FM-Ertrag Futter netto	dt/ha	437,5	538
FM-Ertrag Futter brutto	dt/ha	500	615
Rohasche (XA)	g/kg TM	100	100
Methanertrag	l/kg oTS	285	285
	m ³ CH ₄ /t _{FM}	67	67
	m ³ CH ₄ /t _{TM}	256	256
	m ³ CH ₄ /ha	2 918	3 591

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 4 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 50 kg N/ha, ein zweimaliger Herbizideinsatz sowie eine Maschinenhacke auf 50 % der Fläche für die Bekämpfung von Problemunkräutern kalkuliert. Die Aufwendungen für die Reinhaltung der Bestände sind für normalen Unkrautdruck und wüchsige Witterungsbedingungen kalkuliert, können bei ungünstigen Bedingungen aber auch höher sein.

Gemäß den gewählten Unterstellungen belaufen sich damit die Anlagekosten auf 4 695 €/ha (mittlerer Ertrag) bzw. 4 731 €/ha bei hohem Ertragsniveau. Unter Berücksichtigung der zehn Erntejahre entstehen somit jährliche Kosten von 534 bzw. 538 €/ha aus der mit 5 % verzinsten Anlage der Plantage. Diese reduzieren sich mit steigender Nutzungsdauer. Geht man von 15 Erntejahren aus, sinken die Kosten um ca. 25 %.

Die Kosten für die Bestandesanlage gingen in die ökonomische Bewertung des Verfahrens ein. Die Berechnung der Düngerkosten erfolgte anhand der ermittelten mittleren Entzüge von 0,88 kg N/dt TM, 0,18 kg P/dt TM, 1,86 kg K/dt TM und 0,34 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 erfolgt, wurden hier nur minimale Kosten veranschlagt (Tab. 5).

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 Festkosten, Flächen- und sonstige Kosten ergeben sich keine Änderungen. Daraus resultieren Aufwendungen von 1 975 €/ha bzw. 17,40 €/dt TM bei mittlerem Ertrag und 2 244 €/ha bzw. 16 €/dt TM bei hohem Ertrag. Der Bruttowert des Gärrestes bei einer Nutzung im eigenen Betrieb ist mit 249 bzw. 306 €/ha berechnet. Abzüglich der Ausbringungskosten, der nach Düngeverordnung unterstellten N-Verluste (wie Rindergülle) und des Mineraldüngeräquivalentes ergibt sich ein Nettonährstoffwert von 62 €/ha bzw. 75 €/ha FM, der der Fruchtart Silphie gutzuschreiben ist. Dies führt zu einer Reduzierung der Kosten auf 16,80 (mittlerer Ertrag) bzw. 15,50 €/dt TM (hoher Ertrag). Unter Berücksichtigung der Flächenzahlungen von 265 €/ha (Durchschnitt Thüringen) verringern sich die Aufwendungen auf 15,50 bzw. 14,05 €/dt TM. Vergleicht man diese Werte mit dem Silomais, der bei mittlerem Ertrag 12,20 bzw. 11,70 €/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 Bestandesanlage mit den Schwerpunkten Pflanzkosten und Kosten der Pflanzen (3 600 €/ha) negativ beeinflusst. Zuzüglich der Kapitalbindung und des Zinsansatzes von 3,5 % belaufen sich die Vollkosten auf 4,20 bzw. 4 €/dt FM. Diese entsprechen in etwa denen des Silomaises. Bezüglich der Kosten je dt TM ist die Silphie etwa 3 ct teurer als der Mais, was an den geringeren TS-Gehalten des Erntegutes liegt.

Eine Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit der Silphie ist durch längere Nutzungszeiten, die durchaus realistisch sind bzw. Einsparungen in den Anlagekosten zu erreichen.

Tabelle 4: Richtwerte für Herstellungskosten von Silphieflächen (Pflanzung) bei zwei Intensitätsstufen, Anlagejahr

Position		ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag
Jahresertrag TM zur Ernte		dt _{TM} /ha	0	0
	Futtermittel frei Krippe bzw. Maul	dt/ha	0	0
Direktkosten	Pflanzgut	€/ha	3 600	3 600
	Düngemittel	€/ha	35	35
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	91	91
	Konservierung	€/ha	0	0
	Summe	€/ha	3 726	3 726
Arbeits erledigungskosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	46	46
	Kraft- und Schmierstoffe	l/ha	44	44
	Kraft- und Schmierstoffe €/l 0,70	€/ha	31	31
	Maschinenvermögen	€/ha	826	826
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,30	0,30
	AfA Maschinen	€/ha	63	63
	Arbeitszeitbedarf Handhacke	AKh/ha	0	0
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	2,9	2,9
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	1,5	1,5
	Personalkosten	€/ha	67	67
	Lohnarbeit	€/ha	500	500
	Summe	€/ha	707	707
Arbeitsl. inkl. L+V	Summe	€/ha	737	737
Kosten für Zahlungsanspr.		€/ha		
Flächenkosten	Pacht €/BP 3,6	BP €/ha	45 162	55 198
Sonstige	Berufsgenossenschaft	€/ha	5	5
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	65	65
	Summe	€/ha	70	70
Summe Kosten		€/ha	4 695	4 731
		€/dt _{TM}	0	0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung		€/ha	4 695	4 731
		€/dt _{TM}	0	0
Flächenzahlungen	dar. Zahl.anspr. 26 0 % 5 Mod.	€/ha	265	265
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung und Flächenzahlungen		€/ha	4 430	4 466
		€/dt _{TM}	0	0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlungen und Nutzungskosten		€/ha	4 550	4 586
	Gewinnbeitrag von Marktfrüchten 20 €/ha 120 €/ha	€/dt _{TM}	0	0
Kapitalbindung	50 % Sach anl. 60 % var. Ko + Pers.	€/ha	3 053	3 053
Zinsansatz	3,0 %	€/ha	92	92
Herstellungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz		€/ha	4 642	4 678
Nutzungsdauer		Jahre	10	10
Zinsaufwand	3 %	€/ha	70	70
Tilgung		€/ha	464	468
Aufwand Bestandesetablierung (abgezinst)		€/ha	534	538

Tabelle 5: Richtwerte für Herstellungskosten Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat (Pflanzung) bei zwei Intensitätsstufen Mittelwerte für zehn Erntejahre

Position		ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag		
Jahresertrag TM zur Ernte	Trockenmasse des Futtermittels Futtermittel frei Krippe bzw. Maul	dt _{TM} /ha	130	160		
		dt/ha	114	140		
		dt/ha	438	538		
Direktkosten	Pflanzgut	€/ha	0	0		
	Düngemittel	€/ha	282	347		
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	23	23		
	Konservierung	€/ha	39	48		
	Summe	€/ha	343	417		
Arbeiterledigungskosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	83	96		
	Kraft- und Schmierstoffe	l/ha	93	109		
	Kraft- und Schmierstoffe	€/l	0,70	65	76	
	Maschinenvermögen	€/ha	1 829	2 079		
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,81	0,99		
	AfA Maschinen	€/ha	164	183		
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	10,8	13,1		
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	2,5	2,5		
	Personalkosten	10,12 €/h	Ne- benk. 50 %	€/ha	202	236
	Lohnarbeit		€/ha	0	0	
Summe		€/ha	513	591		
Arbeiterl. inkl. L+V	Summe	€/ha	604	697		
Kosten für Zahlungsanspr.		€/ha				
Gebäude	Vermögen	€/ha	3 216	3 958		
	Unterhaltung	€/ha	48	58		
	AfA (ant.Neuwert)	100 % 20 J. NND	€/ha	161	198	
	Summe		€/ha	208	256	
Flächenkosten	Pacht	€/BP	BP	45	55	
		3,60	€/ha	162	198	
Sonstige	Berufsgenossenschaft		€/ha	5	5	
	sonstiger allg. Betriebsaufwand		€/ha	65	65	
	Summe		€/ha	70	70	
Kosten für Bestandesetablierung		€/ha	534	538		
Kosten für Gärproduktlagerung		€/ha	54	67		
Summe Kosten		€/ha	1 975	2 244		
		€/dt _{TM}	17,40	16,00		
Nettowert Nährstoffrücklieferung mit Futteransatz	BGA	€/ha	62	75		
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung		€/ha	1 913	2 169		
		€/dt _{TM}	16,80	15,50		
Flächenzahlungen (dar. Zahlungsansprüche)	265 0 % Mod.	€/ha	265	265		
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung und Flächenzahlungen		€/ha	1 648	1 904		
		€/dt _{TM}	14,50	13,60		
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlungen und Nutzungskosten		€/ha	1 768	2 024		
	Gewinnbeitrag von Marktfrüchten	120 €/ha	€/dt _{TM}	15,50	14,50	
Kapitalbindung	50 % Sachanl. 60 % var. Ko+ Pers.	€/ha	2 956	3 533		
Zinsansatz	3,0 %	€/ha	89	106		
Herstellungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung und Zinsansatz		€/ha	1 857	2 130		
		€/dt	4,20	4,00		
		€/dt _{TM}	16,30	15,20		
Methanherzeugungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung und Zinsansatz		€/m ³ CH ₄	0,65	0,60		
Rohstoffkosten BGA	38 % elektr. Wirkungsgrad	ct/kWh _{Strom}	17,00	15,90		

4.2 Etablierung durch Saat

Eine sehr gute Möglichkeit, Kosten im Produktionsverfahren einzusparen, besteht in der Etablierung der Bestände durch Saat und damit der Einsparung der hohen Pflanzgut- sowie Pflanzkosten.

Abweichend von der Pflanzung gingen in die Berechnung der Aufwendungen für die Bestandesanlage Saatgutkosten von 400 €/kg bei einem Saatgutbedarf von 3,0 kg/ha ein, was 30 % der Kosten für das Silphiepflanzgut entspricht. Als Drilltechnik wurde eine Einzelkornsämaschine, wie sie für die Maisaussaat üblich ist, veranschlagt. Da die Silphiejungpflanzen sich relativ langsam entwickeln, liegen der Berechnung zwei Herbizidmaßnahmen und eine Maschinenhacke zugrunde. Aufwendungen für eine Handhacke wurden nicht berechnet. Sie könnten aber auf Teilflächen mit Problemunkräutern erforderlich werden. Alle weiteren Maßnahmen und Unterstellungen entsprechen denen der Pflanzung. Mit dem Ersatz der Pflanzung durch Saat reduzieren sich die Anlagekosten auf 1 890 bei mittlerem bzw. 1 916 €/ha bei hohem Ertragsniveau und liegen bei ca. 40 % der Kosten für Pflanzung. Die Aufwendungen für die Bestandesetablierung belaufen sich somit bei zehn Erntejahren auf 205 bzw. 209 €/ha (Tab. 6).

Legt man eine Nutzungsdauer von 15 Jahren zugrunde, würden die Kosten analog zur Pflanzung auf ca. 75 % dieses Wertes sinken.

Diese Anlagekosten gingen wiederum in die Berechnung der Kosten der Nutzungsjahre ein. Da die weiteren Unterstellungen weitgehend gleichblieben, verringerte sich die Summe der Kosten um die Differenz zur Pflanzung entsprechend auf 1 594 (mittlerer Ertrag) bzw. 1 852 €/ha (hoher Ertrag). Dies ergibt Kosten von 14 bzw. 13,20 €/dt TM. Unter Berücksichtigung der Gärrestrückführung, der Flächenzahlungen und des Zinsansatzes entstehen somit Kosten von 12,80 bzw. 3,30 €/dt FM bei mittlerem sowie 12,20 bzw. 3,20 €/dt FM bei hohem Ertragsniveau (Tab. 7), womit die Silphie bei Saat bei einer Nutzungsdauer von zehn Ernten um ca. 20 % besser abschneidet als das Pflanzverfahren.

In Bezug auf die Kosten je dt Trockenmasse ist die Silphie bei Etablierung durch Saat dem Mais bei einer Nutzungsdauer von zehn Jahren um knapp 5 % überlegen, hinsichtlich der Kosten je dt Frischmasse liegt der Vorteil bei etwa 20 %. Durch die geringeren Methangehalte liegen die Rohstoffkosten für die Biogasanlage (ct/kWh Strom) jedoch etwa 20 % über Silomais.

Tabelle 6: Richtwerte für Herstellungskosten von Silphieflächen (Aussaart) bei zwei Intensitätsstufen, Anlagejahr

Position		ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag
Jahresertrag TM zur Ernte		dt _{TM} /ha	0	0
	Futtermittel frei Krippe bzw. Maul	dt/ha	0	0
Direktkosten	Saatgut	€/ha	1 200	1 200
	Düngemittel	€/ha	35	35
	Pflanzenschutzmittel 3,5	€/ha	91	91
	Konservierung	€/ha	0	0
	Summe	€/ha	1 326	1 326
Arbeits erledigungskosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	61	61
	Kraft- und Schmierstoffe	l/ha	49	49
	Kraft- und Schmierstoffe €/l 0,70	€/ha	34	34
	Maschinenvermögen	€/ha	1 047	1 047
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,37	0,37
	AfA Maschinen	€/ha	92	92
	Arbeitszeitbedarf Handhacke	AKh/ha	0	0
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	4,1	4,1
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	2,0	2,0
	Personalkosten	€/ha	92	92
	Lohnarbeit	€/ha	0	0
	Summe	€/ha	280	280
Arbeits erl. inkl. L+V	Summe	€/ha	322	322
Kosten für Zahlungsanspr.		€/ha		
Flächenkosten	Pacht €/BP	BP	45	55
	3,60	€/ha	162	198
Sonstige	Berufsgenossenschaft	€/ha	5	5
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	65	65
	Summe	€/ha	70	70
Summe Kosten		€/ha	1 880	1 916
		€/dt _{TM}	0	0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung		€/ha	1 880	1 916
		€/dt _{TM}	0	0
Flächenzahlungen (darunter Zahlungsansprüche)	265 0 % Mod.	€/ha	265	265
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung und Flächenzahlungen		€/ha	1 615	1 651
		€/dt _{TM}	0	0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlungen und Nutzungskosten		€/ha	1 735	1 771
	Gewinnbeitrag von Marktfrüchten 120 €/ha	€/dt _{TM}	0	0
Kapitalbindung	50 % Sach- 60 % var. anl. Ko+Pers.	€/ha	1 457	1 457
Zinsansatz	3,0 %	€/ha	44	44
Herstellungskosten - inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung und Zinsansatz		€/ha	1 778	1 814
Nutzungsdauer		Jahre	10	10
Zinsaufwand	3 %	€/ha	27	27
Tilgung		€/ha	178	181
Aufwand Bestandesetablierung (abgezinst)		€/ha	205	209

Tabelle 7: Richtwerte für Herstellungskosten Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat (Aussaart) bei zwei Intensitätsstufen, Mittelwerte für zehn Erntejahre

Position		ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag
Jahresertrag TM zur Ernte		dt _{TM} /ha	130	160
	Trockenmasse des Futtermittels	dt/ha	114	140
	Futtermittel frei Krippe bzw. Maul	dt/ha	438	538
Direktkosten	Saatgut	€/ha	0	0
	Düngemittel	€/ha	284	350
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	19	19
	Konservierung	€/ha	39	48
	Summe	€/ha	342	417
Arbeiterledigungskosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	80	93
	Kraft- und Schmierstoffe	l/ha	90	105
	Kraft- und Schmierstoffe €/l 0,70	€/ha	63	73
	Maschinenvermögen	€/ha	1 792	2 035
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,77	0,95
	AfA Maschinen	€/ha	160	179
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	10,4	12,6
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	2,5	2,5
	Personalkosten 10,12 €/h Nebenb. 50 %	€/ha	195	228
	Lohnarbeit	€/ha	0	0
Summe	€/ha	498	574	
Arbeiterl. inkl. L+V	Summe	€/ha	586	676
Kosten für Zahlungsanspr.		€/ha		
Gebäude	Vermögen	€/ha	2 023	2 490
	Unterhaltung	€/ha	40	49
	AfA (anteiliger Neuwert) 100 % 15 J. NND	€/ha	135	166
	Summe	€/ha	175	215
Flächenkosten	Pacht €/BP	BP	45	55
	3,6	€/ha	162	198
Sonstige	Berufsgenossenschaft	€/ha	5	5
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	65	65
	Summe	€/ha	70	70
Kosten für Bestandesetablierung		€/ha	205	209
Kosten für Gärproduktlagerung		€/ha	54	67
Summe Kosten		€/ha	1 594	1 852
		€/dt _{TM}	14,00	13,20
Nettowert Nährstoffrücklieferung mit Futteransatz	BGA	€/ha	64	78
Herstellungskosten incl. Nährstoffrücklieferung		€/ha	1 530	1 774
		€/dt _{TM}	13,40	12,70
Flächenzahlungen (dar. Zahlungsansprüche), dar. Zahl.anspr. 265 0 % Mod.		€/ha	265	265
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung und Flächenzahlungen		€/ha	1 264	1 509
		€/dt _{TM}	11,1	10,8
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlungen und Nutzungskosten		€/ha	1 384	1 629
	Gewinnbeitrag von Marktfrüchten 120 €/ha	€/dt _{TM}	12,20	11,60
Kapitalbindung	50 % Sachanl. 60 % var. Ko+Pers.	€/ha	2 330	2 764
Zinsansatz	3,0 %	€/ha	70	83
Herstellungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung und Zinsansatz		€/ha	1 455	1 712
		€/dt	3,32	3,18
		€/dt _{TM}	12,80	12,20
Methanherzeugungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung und Zinsansprüchen		€/m ³ CH ₄	0,51	0,49
Rohstoffkosten BGA	38 % elektr. Wirkungsgrad	ct/kWh _{Strom}	13,4	12,8

4.3 Etablierung durch Saat unter Deckfrucht Mais

Bei der Etablierung der Silphie unter Deckfrucht Silomais wurde unterstellt, dass der Silomais mit reduzierter Saatstärke ausgesät wird und demzufolge einen verminderten Ertrag von 100 dt TM/ha erbringt.

Die Anrechnung der einzelnen Verfahrensschritte erfolgte zu jeweils einer Kultur. So gingen die Arbeitsgänge der Bodenbearbeitung und der Aussaat mittels Einzelkornsämaschine in einem Arbeitsgang zulasten der Silphie. Gleiches gilt für die Ausbringung der Pflanzenschutzmittel und die Kosten für den Herbizideinsatz. Aufwendungen für Insektizide, die im Mais erforderlich sind, wurden dem Mais angerechnet.

Die Berechnung der spezifischen Düngerkosten im Mais erfolgte anhand der Entzugswerte, wobei 75 % als Gülledüngung (Innenumsatz) in Lohnarbeit und 25 % als Zukauf mineralischer Düngemittel kalkuliert wurden. Die Ausbringung der Düngemittel liegen beim Mais. Die Düngerkosten von 35 €/ha, die die Silphie benötigt, verblieben in der Kostenkalkulation der Silphie.

Um dem erhöhten Etablierungsrisiko für die Silphie Rechnung zu tragen, wurde die Saatstärke auf 3,50 kg/ha erhöht, die Kosten für mechanische Pflegemaßnahmen entfielen.

Bei Zugrundelegung dieser Prämissen belaufen sich die Herstellungskosten von Mais als Deckfrucht für die Silphie auf 1 028 €/ha bzw. 11,40 €/dt TM (Tab. 8).

Unter Berücksichtigung der Ertragsdifferenz zum üblichen Anbau liefert der Silomais demzufolge einen Erlösbeitrag zur Silphieanlage von 0,42 €/dt FM bzw. 119 €/ha, der von den Kosten der Silphieetablierung abzuziehen ist. Aufgrund der höheren Saatmenge und der Mehrkosten der auf den Mais abgestimmten Herbizide, macht sich dieser Erlösbeitrag, trotz geringerer spezifischer Arbeitserledigungskosten, in den Anlagekosten nicht positiv bemerkbar. Der Aufwand für die Bestandesetablierung (abgezinst) steigt im Vergleich zur Reinsaat um ca. 5 € auf 210 €/ha bei mittlerem und 214 €/ha bei hohem Ertrag (Tab. 9).

Diese marginalen Mehrkosten machen sich in den Erntejahren bei zehn Jahren Nutzungsdauer nicht bemerkbar. Demnach bringt das Verfahren „Silphieaussaat unter Deckfrucht Silomais“ dem Landwirt, abgesehen von der Abpufferung des ertragslosen Anlagejahres durch den Silomaisertrag, bei der Etablierung der Silphie keine monetären Vorteile. Bei trockenen Witterungsbedingungen nach der Saat und unzureichenden Niederschlagsmengen über die Vegetationszeit steigt das Etablierungsrisiko an.

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 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.

Die ab 2018 mögliche Anrechnung der Silphie als Ökologische Vorrangfläche im Rahmen des Greenings mit einem Gewichtungsfaktor von 0,7 bietet für engagierte Landwirte einen zusätzlichen Anreiz zur Anlage von Silphiebeständen.

Tabelle 8: Richtwerte für Herstellungskosten von Silomais als Deckfrucht zur Silphie

Position		ME	Mais als Deckfrucht
Jahresertrag TM zur Ernte	Trockenmasse des Futtermittels	dt _{TM} /ha	100
	Futtermittel frei Krippe bzw. Maul	dt/ha	90,0
		dt/ha	281
Direktkosten	Saatgut	€/ha	176
	Düngemittel	€/ha	35
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	60
	Konservierung	€/ha	25
	Summe	€/ha	295
Arbeits erledigungskosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	58,4
	Kraft- und Schmierstoffe	l/ha	63,3
	Kraft- und Schmierstoffe €/l 0,70	€/ha	44,3
	Maschinenvermögen	€/ha	1 367
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,48
	AfA Maschinen	€/ha	127
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	6,6
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	2,5
	Personalkosten 10,12 €/h Ne- benk. 50 %	€/ha	139
	Lohnarbeit	€/ha	141
Summe	€/ha	510	
Arb.erl. inkl. L+V	Summe	€/ha	572
Gebäude	Vermögen	€/ha	2 010
	Unterhaltung	€/ha	30
	AfA (anteiliger Neuwert, 20 J. NND) 100 %	€/ha	101
	Summe	€/ha	130
Flächenkosten	Pacht €/BP 3,60	BP	45
		€/ha	0
Sonstige	Berufsgenossenschaft	€/ha	0
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	0
	Summe	€/ha	0
Kosten für Gärproduktlagerung		€/ha	31
Summe Kosten		€/ha	1 028
		€/dt _{TM}	11,40
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrückführung		€/ha	1 028
		€/dt _{TM}	11,40
Flächenzahlungen darunter Zahlungsansprüche 265 0 % Mod.		€/ha	0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung und Flächenzahlungen		€/ha	1 028
		€/dt _{TM}	11,40
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrückführung, Flächenzahlungen und Nutzungskosten		€/ha	1 028
Gewinnbeitrag von Marktfrüchten. 120 €/ha		€/dt _{TM}	11,40
Kapitalbindung	50 % Sachanl. 60 % vK+PK	€/ha	2 133
Zinsansatz	3,0 %	€/ha	64
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrückführung, Flächenzahlungen, Nutzungskosten, Zinsansatz		€/ha	1 092
		€/dt	3,90
		€/dt _{TM}	12,10
Methankosten inkl. Nährstoffrückführung, Flächenzahlungen, Nutzungskosten und Zinsansatz		€/m ³ CH ₄	0,38
Rohstoffkost. BGA	38 % elektr. Wirkungsgrad	€/kWh _{Strom}	0,10

Tabelle 9: Richtwerte für Herstellungskosten von Silphief Flächen (Aussaart) mit Deckfrucht Mais bei zwei Intensitätsstufen, Anlagejahr

Position		ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag
Jahresertrag TM zur Ernte		dt _{TM} /ha	0	0
	Futtermittel frei Krippe bzw. Maul	dt/ha	0	0
Direktkosten	Saatgut	€/ha	1 400	1 400
	Düngemittel	€/ha	35	35
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	109	109
	Konservierung	€/ha	0	0
	Summe	€/ha	1 544	1 544
Arbeits erledigungskosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	52	52
	Kraft- und Schmierstoffe	l/ha	45	45
	Kraft- und Schmierstoffe €/l 0,70	€/ha	32	32
	Maschinenvermögen	€/ha	990	990
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,31	0,31
	AfA Maschinen	€/ha	86	86
	Arbeitszeitbedarf Handhacke	AKh/ha	0	0
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	2,9	2,9
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	1,5	1,5
	Personalkosten	€/ha	67	67
	Lohnarbeit	€/ha	0	0
	Summe	€/ha	237	237
Arbeits erl. inkl. L+V	Summe	€/ha	268	268
Kosten für Zahlungsanspr.		€/ha		
Flächenkosten	Pacht €/BP	BP	45	55
	3,60	€/ha	162	198
Sonstige	Berufsgenossenschaft	€/ha	5	5
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	65	65
	Summe	€/ha	70	70
Summe Kosten		€/ha	2 044	2 080
		€/dt_{TM}	0	0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung		€/ha	2 044	2 080
		€/dt _{TM}	0	0
Flächenzahlungen (darunter Zahlungsansprüche)	265 0 % Mod.	€/ha	265	265
Erlösbeitrag der Deckfrucht Mais		€/ha	119	119
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung und Flächenzahlungen		€/ha	1 660	1 696
		€/dt _{TM}	0	0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrückführung, Flächenzahlungen und Nutzungskosten		€/ha	1 780	1 816
	Gewinnbeitrag von Marktfrüchten 120 €/ha	€/dt_{TM}	0	0
Kapitalbindung	50 % Sachanl. 60 % var. Ko+ Pers.	€/ha	1 531	1 531
Zinsansatz	3,0 %	€/ha	46	46
Herstellungskosten - inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz		€/ha	1 826	1 862
Nutzungsdauer		Jahre	10	10
Zinsaufwand	3%	€/ha	27	28
Tilgung		€/ha	183	186
Aufwand Bestandesetablierung (abgezinst)		€/ha	210	214