

Literaturrecherche

zum Anbau der Becherpflanze (*Silphium perfoliatum*)



Auftraggeber: Bioenergieregion Bayreuth
Markgrafenallee 5
95448 Bayreuth

Auftragnehmer: GeoTeam Gesellschaft für angewandte
Geoökologie und Umweltschutz mbH
Wilhelmsplatz 7
95444 Bayreuth

Bayreuth, 30.06.2014

Dr. Christoph Hartmann
Geschäftsführung

Konni Biegert
B.Sc. Agrarwissenschaften

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Ergebnisse der Literaturrecherche	4
2.1	Marktsituation, Bezugsquellen für Saatgut und Setzlinge	4
2.2	Standortansprüche.....	6
2.3	Produktionsverfahren.....	6
2.3.1	Düngung	6
2.3.2	Bodenbearbeitung.....	7
2.3.3	Saatgut und Pflanzung.....	7
2.3.4	Mechanische Pflege.....	17
2.3.5	Pflanzenschutz.....	17
2.3.6	Krankheiten und Schädlinge	20
2.3.7	Ernteverfahren	20
2.3.8	Ernte- und Nachbehandlung des Ernteguts	22
2.3.9	Verwendung.....	22
2.4	Wirtschaftlichkeit, Kosten, Erträge	25
2.5	Umweltverträglichkeit.....	30
2.6	Weitere noch nicht veröffentlichte Studien zum Thema	32
3	Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse	33
4	Fazit und Ausblick	44
5	Literatur- und Quellenangaben.....	45
6	Abkürzungsverzeichnis.....	49
7	Anhang	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Marktsituation für Silphie Saatgut und Setzlinge.....	5
Tabelle 2 Bezugsquellen Setzlinge durch telefonische Befragung (Juni 2014)	5
Tabelle 3 Standortansprüche.....	8
Tabelle 4 Nährstoffversorgung	9
Tabelle 5 Bodenbearbeitung.....	11
Tabelle 6 Informationen vom Saatgut bis zur Pflanzung	12
Tabelle 7 Informationen vom Saatgut bis zur Pflanzung (Fortsetzung)	14
Tabelle 8 Mechanische Pflege.....	16
Tabelle 9 Pflanzenschutz.....	18
Tabelle 10 Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden aus [15] S.28 ff	19
Tabelle 11 Krankheiten und Schädlinge der Durchwachsenen Silphie.....	19
Tabelle 12 Ernteverfahren	21
Tabelle 13 Nötige Ernte- und Nachbehandlung.....	23
Tabelle 14 Verwendung des Silphie- Ernteguts.....	24
Tabelle 15 Anlage- und Nutzungskosten bei Pflanzung	26
Tabelle 16 Wirtschaftliche Bewertung	27
Tabelle 17 Bewertung der Umweltwirkung	31
Tabelle 18 Belastbarkeit von Quellen	42
Tabelle 19 Leistungen und Direktkosten des Silphie- Anbaus [8].....	50
Tabelle 20 Wirkungsspektren der einzelnen PSM [11]	51
Tabelle 21 Ertragsvergleich bei 20 ha Schlaggröße bei mittlerem Ertrag [36].....	51
Tabelle 22 Richtwerte der Herstellungskosten für die Silphie-Pflanzung [10].....	52
Tabelle 23 Richtwerte der Herstellungskosten für die Silphie-Saat [10]	53

1 Einleitung

Die Becherpflanze bzw. Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) ist ein mehrjähriger Korbblütler, der in den letzten Jahren vermehrt in den Fokus des Interesses gerückt ist.

Sie ist ein von Nordamerika über Russland in die DDR eingeführte, mehrjährige Pflanzenart, die dort zunächst als Viehfutter verwendet wurde. Seit etwa 10 Jahren wird ihre Eignung als Gärsubstrat für Biogasanlagen untersucht.

Das Ziel der Europäischen Union, den Endenergieverbrauch der Erneuerbaren Energien bis 2020 auf 18 % zu steigern, wird nur mithilfe des Ausbaus der Nachwachsenden Rohstoffe zu bewältigen sein [10]. Dies birgt allerdings auch Gefahren für Umwelt und Kulturlandschaft. Der Anbau der Silphie führt einerseits zur Erweiterung des Kulturartenspektrums und der Fruchtfolge. Andererseits können im Vergleich zu Mais konkurrenzfähige Erträge und Gasausbeuten erzielt werden. Daneben genießt sie eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung und bietet Honigbienen und anderen Insekten eine reiche Sommertracht.

Die Anbaufläche der Silphie hat sich von 10 ha (2010) auf ca. 400 ha (2013) entwickelt [32]. Vor allem die Thüringische Landesanstalt für Landwirtschaft leistet seit längerem Pionierarbeit zur Eignung von Silphie an verschiedenen Standorten. Landwirte, die Silphie angebaut haben, führen deren Anbau weiter oder haben diesen ausgeweitet. Speziell in Niedersachsen und Brandenburg wird der Anbau von Silphie vorangetrieben. In Oberfranken wurden die ersten Versuche 2009 begonnen [41].

2014 veröffentlichte die Bioenergieregion Bayreuth in Zusammenarbeit mit Dr. Pedro Gerstberger von der Universität Bayreuth die „Praxishinweise für die Kultur der Becherpflanze“. Zur Fortschreibung dieser Praxishinweise beauftragte die Bioenergieregion Bayreuth mit Schreiben vom 16.04.2013 die GeoTeam GmbH mit einer Literaturstudie.

Zur Informationsbeschaffung wurden öffentliche Quellen aus Literatur und Internet herangezogen. Einige der vorgegebenen Links waren nicht mehr verfügbar und wurden aktualisiert. In den angelegten Tabellen wurde pro Quelle eine Nummer vergeben, die unter Primärquelle(n) zu finden sind und die sich im Literaturverzeichnis eindeutig zuordnen lassen.

2 Ergebnisse der Literaturrecherche

2.1 Marktsituation, Bezugsquellen für Saatgut und Setzlinge

Die Silphie wird seit 10-15 Jahren ackerbaulich genutzt [1]. Zugelassene Sorten existieren noch nicht. Im Versuchsanbau wird mit Saatgut verschiedener geografischer Herkünfte gearbeitet [8]. Bei kleinen Flächen erfolgt die Samengewinnung durch Pflücken [19].

In Tabelle 1 ist die Marktsituation für Silphie bezüglich Saatgut und Setzlingen dargestellt. In Tabelle 2 sind die Bezugsquellen und Kosten für Setzlinge aufgrund einer telefonischen Befragung im Juni 2014 aufgeführt.

Die verwendeten Abkürzungen finden sich im Abkürzungsverzeichnis.

Tabelle 1 Marktsituation für Silphie Saatgut und Setzlinge

Quelle	Bioenergier. Bt	TLL	Chrestensen	KTBL	LWK Ni	AELF Nö	Sonstige
Kosten Saatgut		680 €/kg mit 2,5 kg/ha Saatgutbedarf	680 €/kg Bei einer Mindestabnahme von 1 kg. Bei einer Nachfrage von 40.000 bis 1 Mio. Stück werden Staffelpreise angeboten. Eine Reduzierung der Jungpflanzenpreise kann auf Grund des gesamt technologisch teuren Verfahrens nicht entscheidend vorgenommen werden. Aufgrund des Wildsaatcharakters kann durch Chrestensen keine Auflaufgarantie gegeben werden.	670 €/kg 1.340 €/ha	< 1.500 €/ha	1.100 €-1.400 €/ha mit 1,5-2,0 kg/ha Saatgutbedarf	
Kosten Setzlinge	ab 0,17 €/Pfl. im Frühjahr 2014	0,09 €/Pfl. bei 40.000 Stück				3.800 €/ha	0,15 €/Pfl. (mit 8 € Versand bis 200 Pflanzen, danach mind. 15 € für Versand, Mindestabnahme 100 Stück) [20] ca. 0,20 €/Pflanze für Flächen bis 50.000 m ² Setzlinge verfügbar [22±21]
Primärquelle(n)	2	15	12	8	7	19	20,22,21

Tabelle 2 Bezugsquellen Setzlinge durch telefonische Befragung (Juni 2014)

N.L. Chrestensen, Erfurter Samen und Pflanzenzucht GmbH	Postfach 800854, 99034 Erfurt, Telefon (0361)2245-0, www.chrestensen.com	0,16/Pfl., Mindestabnahme 255 Stück, Preisstaffelung bei höheren Chargen
Johannes Übelhack Gartenbau	Leisauer Str. 16, 95497 Goldkronach, Telefon (09273)6308	0,18 €/Pfl. (4 cm Ballen) -0,23 €/Pfl., größenabhängige Preise, auf Vorbestellung, Preisstaffelung bei höheren Chargen
Gärtnerei Schröder	Rothüllweg 6, 91327 Gößweinstein, Telefon (09242)743501, www.graertner-schroeder.de	0,20-0,40 €/Pfl., größenabhängige Preise, auf Vorbestellung
Gartenbau Rupprecht	Weierzant 20, 92289 Ursensollen, Telefon (09628)1653, Mobil (0171)2091103	0,20 €/ Pfl. bei Abnahme von 20.000 Stück, keine Mindestabnahme
Gärtnerei Christoph Weiss	Mühlenweg 102, 90427 Nürnberg, Telefon (0911)312575, Mobil (0179)4904367	0,50 €/Pfl., 2 €/2-jährige Pfl., Mindestabnahme 30 Stück, auf Vorbestellung
Jan Johannsen [20]	Hauptstr. 53, 25899 Klixbüll, Telefon (04661)8132 Fax (04661)8135, Mobil (0177)1464238, Mail janjohannsen@foni.net	0,05 €/Pfl. bei Abnahme von 10.000 Pfl., 0,15 €/Pfl. bei geringen Mengen, Versandkosten fallen an
Andreas Pfänder [22 ± 21]	Waldseerstr. 2, 88454 Hochdorf/ Unteressendorf. Telefon (07355)91075 ab 19 Uhr, Mail andi@pfaenders.de	0,20 €/Pfl. (ab 1 ha), Preisliste auf Nachfrage
Dr. Richard Schreiber [29]	Telefon (09434)509735, Fax (09434)5484, Mail opaschreiber@googlemail.com	Preis 0,12 €/Pfl. bei Abnahme von 100.000 Stück,

2.2 Standortansprüche

Eine Zusammenfassung der Standortansprüche findet sich in Tabelle 3.

Für eine verbesserte Standortanpassung wird mit verschiedenen Herkünften von Silphie-Saatgut geforscht. Dabei kommen verschiedene Sortenherkünfte in Deutschland in Frage. Diese stammen ursprünglich aus den USA, Russland, Norddeutschland, Rohrbach, Berlin, Brandenburg, Nordeuropa, Ukraine und Bendeleben. Ein Versuch zeigte in Dornburg und Bingen, dass die russische Herkunft die höchsten Erträge erzielte. In Gülzow und Heßberg schneidet die norddeutsche Herkunft am besten ab. Es sind jedoch dringend weitere Untersuchungen zur Standorteignung durchzuführen. Vergleichende Untersuchungen zwischen der Silphie mit anderen Arten zeigten bei der TLL einen deutlichen Anbauvorteil der Silphie [17].

2.3 Produktionsverfahren

Die unterschiedlichen Versuchsansteller und Praktiker sind sich darüber einig, dass den Produktionsverfahren im ersten Standjahr der Silphie eine große Bedeutung beizumessen ist. Dabei geht es insbesondere um die Steigerung der Konkurrenzkraft der Silphie gegenüber Unräutern/-gräsern, so dass es zu keinen Ertragseinbußen ab dem 2. Anbaujahr kommt.

2.3.1 Düngung

Die verfügbaren Daten zur Nährstoffversorgung sind in Tabelle 4¹ zusammengestellt.

Vor der Etablierung eines Silphie Bestandes empfiehlt sich eine Bodenuntersuchung und eine Aufdüngung auf Gehaltsklasse C insbesondere für Phosphor, Kalium, Magnesium und den pH-Wert [8]. Es ist mit (0,9)-1,0 kg N/dt TM Düngung für Silphie zu rech-

¹ Umrechnung Oxidform in Elementform $P_2O_5 \times 0,436 = P$; $K_2O \times 0,83 = K$; $MgO \times 0,6 = Mg$; $CaO \times 0,715 = Ca$

nen, die damit etwas unterhalb von Mais liegt [14,17]. In Niedersachsen wurde im Silphie Bestand eine Lagerneigung beobachtet [7]. Hier wird das Düngeregime überdacht, jedoch liegen keine Angaben zur tatsächlichen Düngemenge vor. Die Zusammenhänge zwischen Nährstoffangebot und Lagerneigung ist aus Sicht der Firma N. L. Chrestensen GmbH forschungswürdig. Dabei sollte zur Klärung der Lagerneigung die Kalium- und Calciumversorgung der Pflanze untersucht werden [24].

Im Anhang befindet sich in Tabelle 19 eine Kostenaufschlüsselung zur Düngung vom KTBL [8].

2.3.2 Bodenbearbeitung

Die Empfehlungen zur Bodenbearbeitung finden sich in Tabelle 5.

2.3.3 Saatgut und Pflanzung

Die Informationen vom Saatgut bis zur Pflanzung sind in Tabelle 6 und Tabelle 7 zusammengestellt.

Die gängige Praxis ist die Pflanzung. Das TLL und die Firma N. L. Chrestensen GmbH, sowie das LTZ führten auch Säversuche durch. Bei N. L. Chrestensen GmbH liegt noch Forschungsbedarf hinsichtlich der Züchtung homogener Sorten auf Methan- und Biomasseertrag vor [25].

Auf allen Versuchsflächen von Rekulta [35] war ein sehr inhomogener Feldaufgang der Säversuche zu beobachten. Dies könnte an den unterschiedlichen Sortenursprüngen des Mischsaatguts liegen.

Tabelle 3 Standortansprüche

Quelle	TLL	Chrestensen	KTBL	AELF Nö	Sonstige	Uni Wisconsin-Madison	Literaturrecherche 1990
Boden	selbe Information wie KTBL plus weniger gute Eignung auf Standorten mit pH < 5,5	Siehe TLL	hohe Standortvariabilität, auch in ackerbaulichen Grenzlagen (bis 600 m ü. NN, ab AZ 25) Vorzugsweise auf humosen Standorten mit guter Wasserführung Staunasse Lagen ungeeignet	Siehe TLL	humoser Sand (35 Bodenpunkte)	Überflutungsgefährdete Standorte wo Alfalfa oder Mais keine Chance hätten	Silpie präferiert sandige Flussniederungen, die auch mehrere Jahre überflutet sein können, hohe Bodenfeuchte über den Sommer garantieren hohe Ernteerträge
Niederschlag	relativ gute Trockentoleranz	Siehe TLL	400-500 mm Jahresniederschlag ausreichend, Trockentolerante Kultur insbesondere von April bis Juni sollten 200-250 mm Niederschlag zur Verfügung stehen	Siehe TLL	580 mm		
Temperatur	gemäßigte Breiten		Pflanzung ab 5 °C Keim- und Jungpflanzen vertragen ebenfalls Frost, etablierte Pflanzen vertragen Temperaturen bis -25 °C				
Primärquelle(n)	3,1	11	8	19	5	37	38

Tabelle 4 Nährstoffversorgung

Quelle	Bioenergieregion Bt	TLL	Chrestensen	KTBL	LTZ	AELF Nö	Sonstige
Nährstoffentzüge	<p>N 130-160 kg/ha P 20-30 kg/ha K 100-200 kg/ha Mg 50-70 kg/ha Ca 200-250 kg/ha (nach TLL)</p> <p>Mit einer Düngung Ende März werden die Nährstoffbedürfnisse ausreichend erfüllt. Da keine BB mehr erfolgt und die lebenden Wurzeln das Bodengefüge stabilisieren, ist das Befahren des Ackers zu dieser Zeit problemlos möglich. Silphie wurzelt bis 1,50 m Tiefe und kann somit diese Nährstoffaufnahmen vollständig aufnehmen.</p>	<p>N 130- 60 kg/ha P 25-30 kg/ha K 200-250 kg/ha Mg 50-70 kg/ha Ca 200-300 kg/ha (für 150 dt TM/ha), im Ansaatjahr auf auf N Sollwert 100 kg N/ha [3]</p> <p>Quelle [17] für 150 dt TM/ha andere Werte für K mit 150-200 kg/ha und Ca mit 200-250 kg/ha; insbesondere bei Dauerkulturen ist auf eine ausgeglichene Kalkversorgung zu achten</p>	<p>P 25-30 kg/ha K 150-200 kg/ha Mg 50-70 kg/ha Ca 200-250 kg/ha (für 150 dt TM/ha)</p>	<p>N 0,28 % P 0,054 % K 0,48 % Mg 0,11 % (1- 1,5 t TM/ha Ernterückstände, Nährstoffgehalt im Erntegut sind)</p> <p>zur Aufrechterhaltung der Gehaltsstufe C: N 100 kg /ha P₂O₅ 55-65 kg/ha K₂O 200-220 kg/ha MgO 100-110 kg /ha im Anlagejahr, später je nach Ertragserwartung (150 kg/ha N)</p>	<p>N 0,24 kg/dt FM P₂O₅ 0,16 kg/dt FM K₂O 0,65 kg/dt FM MgO 0,12 kg/dt FM</p>	<p>N 130-160 kg/ha P₂O₅ 25-30 kg/ha K₂O 150-220 kg/ha MgO 50-70 kg/ha CaO 200-250 kg/ha</p>	<p>N 150 kg P₂O₅ 60 kg K₂O 300 kg MgO 40 kg CaO 300 kg S 70 kg (2011)</p> <p>N 190 kg P₂O₅ 75 kg K₂O 250 MgO 30 kg CaO 400 kg S 50 kg in Form von 40 m³ Gärrest und 10 dt Granukalk (2012)</p>
Düngeempfehlung	30 m ³ /ha Gärrestmenge	<p>Applikation von 50 m³/ha Rindergülle Gärrest mit TS Gehalten von ca. 6 % und 0,35-0,40 % N in der Originalsubstanz (60 % MDÄ).</p> <p>Die besten Ergebnisse wurden mit einer kombinierten organisch-mineralischen Düngung erreicht [15].</p> <p>Die Silphie kann organische Düngung sehr gut verwerten [10].</p> <p>Analoge Erträge von 50 m³ Gärresten zur min. Düngung trotz geringerer N-Mengen [34]</p>	Kann mineralisch oder organisch (Gärreste, Gülle) zugeführt werden	Gärreste	Alzon 46 (stabilisierter N Dünger, der während der gesamten Vegetationsperiode zu einem bedarfsgerechten Nährstoffangebot führen soll) im Düngesteigerungsversuch	Düngung sollte mineralisch sein, wenn Gülle oder Gärrest ausgebracht wird, dann nur bodennah	7,5 dt Granukalk, 2,7 dt 40er Kornkali, 32 m ³ Gärrest mit 12 cm Kurzscheibenegge
Zeitpunkt	Hauptzuwachs- und Nährstoffaufnahme-phase: Mai bis Ende Juli	<p>Zeitiges Frühjahr, Ende März - Mitte April für organische Dünger (Verschlammung und Verkrustung bei zu später Gabe)</p> <p>zu frühe und hohe Gabe kann zu früher Bestockung mit dünnen Stängeln führen, dies kann Lager verursachen [3]</p>	Früh, um eine Beschädigung der Schosstriebe zu verringern	<p>Gärreste: 2-4 Wochen vor der Pflanzung, in etablierten Beständen im zeitigen Frühjahr (wg. Beschädigung Schosstriebe), im September zur Beschleunigung des Wiederaustriebs möglich</p> <p>Einmalige N-Gesamtgabe zur Reduzierung der Überfahrten, zu späte Überfahrten führen zu Schosstriebverletzungen (außer auf leichten Böden bzw starker Geländeneigung).</p>			<p>Im März Kalkung und Kornkali, 10 Tage vor Pflanzung Gärrest, der aufwachsende Bestand wurde nicht gedüngt.</p> <p>Im März vor dem Austrieb Menge wie Bioenergieregion Bt, bei zweischnittigem Anbau zwischen den Schnitten [21]</p>

Tabelle 4 Nährstoffversorgung (Fortsetzung)

Quelle	Bioenergieregion Bt	TLL	Chrestensen	KTBL	LTZ	AELF Nö	Sonstige
Technik	Schleppschlauch- Schlitzschuhverteiler, Injektor zwischen den Reihen	Evtl. Beschädigung der Schosstriebe wird problemlos kompensiert					Kurzscheibenegge für Gärreste
Ertragswirkung		Mit N- Düngung wurde der Bestandeschluss um ca. 5 % erhöht [6].		Insbesondere bei Dauerkulturen ist auf eine ausgeglichene Kalkversorgung zu achten.	Bei Kontrolle (0 N) ein Ertrag von 9 t TM/ha, Behandlung mit 160 kg N/ha ergibt Ertrag von 16,1 t TM/ha, Behandlung mit 200 kg N/ha ergibt Ertrag von 17,1 t TM/ha, Behandlung mit 240 kg N/ha ergibt Ertrag von 19,2 t TM/ha		
Primärquelle(n)	2	3,4,6,10,15,17,34	11	8	1	5	19,21

Tabelle 5 Bodenbearbeitung

Quelle	Bioenergieregion Bt	TLL	KTBL	Sonstige
Info	Herstellen eines feinkrümeligen und feuchten Saatbettes.	<p>Feinkrümelige und feuchtigkeitsbewahrende Saatbettbereitung, Anspruch an BB wie andere Feinsämereien und Sonderkulturen, auf Bracheflächen und Splitterflächen entsprechend mehr Vorarbeit für gutes Saatbett, Herbstfurche ohne Winterzwischenfrucht, Schälfrucht nach Winterzwischenfrucht, bei lockerem Boden vor der Saat Rückverfestigung [3,17]</p> <p>Bei >4 Pflegemaßnahmen zeigten sich deutlichere Unterschiede (ca. 20 %) in der Verfrühung des Bestandesschlusses im Vergleich zu 0-2 und 3-4 Maßnahmen. Die beiden letztgenannten zeigten nur geringfügige Behandlungsunterschiede. In einem weiteren Vergleich wurde gezeigt, dass durch >4 Pflegemaßnahmen deutlich Ertragsunterschiede von 50 % im ersten Erntejahr festgestellt wurden [6].</p>	Auf schweren Böden Herbstfurche und auf leichten Böden eher eine Frühjahrsfurche, nach einer Winterzwischenfrucht empfiehlt sich einer Schälfrucht, Wichtig sind eine feuchtigkeitsbewahrende Saatbereitung und die Schaffung eines feinkrümeligen Saat- bzw. Pflanzbettes.	Stoppel im Herbst mulchen
Technik	Pflügen, Grubbern kurz vor Pflanzung	Pflug, Grubber, Walze [3]		45 cm Tiefenhacken und 25 cm Grubber Mitte Mai, 12 cm Kurzscheibenegge mit Gärreteinbringung 10 Tage vor Pflanzung, 5 cm Kurzscheibenegge direkt vor der Pflanzung
Primärquelle(n)	2	3,6,17	8	5

Tabelle 6 Informationen vom Saatgut bis zur Pflanzung

Quelle	Bioenergieregion Bt	TLL	Chrestensen	KTBL
Info	<p>Jungpflanzen in Topfballen- Platten, vorzugsweise mit spitzkegeligen Wurzelballen zur Arbeitserleichterung (z.B. Vefi-Zapfencontainter -Platten 4x4x6 cm à 96 Mulden pro Platte a 60x40 cm), bei 12-14 °C vorgezogene Pflanzen, da noch keine Selektivherbizide für Direktsaat vorhanden (Unkrautkonkurrenz ansonsten zu groß), vor der Pflanzung Paletten wässern</p> <p>Eigener Versuch [39] mit Aussaat, Verwendung von unbehandeltem Saatgut. Technik Maissägerät für Reihenabstand und händisch 3 Samen/Loch eingefügt. Ergebnis sehr schlechter Feldaufgang der Silphie</p>	<p>Aussaat ist generell möglich, hohe Anforderung der Silphie bezüglich Witterung, Boden und Know-How des Landwirts nötig, speziell auf Brache- und Splitterflächen sollte Pflanzung durchgeführt werden, Anbau muss weiter entwickelt werden, bei guten Bedingungen läuft die Silphie nach 10 Tagen auf, evtl. zu dicht stehende Pflanzen müssen nicht vereinzelt werden, da der Bestand sich selbst reguliert. Ziel im Anlagejahr ist ein weitgehender Bestandeschluss und Pflanzen mit 10-12 Blättern und Rosettendurchmesser von etwa 40-50 cm zu etablieren, um im Folgejahr hohe Erträge sicherzustellen [3,4,8].</p> <p>Insgesamt fielen die Erträge der gesäten Varianten im ersten Ertragsjahr signifikant niedriger aus als die der Pflanzvarianten [10].</p> <p>Die Hälfte der Befragten bewässerten nach Pflanzung, wobei Bewässerung nur tendenziell höhere Bestandesdichten und Reihenschluss von ca. 5 % ergaben, 75 % der Anbauer werden den Anbau der Silphie nur weiter verfolgen wenn diese ausgesät werden kann [6].</p> <p>Saatgut nicht zu lange lagern [4].</p>	<p>Die Jungpflanzenanzucht beginnt mit einer Einzelkornablage in mehrfach verwendbaren Multitopfpaletten 285 Zellen/Platte. Zuvor wurde das Saatgut aufbereitet und vorbehandelt. Die Jungpflanzen müssen leicht feucht gehalten werden und regelmäßig in schwacher Konzentration gedüngt werden. Nach ca. 10 Wochen sind die Pflanzen bereit für das Auspflanzen. Eine einmalige Beregnung bei Bedarf erhöht das Aufwuchs Ergebnis.</p> <p>Bei Aussaat sollte mit 2 kg Saatgut/ha gerechnet werden [12].</p>	
Zeitpunkt	<p>Mitte Mai - Anfang Juni, je früher desto bessere Nutzung der Winterfeuchte für das Anwachsen sowie Trockentoleranz im Frühsommer</p>	<p>Sobald sich Boden erwärmt hat: Mitte Mai - Mitte Juni für Jungpflanzen</p> <p>Mitte April - Ende Mai für Aussaat [3]</p> <p>bei einem Zwischenfruchtanbau muss Silphie bis Mitte Juli gepflanzt bzw. bis Mitte Juni gesät werden, damit die Erträge im Folgejahr nicht gravierend sinken [10];</p> <p>Mai-Juli, je früher der Pflanztermin gewählt wurde desto früher erreichte die Silphie Reihenschluss und höhere Bestandeshöhen, im Mai ca. 10 % höher im Vergleich zu Julianpflanzungen [6]</p>	<p>Pflanzung: Mitte Mai-Ende Juni</p> <p>Saat: Mitte April-Mai [25]</p>	<p>Mitte Mai-Juni</p>
Technik	<p>4-reihige Pflanzmaschine der Firma Checci & Magli mit 3 m Breite, dadurch Gebrauch an Traktor ohne Sondergenehmigung möglich, benötigt 6 AK</p> <p>Anhänger mit 300 l Wassertank für definierte Wässerung bei Pflanzung</p>	<p>Einzelkorndrillmaschine, kontinuierliche Drillmaschine, Einzelkornsämaschinen (18er Lochscheiben mit 2,1 mm) für Aussaat</p> <p>Durch die unregelmäßige Saatgutform wird ein Probelauf angeraten.</p> <p>Walzengang bei lockerem Boden nach Saat</p>	<p>Pflanzung: alle handelsüblichen Gemüse- und Erdbeerpflanzmaschinen</p> <p>Saat: Einzelkornsämaschine mit (18er Lochscheibe; 2,1 mm) oder praxisübliche Drillmaschinen [25]</p>	<p>bei Saat Einzelkorndrillmaschine</p>

Tabelle 6 Vom Saatgut bis zur Pflanzung (Fortsetzung)

Quelle	Bioenergieregion Bt	TLL	Chrestensen	KTBL
Pflanzenabstände	75x65 cm	<p>Abweichende Angaben bzw. abhängig von Sä- und Pflanzechnik: 50 x 50 cm bis 75 cm Reihenabstand bei Pflanzung [3]</p> <p>Für Reihenabstand Aussaat: 15-75 cm, Ablage in der Reihe 10-16 cm, Zuschlag bei schlechten Bodenverhältnissen, 2-2,5 kg /ha [4]</p> <p>Aufgrund der Wichtigkeit von Pflegemaßnahmen speziell bei Saat ist hier auf einen optimalen Reihenabstand für die Pflanzechnik zu achten.</p> <p>Aus wirtschaftlicher Sicht sind auch mit <40.000 Pflanzen/ha gute Erträge zu erzielen, dies birgt aber höhere Anbauersrisiken (z.B. Pflanzverlust durch Trockenheit nach Pflanzung oder erhöhtem Unkrautdruck) [10,15]</p>	50x50 cm optimal, entspricht 40.000 Pflanzen/ha, es kann aber auch mit einem höheren Pflanzabstand gearbeitet werden (75x75 cm) für Pflanzung [11]	<p>3-4 Pflanzen/m² bei Pflanzung und 12-15 keimfähige Samen/m²</p> <p>Reihenabstand 45-75 cm je nach Maschinenverfügbarkeit</p>
Pflanztiefe		1-1,5 (2) cm	Siehe TLL	
Vorbehandlung	<p>Mündliche Mitteilung [39] zu Versuchen: Ausschwemmen der Gerbstoffe mit Wasser/ 20%igem Alkohol funktioniert nicht, die Samen wurden bei -20°C in halbstündigen Intervallen feucht gekühlt mit anschließender Trocknung</p> <p>7 Tage bei -12°C (trockene Samen) erzielte eine vollständige Keimung.</p> <p>Behandlung des Saatguts wie Forstsaat, da beide gleiche Keimungsabläufe haben</p>	<p>Vorbehandlung mit 12 h und 24 h Einwirkzeit der Fa. Chrestensen hatte einen 50 %igen Feldaufgang zur Folge, 12-14 stündiges Einquellen mit Giberillinlösung (GA3) ist Standard bei N. L. Chrestensen GmbH [14]</p> <p>Unbedingt nötig</p>	Natürliches Saatgut hat eine starke Keimhemmung und ist gegenwärtig nicht zur direkten Aussaat geeignet, geeignete Vorbehandlungsmaßnahmen erhöhen die Keimfähigkeit auf 80-90 %	Unbedingt nötig, da das Saatgut eine starke Dormanz aufweist, Silphie ist ein Kalt- bzw. Wechselkeimer mit einem unregelmäßigen Feldaufgang über mehrere Monate, die Vorbehandlung hat gleichzeitig den Effekt der Vereinheitlichung des Saatguts und damit einer verbesserten Sätechnik
Invasionspotenzial		Das ausgehende Invasionspotenzial ist als gering einzuschätzen, da keine Rhizome oder Ausläufer und langsame Jugendentwicklung.		
Vorfrucht		<p>Wenig Anspruch, unkrautunterdrückende Wirkung speziell Wurzelunkräuter, frühräumender Winterzwischenfrucht (z.B. Futterroggen) vor Silphie pflanzen [3,4]</p> <p>Buschbohnen förderten im Versuch womöglich Sclerotinia Befall [14]</p>	Kein Raps oder Buschbohnen, unkrautunterdrückende Eigenschaft der Vorfrucht	Keine Ansprüche bis auf unkrautunterdrückende Wirkung, z.B. Grünroggen
Nachfrucht		Getreide	Getreide	Getreide
Primärquelle(n)	2,39	3,4,6,10,14,15,17	11,12,25	8

Tabelle 7 Informationen vom Saatgut bis zur Pflanzung (Fortsetzung)

Quelle	LTZ	LWK Ni	VDLUF A	AELF Nö	Uni Bt	Sonstige
Info				Pflanzung aufgrund des Unkrautdrucks immer der Saat vorzuziehen.		
Zeitpunkt	Mitte Mai- Anfang Juni 2010 (Versuchspflanzung)			Für Pflanzung Mitte April-Mitte Juli, so früh wie möglich		10.-16.06.11 [5], 12.06.10 [20]
Technik	Maschinell mit Setzlingen			Aussaatsversuch: 1,5 kg Saatgut mit 1,5 l Wasser zum Quellen vermengt, es folgte ein guter Auflauf + Nachsaat an nötigen Stellen für 4 Pfl./m ² wurden 10 Körner/m ² gesät		Erdbeerpflanzmaschine mit 6 Arbeitskräften, wobei 1 Person 10 h/ha arbeitet[5] 4-reihige Kohlpflanzmaschine, 5-6 Personen haben in 12 h einen Hektar bepflanzt [20] Sähmaschine mit Scheiben um Pfl. in geöffnete Schlitze zu setzen (Weißklee), 2015 sollen 2-jährige Wurzelballen mit Kartoffellegger (größere Stückzahl, weniger AK) gesetzt werden [21]
Pflanzenabstände	50x50 cm Versuch zu Bestandesdichten: im Vgl. 75x30 cm, 75x50 cm und o.g. verglichen, aufgrund von höchster Stängelzahl und Gesamtpflanzenenertrag sollte gleichmäßige Standraumweite von 50 x50 cm vorgezogen werden			4 Pfl./m ² , 15-18 Samen/m ² bei exakter Verteilung 8 Samen/m ²		75x40 cm (34.000Pfl./ha) [5] je nach Pflegemaschine den Reihenabstand zwischen 50-70 cm wählen und in der Reihe 50 cm [20]
Pflanztiefe				3 cm bei Saat		
Vorbehandlung		unbedingt nötig	Saatgut nicht dormant, eine vollständige Keimung kann bei wärmedosierten Wechseltemperaturen mit großer Amplitude (8/20 °C) binnen 3 Wochen realisiert werden, werden diese Keimbedingungen nicht realisiert ist eine "Vorkühlung" (nicht unter 10 °C) hilfreich; je älter das Saatgut desto höher der Anteil an totem Saatgut 1 % Lebensfähigkeit ohne Vorbehandlung, 94 % Lebensfähigkeit mit Vorbehandlung.		80 Tage bei 6°C ergibt nahezu vollständige Keimungsrate (Problem Zeit). Behandlung mit Giberillin erzielte etwas schlechtere Keimungsrate zu o.g. mit >90 % (Problem Kosten). 10 Min bei 55°C ähnliche Rate wie Giberillin (Problem späte + unregelmäßige Keimung). Ergebnis schlechter als Kontrolle. Künstliche Zugabe von Hemmstoffen zu gequollen schlechteres Ergebnis als Kontrolle.	4x4 Pressblock mit 3 Samen in Eiskeller danach ins Gewächshaus bringt sehr gute Ergebnisse, deshalb sogar eher nur 2 Samen pro Pressblock [21].

Tabelle 7 Informationen vom Saatgut bis zur Pflanzung (Fortsetzung)

Quelle	LTZ	LWK Ni	VDLUFA	AELF Nö	Uni Bt	Sonstige
Invasionspotenzial	Kühle Phasen oder Wechseltemperaturen (Literatur), LTZ Beobachtungen zeigten: massiver Feldaufgang der ausgefallenen Samen sowohl direkt nach der Ernte 2011 bei spätherbstlich- warmen Temperaturen als auch im Frühjahr 2012 nach starken Kahlfrösten, Samen lagen oberflächlich auf dem Boden und müssen wohl durch Lichteinwirkung stimuliert worden sein. Das LTZ weist auf das invasive Potenzial (Wind, Vögel, Erntemaschinen) der Silphie hin.					Samen von Mäusen, Vögeln etc. ausgefressen [21]
Vorfrucht				Keine besondere Eigenschaft		Mais [5], Brache [20] niedrigblühender Weißklee (Bergklee) hat gute unkrautunterdrückende Wirkung, Buchweizen vll. ebenso sinnvoll [21]
Nachfrucht						
Primärquelle(n)	1	7	13	19	43	5,20,21

Tabelle 8 Mechanische Pflege

Quelle	Bioenergieregion Bt	TLL	KTBL	LTZ	LWK Ni	Sonstige
Technik	<p>Maschinenhacke mind. 2x zwischen den Reihen</p> <p>gegebenenfalls mit der Handhacke zwischen den Pflanzen</p> <p>Bewässerung falls direkt nach Pflanzung zu trocken</p>	<p>Maschinenhacke, Rollstriegel (bis 3-4 Blattstadium), Walze</p>	<p>Maschinenhacke</p>	<p>Maschinenhacke</p>	<p>Pflug einige Wochen zuvor, Egge unmittelbar vor Pflanzung</p>	<p>Maschinenhacke für Randstreifen [5]</p> <p>Maschinenhacke und Handhacke [20]</p>
Eigenschaften	<p>Eigener Versuch [39] zweimalige Maschinenhacken angewendet, wobei Fingerhacke feiner arbeitet und Pfl. werden nicht stärker beschädigt als durch die normale Hacke.</p> <p>Gemeinsames Abmulchen schränkt den darauffolgenden Unkrautwuchs nicht ein. Ein Abmulchen scheint nicht empfehlenswert.</p>	<p>Unkrautbekämpfung</p> <p>Aufbrechen von Verkrustungen</p> <p>Wenn Unkräuter die Jungpflanzen überwachsen, ist ein Abmulchen der Bestände auf ca. 10-15 cm über dem Boden ratsam. Diese Maßnahme kann gegebenenfalls wiederholt werden.</p>	<p>Aufgrund der weiten Reihenabstände möglich</p>	<p>Gute Alternative bzw. sinnvolle Ergänzung zum Herbizideinsatz</p>	<p>Gute Saatbettbereitung und Vorgeschichte der Fläche ist Voraussetzung</p>	<p>Unkrautbekämpfung im 1. Jahr unbedingt nötig, Stellen an denen das nicht gelingt schlecht für die Entwicklung [20]</p>
Primärquelle(n)	2,39	3	8	1	7	5,20

2.3.4 Mechanische Pflege

Die Erfahrungen zur mechanischen Pflege sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

2.3.5 Pflanzenschutz

Die Empfehlungen zum Pflanzenschutz sind in Tabelle 9 und Tabelle 10 zusammengefasst.

Für den Silphie-Anbau sind bisher keine Pflanzenschutzmittel zugelassen. Es besteht allerdings die Möglichkeit eine Ausnahmegenehmigung zu erlangen. Für jedes einzeln angewendete Pflanzenschutzmittel wird jedoch eine kostenpflichtige Ausnahmegenehmigung nach § 22 Abs. 2 PflSchG benötigt.

Die Firma BASF hat 2013 den Antrag zur Ausweitung des Geltungsbereichs nach § 51 für das Präparat Stomp Aqua für gesäte, gepflanzte und bereits etablierte Bestände gestellt [10]. Die Genehmigung wurde laut mündlicher Mitteilung seitens BASF inzwischen erteilt. Auch der Antrag für das Präparat Boxer soll demnächst positiv beschieden werden.

Je nach Fläche treten spezifische Unkraut-/Ungrasprobleme auf. Die einzelnen Wirkungsspektren der Pflanzenschutzmittel für die Bekämpfung können im grünen Heft des Integrierten Pflanzenbaus [30] nachgelesen werden.

Rekulta [35] nahm von der Anwendung von PSM Abstand, da noch keine eindeutigen Empfehlungen zu deren Wirkung auf Silphie (Spritztermin, Spritzmittel) vorlagen. Sie wendeten nur mechanische Maßnahmen an, in Folge des späten Reihenschlusses (>1 Jahr nach Pflanzung) herrschte hoher Unkrautdruck vor. Sie kommen zu dem Schluss, dass eine ausschließlich mechanische Unkrautregulierung bei großflächigem Anbau nicht empfehlenswert ist.

Tabelle 9 Pflanzenschutz

Quelle	Bioenergieregion Bt	TLL	Chrestensen	KTBL	LTZ	LWK Ni	Sonstige
Mittel	Stomp Aqua 4 l/ha Boxer 2-3 l/ha Fusilade Max bei Ungras Problemen	Stomp Aqua 1x3,5 l/ha Boxer 1x2-3 l/ha Fusilade Max 1x2 l/ha möglich Basagran 1x1 l/ha Lentagran WP 2x1 l/ha Garda Gold 3-4 l/ha Aramo 2 l/ha Kerb 400 SC 1,25 l/ha Select240 EC + Para Sommer Totalherbizid	Stomp Aqua 4,4 l/ha Boxer 1x5,0 l/ha Fusilade Max 1x2,0 l/ha Basagran 1x2,0 l/ha Lentagran WP 2x1,0 l/ha Butisan 1x2,5 l/ha 5 l/ha Roundup	Stomp Aqua 2 l/ha Boxer 3 l/ha Basagran 1 l/ha	SPEKTRUM ® AQUA- Pack wirksam und kulturpflanzen- verträglich 1,25 l/ha Spectrum + 2,5 l/ha Stomp Aqua (Wirkstoffe: Dimethenamid-P und Pen- dimethalin) wurde im Rah- men der Lückendindikation eine Herbizidprüfung durch- geführt	Bodenaktive Mittel 2-3 Mal, Blattaktive Mittel als letzte Möglichkeit wegen Schäden an der Kulturpflanze, Pflanzen- schutz bei Drillsaat wesentlich schwieriger (Keimhemmung der bodenaktiven Stoffe für zweikeimblättrige Unkräuter wirkt häufig bei Silphie)	Stomp Aqua 2x3,3 l/ha Fusilade Max 4,5 l/ha, Glyphosat 3,0 l/ha
Zeitpunkt	1-4 Tage nach Pflanzung Stomp Aqua bei erneuter Unkrautproblem 2-3 Wo- chen später Boxer	Totalherbizid vor Pflan- zung Stomp Aqua 1-7 Tage nach Saat und NA Garda Gold erst ab 6- Blatt- Stadium Stomp SC + Boxer NA und VA [35]	bei starkem Unkrautdruck vor der Pflanzung Roundup 5-7 Tage nach der Pflan- zung alle weiteren (NA) Anwendungszeitraum wenn die Unkräuter noch klein sind	Stomp Aqua VA, Basagran und Boxer NA	vor der Pflanzung		Anfang April Glyphosat, Stomp Aqua direkt nach Pflanzung und 14 Tage später 2. Gabe, Fusilade Max 6 Wo- chen nach Pflanzung
Kosten				Stomp Aqua 15 €/l Boxer 10 €/l Basagran 37 €/l Lentagran 47 €/l Gardo Gold 13 €/l Aramo 38 €/l			
Info	keine Wirkung von Herbiziden (Boxer 2,5 l, Stomp Aqua 3,5 l), aufgrund ungünstiger Witterung keine Herbizid- wirkung Hackschnitzel (85 t/ha) gute Unkraut- wirkung, aber zu hohe Kosten Stroh günstiger und akzeptables Er- gebnis, Technik kann ähnlich wie für Erdbeeren verwenden Weißklee-Untersaat ist nicht gut auf- gewachsen, Problem Wasserkonkur- renz Kontrolle (ohne eine Behandlung) wur- de vom Unkraut überwachsen, Was- ser- und Lichtkonkurrenz sehr groß [39]						
Primär- quelle(n)	2,39	3,4,10	11	8	1	7	5

Tabelle 10 Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden aus [15] S.28 ff

Herbizid	Verträglichkeit	Wirkung	Sonstiges
Treflan (Im Vorpflanzeneinarbeitungsverfahren)	+	gut	
Stomp SC (Nach Pflanzung, VA,NA)	+	gut	Tolerierbare Blattaufhellungen, partielle Nekrosen (Boxer ebenso)
Lentagran WP und Spektrum	-	gut	Deutliche Wuchsdepression
Boxer + Stomp SC (Tankmischung)	+/-	Gravierende Schäden- Totalausfall	Versuch Dornburg kein Schaden, Straßfurt in Soloanwendung + nach Treflan
Trifluralin			Anwendung nicht mehr zulässig, für die Entwicklung praxistauglicher Strategien ein großer Rückschlag
Kerb 400 SC (nach Aussaat)	+	Beste Wirkung	

Tabelle 11 Krankheiten und Schädlinge der Durchwachsenen Silphie

Quelle	TLL	KTBL	LTZ	Rekulta	AELF Nö
Pilzkrankheiten und Gegenmaßnahmen	<p>Sclerotinia sclerotiorum Befall bei größerem Anbauumfang, bestimmten Jahren, Lagen, sowie Vorfruchtabhängig</p> <p>Schnelle Ernte, um die Ausbildung von Dauerorganen zu verhindern.</p> <p>Erfahrungsgemäß regenerieren sich die Bestände im Folgejahr.</p> <p>Fungizide nicht zugelassen</p>	<p>Sclerotinia sclerotiorum bei größerem Anbauumfang, bestimmten Jahren, Lagen, sowie Vorfruchtabhängig</p> <p>Schnelle Ernte, um die Ausbildung von Dauerorganen zu verhindern.</p> <p>Erfahrungsgemäß regenerieren sich die Bestände im Folgejahr</p> <p>(Primärquelle evtl. TLL)</p>	<p>Sclerotinia sclerotiorum möglich</p>		<p>Beim Auftreten von Sclerotinia sind hohe Schäden möglich, v.a. wenn Raps Vorfrucht war oder in direkter Nachbarschaft angebaut wird.</p>
Bakterienkrankheiten und Gegenmaßnahmen			<p>Pseudomonas syringae wurde 2012 in Versuchsbeständen als ernstzunehmender Befall vor Blühbeginn festgestellt.</p> <p>Keine Behandlung durchgeführt, hat sich in der Folge wieder verwachsen</p>		
Schädlinge	<p>Keine ertragsrelevanten Auswirkungen. Bei starkem Befall z.B. mit Ratron- Giftweizen (5 Körner/ Loch mittels Legeflinte)</p>	<p>Keine ertragsrelevanten Auswirkungen</p> <p>(Primärquelle evtl. TLL)</p>		<p>Angefressene Blätter, Wildschweine haben Pfl. aus dem Boden gewühlt, Mäuselöcher an Jungpfl. so dass diese abgestorben sind</p>	
Primärquelle(n)	3,8,17	11	1	35	19

2.3.6 Krankheiten und Schädlinge

Die bisher festgestellten Krankheiten und Schädlinge sind in Tabelle 11 aufgeführt.

Die Angaben von Chrestensen entsprechen denen des TLL. Die Universität Bayreuth führt keine relevanten Pilz- oder Bakterienkrankheiten an [18].

2.3.7 Ernteverfahren

Die Informationen zu Ernteverfahren sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Zur Ernte wird ein herkömmlicher Feldhäcksler eventuell mit Seitenschneider angegeben. Das AELF Nördlingen bietet zusätzlichen einen Praktikeraustausch per Mail an.

Brauckmann et al. (2013) hat den Zeitbedarf des Häckselns von Silphie und Mais sowie anderen Energieträgern verglichen. Mit einem Maisgebiss für den Feldhäcksler wurde für die Silphie- Ernte ca. 18 min/ha benötigt und für Mais ca. 23 min/ha [25].

Tabelle 12 Ernteverfahren

Quelle	Bioenergie. Bt	TLL	Chrestensen	KTBL	LTZ	LWK Ni	AELF Nö
Info		Auch bei ungünstiger Witterung beeinträchtigen die Überfahrten die Bestände nicht. Bei schwach entwickelten Beständen ist vom ersten zum zweiten Erntejahr in der Regel ein Ertragszuwachs von 10-30 % zu erwarten.					
Technik	Herkömmlicher Feldhäcksler mit 0,5-1 cm Häcksellänge	Herkömmlicher Feldhäcksler, günstig ist das Vorhandensein eines Seitenschneiders	Herkömmlicher Feldhäcksler	Herkömmlicher Feldhäcksler mit 4- 6 mm Häcksellänge		Herkömmlicher Feldhäcksler	Feldhäcksler, jedoch ist nicht jeder Feldhäcksler geeignet; Informationen und Praktikeraustausch dazu unter info@voelklein-bioenergie.de
TS Gehalt	27-30 %	25-27 % [3] 25-28 % [34] 26-28 % in der Praxis wurde auch bei geringen TS Gehalten nur wenig Sickersaftbildung beobachtet wurde [33] Sickersaftbildung ab 26 % TS < 10 % [34]	28-30 %	26-30 %	22-29 % im Versuch: erst Ende September mit 30 % TS, dies bedeutet allerdings auch Ertragsrückgang		25-30 %
Zeitpunkt	Ende August - Ende September, nach trockenem Wetter am Nachmittag	Anfang - Ende September (Stadium Blühende/ Samenreife), zur exakten Terminbestimmung den TS Gehalt untersuchen [3,8] Versuchsergebnisse zeigten dass der schwankende TS Gehalt der Silphie die Bestimmung des Erntetermins im Vergleich zu Mais schwierig macht. Bei feuchter Witterung führt das in den "Bechern" der Pflanze gesammelte Wasser, trotz weiterer Abreife der Pflanze zu einem Absinken der TS bei der Ernte. Ein Zusammenhang zwischen Erntetermin und Biomassertrag ist nicht zu erkennen [10]. Mit fortschreitender Ernte sinkt der Zuckergehalt in der Pflanze ab und birgt damit eine schlechte Methanausbeute für die Silphiepflanzen [10]. Bei der Ernte eines komplett abgeblühten Bestandes liegen die Methanausbeuten etwa 20 % unter dem Wert des optimalen Termins und die Methanerträge je Flächeneinheit gehen um bis zu 30 % zurück, erfolgt die Ernte dagegen zu früh, gehen bis zu 15 % Biomassertrag verloren und es ist mit hohen Silierverlusten durch eine verstärkte Bildung von Sickersaft zu rechnen. Zeitlich liegt das optimale Erntefenster für die Silphie im Bereich des frühen Silomaises der jeweiligen Region. Ist eine separate Silierung des Erntegutes geplant, sollte die Ernte der Silphie vor dem Mais erfolgen [24].	Anfang-Ende September (Stadium Blühende/Beginn Samenreife) Zur exakten Terminbestimmung den TS Gehalt untersuchen.	Anfang- Ende September (Stadium Blühende/ Samenreife), Zur exakten Bestimmung TM Gehalt	Mitte August-Anfang September Optimaler Erntezeitpunkt ist wichtig. Eine Orientierung allein an Boniturmerkmalen wie Beispielsweise der Vollblüte scheint nicht ausreichend zu sein. Zeitpunkt muss in folgenden Jahren für bessere Aussagekraft weiter bestätigt werden.	Optimum der Biogasausbeute im August Öffentliche Akzeptanz für später Ernte Schlaggrößen- und arbeitswirtschaftliche Gründe lassen eine Septemberernte wirtschaftlicher erscheinen	
Primärquelle(n)	2	3,8,10,17, 24,33	11	8	1	7	19

2.3.8 Ernte- und Nachbehandlung des Ernteguts

Die Erfahrungen zur Ernte- und Nachbehandlung finden sich in Tabelle 13.

Chrestensen verwendet dieselben Informationen wie das TLL mit insgesamt nur drei verfügbaren Quellen zu diesem Thema.

2.3.9 Verwendung

Die Silphie besitzt einen hohen Futterwert, sodass die Silage Verwendung als Viehfutter als auch Koferment in Biogasanlagen findet. Gegenwärtig dominiert die Verwertung als Biogassubstrat [33]. Weitere Informationen zeigt Tabelle 14.

Tabelle 13 Nötige Ernte- und Nachbehandlung

Quelle	TLL	KTBL	Sonstige
Art	<p>Silage unter Zugabe von Siliermitteln, bei geringem Flächenumfang auch zusammen mit frühem Silomais möglich [3].</p> <p>Der Einsatz von Silierhilfsmitteln (im Versuch mit 8 unterschiedlichen Mitteln) hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Biogas- bzw. Methangehalte im Pflanzmaterial. Es trat bei deren Zugabe zwar ein leichter Anstieg des leichtverdaulichen Rohproteins auf, der jedoch mit einem Abfall der verdaulichen Rohfasergehalte einherging. Rohfett und N- freie Extrastoffe wurden nicht beeinflusst.</p> <p>Der generelle Verzicht auf die Zugabe von Siliermitteln ist nicht zu empfehlen, da diese zur Sicherung des Silierverlaufs und damit zur Verminderung des Verarbeitungsrisikos beitragen [15].</p>	<p>Silage, bei geringem Flächenumfang auch zusammen mit Mais möglich.</p> <p>Bei der Silierung ist das Erntegut auf 650 kg/m³ zu verdichten, um anaerobe Verhältnisse für Milchsäurebakterien zu schaffen.</p> <p>Das Silo sollte innerhalb von 2 Tagen befüllt sein und verschlossen werden. Es gelten die gleichen Prämissen wie für Silomais.</p> <p>Bei TM Gehalten über 25 % tritt keine Sickersaftbildung ein.</p>	<p>Technischer Aufwand (Rühr- und Pumptechnik) für Vergärung von Silphie größer als bei Mais.</p>
Pri-märq.	3,15	8	28

Tabelle 14 Verwendung des Silphie- Ernteguts

Quelle	TLL	Chrestensen	KTBL	LTZ	Uni Wisconsin- Madison	Literaturrecherche 1990	Sonstige
Biogassubstrat	<p>Koferment</p> <p>Das Erntegut weist eine gute Siliereignung auf. Bereits bei TS Gehalten von 25 % tritt kaum Sickersaft auf und kann damit eher siliert werden als Mais.</p> <p>Silage in Tierfütterung (z.B. Hasen, Rinder) bei zweimaliger Beerntung pro Jahr [35].</p>	Koferment	Es liegen noch keine verlässlichen Informationen vor	Silphie besitzt um 2-3 % höhere Lignin und Rohaschegehalte als Mais, was zu einer Verringerung um 30-50 Normliter Methan je kg oTS führt.			Co-Substrat in der Biogasanlage (zusammen mit Gülle)
Futterzweck		Kann auch als Viehfutter Verwendung finden			<p>Im Fütterungsversuch für Milchvieh mit einem Anteil von 25 % Silphie- Silage wurden keine negativen Auswirkungen auf die Milchproduktion festgestellt.</p> <p>Bei Rindvieh führte jeder zusätzliche Anteil von Silphie am Maisfutter zu einer Einschränkung der Leistung. Dies wurde in Verbindung mit der schlechteren Verdauung und verminderten Aufnahme von Silphie zu Mais gebracht.</p> <p>Rohproteingehalte schwanken von 16-18 % bei der 1. Ernte Mitte Juni und ca. 25 % bei der 2. Ernte Ende August in Wisconsin. Für eine einschnittige Nutzung als Futter sollte Mitte Juli angestrebt werden (Kurz vor Beginn der Blüte). Die Züchtung dort produzierte Silphie Linien mit 10-20 % mehr Futter als andere Linien.</p>	<p>Für eine bessere Silage können durch eine zweischnittige Beerntung höhere TM- und Protein- Gehalte erreicht werden.</p> <p>1. Ernte kurz vor Öffnung der ersten Blüten 2. Ernte 7-9 Wochen danach, wenn die 2. Blüten vor der Öffnung stehen</p>	<p>Die Becherpflanze kann für die Verfütterung an Rinder (und andere Wiederkäuer) 2x jährlich geschnitten werden (1. Schnitt Anfang Juni, 2. Schnitt Anfang September).</p> <p>Bei einem alleinigen Schnitt im September sind die Stengel und die unteren Blätter bereits zu hart für die Verfütterung und werden vom Vieh nur ungerne oder gar nicht aufgenommen. Der hohe Wassergehalt der Pflanzen im Juni bereitet keine Probleme, wenn die Pflanze angewelkt siliert wird. Im mediterranen Klima von Chile werden Rinder während des trockenen Sommers in Becherpflanzenbestände getrieben. Hier fressen sie die Blätter und lassen die harten Stängel stehen. Die Pflanze enthält keine für das Vieh giftigen Substanzen. In der ehemaligen DDR wurden Stallkaninchen mit Becherpflanzen gefüttert.</p>
Primärquelle(n)	10,17,35	11	8	1	37	38	21

2.4 Wirtschaftlichkeit, Kosten, Erträge

Die Ergebnisse der ökonomischen Betrachtungen sind in Tabelle 16 dargestellt.

Die Silphie kann bei sehr guten Standortbedingungen das Ertragsniveau von Silomais erreichen. Durch die beschriebenen Vorteile einer Dauerkultur ist ihr Anbau eher für extensive oder schwer zugängliche Standorte zu empfehlen. Auf ertragsstarken Standorten wäre Silomais vorzuziehen [27].

Die Nutzungsdauer der Staudenpflanze wird in der Literatur bei zweischnittiger Beerntung zum Zweck der Viehfütterung mit 15 Jahren angegeben. In Versuchen zur einschneidigen Beerntung sind 8 Jahre bei stabilen Erträgen dokumentiert [33]. In [34] wird bei einer zweischnittigen Ernte eine Nutzungsdauer von 12-15 Jahren angegeben. Beim Einsatz der Silage in einer Biogasanlage sind die etwas geringeren Methanausbeuten zu beachten, die aber durch die leicht höheren Trockenmasseerträge kompensiert werden, sodass pro ha vergleichbare Methanerträge erreicht werden [33].

„Neben der Preisentwicklung und den Biogas- und Biomethanausbeuten sollten auch die notwendige Lagerkapazität, die Humus- und Nährstoffbilanz sowie positive Fruchtfolgeeffekte in der Ermittlung des Gewinns betrachtet werden. Entscheidend ist dabei nicht nur die Wirtschaftlichkeit der Frucht im Anbaujahr, sondern die Betriebswirtschaftliche Betrachtung über die gesamte Fruchtfolge“ [35]. Im Verbundprojekt EVA wird deutlich, dass es im Mittel keine Kultur gab, die höhere Flächenerträge als Mais erzielte, allerdings gibt es je nach Witterung und Standort Unterschiede. Die Landwirte sind bereit alternative Energiepflanzen anzubauen, jedoch ist die Langfristigkeit des Anbaus mit hohen Investitionskosten für deren Pflanzung hinderlich. Bisher gibt es für die Anlage von Silphie Kulturen keine staatlichen Zuschüsse [35].

Der Deckungsbeitrag I (Erlös minus Kosten) wurde von [36] für verschiedene alternative Energieträger berechnet. Der DB I von Mais liegt derzeit zwischen 2.130 und 2.700 €/ha. Für Zuckerhirse ist der DB I mit 22 bis 280 €/ha geringer. Für Silphie liegt er derzeit bei ca. 1.150 €/ha (siehe Anhang).

Zur Bewertung der ökonomischen Lage liegen zwei verschiedene Berechnungen des TLL von 2010 [15] und 2013 [10] vor. Diese unterscheiden sich im Grunde nur durch die verkürzte Nutzungsdauer von 12 auf 11 Jahren („mittlere Nutzungsdauer“ mit einem Anpflanzjahr ohne Ertrag) und verringerten Erträgen von 150-170 dt TM/ha auf 130-160 dt TM/ha in der aktuellen Version.

Eine Gegenüberstellung der TLL-Berechnungen ist Tabelle 15 zu entnehmen.

Tabelle 15 Anlage- und Nutzungskosten bei Pflanzung

	TLL 2010	TLL 2013
Anlagekosten mittlerer Ertrag	4.650 €/ha	5.159 €/ha
Anlagekosten hoher Ertrag	4.680 €/ha	5.190 €/ha
jährliche Kosten mittlerer Nutzungsdauer bei 2 Ertragsniveaus	539-542 €/ha	645-649 €/ha
jährliche Kosten bei 15-jähriger Nutzung bei 2 Ertragsniveaus	426-429 €/ha	473-476 €/ha

Falls die Saat der Silphie verwirklicht wird, geht das TLL [10] von rund 60 % geringeren Anlagekosten aus. Somit belaufen sich die Aufwendungen für die Bestandesetablierung jährlich gesehen zwischen 286-390 €/ha- je nach Nutzungsdauer von 15 bzw. 10 Jahren.

Im Anhang finden sich Details zu den unterschiedlichen Berechnungen.

Eine weitere Datengrundlage zur Aufschlüsselung der Produktionskosten bei einer Aussaat findet sich beim KTBL [8] (siehe Anhang).

Tabelle 16 Wirtschaftliche Bewertung

Quelle	Bioener- gier. Bt	TLL	Chresten- sen	KTBL	LTZ	LWK Ni	HOT	Uni Bt	AELF Nö	FNR	Sonstige
Bestan- de- setab- lierung	manuelle Samenernte	Pflanzung amortisiert sich bei 12 Jahren Standzeit.		3.600 €/ha Pflanzung	Eine aus betriebswirtschaftlicher Sicht zu präferierende Direktsaat ist noch nicht zu empfehlen, da das Saatgut aufgrund seiner Beschaffenheit sehr uneinheitlich keimt. Bundesweit arbei- ten derzeit gleich mehrere Institutionen daran, die pflanzenphysiologischen Mechanismen diesbezüglich zu ent- schlüsseln und die Saatguteigenschaf- ten so zu verbessern, dass ein homo- gener Feldaufgang gewährleistet und lückenlose Bestände etabliert werden können.		8.000 €/ha, mit 40.000 Pfl./ha	3.600 €/ha Pflanzung	Hohe Kos- ten, aber Pflege in den folgen- den Jahren sehr günstig		
Kul- turzeit	10-15 Jahre	8-jährige Ergebnisse ohne Ertragsrückgang lassen darauf schließen, dass die Silphie mindestens 10 Jahre, wahrscheinlich eher länger, genutzt werden kann [10].		12 Jahre							15 Jahre [37]
Voll- kosten						Drillsaatkosten 1/3 zu Pflanzung			Mit Prämien 2.103 €/ha, 5,42 ct/kWh (Mais 2.006 €/ha, 5,04 ct/kWh) Quelle HSWT Mar- kus Heinz 2009, Tele- fon 09826- 18400		
Dün- gung		Die Silphie kann organische Düngung sehr gut verwerten. Dies bringt ökonomische Vor- teile mit sich [10].			Niedrige Nmin Gehalte (in 0-90 cm Tiefe 2,8-3,5 kg N/ha direkt nach der Ernte) zeigen, dass auch sehr hohe N Gaben von den Pflanzen in Biomasse umgewandelt werden, Gefahr der Nit- ratauswaschung besteht nicht, ob eine derart (200 kg N/ha) intensive Dün- gung aus wirtschaftlicher Sicht interes- sant bzw. aus ökologischer Sicht über- haupt vertretbar ist, muss weiter nach- gegangen werden.						

Tabelle 16 Wirtschaftliche Bewertung (Fortsetzung)

Quelle	Bioener-gier. Bt	TLL	Chresten-sen	KTBL	LTZ	LWK Ni	HOT	Uni Bt	AELF Nö	FNR	Sonstige
Bio-masse Ertrag	12-18 (20) t TM/ha abhängig von Boden-qualität, Wasserver-sorgung, Düngung	13-18 t TM/ha [3] Entspricht mindestens dem Ertrag von Silo-mais an diesem Standort. Anbau lag im Mittel bei 24 dt TM/ha (Stand-ort Dornburg) bzw. 14 dt TM/ha (Standort Heßburg) über Mais, wobei hier nur das beste Ertragsergebnis von drei verschiedenen Ernteterminen herangezogen wurde, Ertrag steigt im 2. Erntejahr, wobei Silphie im Ver-such ca. 60 % geringere Erträge zu Mais aufwies. Gründe hierfür waren die schlechten Silphie- Standorte im Vergleich zu Mais-standorten desselben Betriebes. Die Witte-rung der beiden Versuchsjahre begünstigte dabei ebenso die Maiserträge [10] im Mittel der Jahre 2005- 2011 Silphie Ertrag bei 12 % über dem Mais [16] ca. 9 t/ha [6]	13-18 t TM/ha ab dem 2. Standjahr entspricht damit min-destens dem Niveau von Silomais (Primärquelle evtl. TLL)	13-18 t TM/ha ab dem 2. Jahr (Primärquelle evtl. TLL)	Höchste Erträge mit knapp 18 t TM/ha am Standort Rheinstetten-Forchheim bei frühen Ernteterminen (Mitte August bis Anfang September), Silphie kann auf günstigen Standorten ertraglich nicht mit Energiemais- und Sorghum-sorten konkurrieren.	Silphie Ø 14,5 t TM /ha , wobei die Standorte subop-timal waren (klein, unförmig, zuvor Brache oder Wei-deland) Mais 21,2 t/ha TM		Der jährliche Hektarertrag von Silphie liegt deutlich über Mais mit 500 Euro Mehrertrag im Vergleich zu Mais (mit-tel- und lang-fristig ge-rechnet)	13-18 t TM/ha	45-60 t FM/ha	15 t TM/ha (mittlere Ertrag) [36] 120-280 dt TM/ha [21]
Me-than Ertrag		Ca. 285 NI/kg oTS Bei guter Siliereignung liegen die Methan Erträge der Silphie bei -10 bis -15 % pro Flächeneinheit im Vergleich zu Mais [3]; Die Methangehalte schwanken in den Jahren kaum (57- 60 %) und lassen keinen Zusam-menhang zwischen Erntetermin und Methan-ertrag zu. Die Methankosten liegen bei Silomais mit 34,0 ct/m³ CH₄ und Silphie (Pflanzung) 50,4 ct/m³ CH₄ ; Silphie (Saat) 42,8 ct/m³ CH₄ mit einem dementsprechenden Flächenbedarf von 100 % bei Mais zu 128 % bei Silphie (Saat + Pflanzung); Die Silphie hat damit nur eine Anbaubere-chtigung wenn sie in die ESK II aufgenommen wird [14]. Je nach Herkunftswahl der Silphie wurde in Versuchen eine deutlich verschiedene Me-thanausbeute pro Herkunft festgestellt. Die höchsten Werte erzielte dabei die ukrainische und russische Herkunft [10].	Bei einer guten Silier-eignung lie-gen die Me-thanerträge auf Silomais-niveau	278 l/kg oTM 58 % Methan-gehaltsausbeute		Ø 270 NI/kg oTS ± 80 % des Bio-gasertrags von Mais			Energieer-träge von über 42.000 kWh/ha möglich	2.871-3.828 Nm³ CH₄ Ent-spricht 10.874 - 14.499 kWh_{el}/ha	310 l/kg oTS gegenüber Silomais +30 % CH₄ Ertrag [21] Methan-gehalt schwankt um 55 %, Ausbeute im Labor [21]. +30 % CH₄ Ertrag im Vgl. zu Silomais [36] Entspricht 4.650 m³/ha [21]
					Silphie 4.767 m³/ha (240 kg N/ha Düngung auf bestem Versuchsstand-ort) Energiemais 6.520 m³/ha und Sorghum 5170 m³/ha (selber Standort)				Ca. 3.650 m³/ha bei Feldver-such in Triesdorf		

Tabelle 16 Wirtschaftliche Bewertung (Fortsetzung)

Quelle	Bioener- gier. Bt	TLL	Chresten- sen	KTBL	LTZ	LWK Ni	HOT	Uni bt	AELF Nö	FNR	Sonstige
Misch kultur		Silphie- Anbau unter Deckfrucht (Sorghum) für 1. Ertrag im Anlagejahr. Versuch zeigte in ersten drei Anbaujahren signifikante Ertragsvorteile, die aber mit der feuchten Witterung des Pflanzjahres zusammenhängen. Generell kann ein Anbau der Silphie unter Deckfrucht, vor allem in trockenen Lagen bzw. bei Gefahr von Frühsommertrockenheit, nicht empfohlen werden. In Anbetracht der langen Nutzungsdauer und der Höhe der Anlagekosten für die Silphie ist ein derart hohes Risiko bei der Bestandesetablierung abzulehnen [10]. Sudangras 'Sudu' und Hirse 'Frigo' zeigten ähnliche Ergebnisse [15].									
Pri- märq.	2	3,4,6,10,14	11,3	8	1	7	25	18	19	42	21,3637

2.5 Umweltverträglichkeit

Die Aussagen zur Umweltverträglichkeit sind in Tabelle 17 aufgeführt.

Aus Sicht des Grundwasserschutzes stellt sich der Silphie-Anbau äußerst günstig dar, da spätestens ab dem 2. Jahr kein Pestizideinsatz mehr stattfindet. Auch die Restnitratwerte in 0-90 cm Bodentiefe im Herbst vor der Auswaschungsperiode liegen ab dem 2. Jahr mit ca. 14 kg N/ha (Mittel 2010-2013 deutlich niedriger als unter einjährigen Biogaskulturen und Grünland. So wurde nach Mais im Mittel der Jahre 2009-2013 ein Restnitratgehalt von 54 kg N/ha gemessen. Auch in Anpflanzjahr lag der Restnitratgehalt unter Silphie bisher bei maximal 45 kg N/ha. Erfahrungen zur Nitratfreisetzung im Boden nach Umbruch eines Silphiebestandes liegen noch nicht vor, da alle Anlagen noch genutzt werden. Klar ist aber, dass nach einem Umbruch eine N-zehrende Kulturart angebaut und die N-Düngung deutlich reduziert werden muss [41].

Tabelle 17 Bewertung der Umweltwirkung

Quelle	TLL	Chrestensen	LTZ	LWK Ni	AELF Nö
Umweltwirkung	ganzjährige Bodenbedeckung, erosionsmindernd, gute Nektar und Pollenqualität, Förderung der Artenvielfalt	Produktivität von 0,35 mg Nektar/Blüte in 24 h entspricht Honigertrag von 150 kg/ha, hoher Pollenteil und kaum Kristallisation	lange Bodenbedeckung, vermutlich Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, positiver Beitrag zum Gewässerschutz ist mehrjährig zu prüfen, Verbesserung Agrobiodiversität (Bienenweide in Trachtlücke, Futter für andere Insekten)	Vorteile bei Imkern und positive Resonanz in der Bevölkerung, echte Alternative zu bekannten Kulturen auf zu Trockenheit neigenden Grenzstandorten, gerade in Bezug auf den Klimawandel in Ostdeutschland, aufgrund der niedrigen Restnitratwerte im Herbst förderungswürdig in Wasserschutzgebieten.	Bienenfutterpflanze, ökologisch wertvoll wegen der von Juli-September anhaltenden Blüte
Primärq.	3,10	11	1	7	19

2.6 Weitere noch nicht veröffentlichte Studien zum Thema

Universität Osnabrück: Optimierte Energiepflanzen- Anbausysteme zur nachhaltigen Biogaserzeugung- Upscaling der FuE-Ergebnisse zu neuen Kulturen und deren Implementierung (gefördert vom BMELV), Projektende 01/2015.

Institut für Biodiversität des Johann Heinrich von Thünen- Instituts: Agrarökologische Bewertung der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) als eine Biomasse der Zukunft, Projektende 02/2015. Ziel des Projekts ist die Bedeutung der Silphie im Agrarökosystem zu verstehen und zu bewerten. [Teilvorhaben 1](#) Erfassung und Quantifizierung der ober- und unterirdischen Biodiversität. [Teilvorhaben 2](#) Wasserhaushalt und Ökophysiologie.

Universität Hohenheim: Reaktionen der Energiepflanzen Sida und Silphie auf erhöhte Temperaturen, reduzierte Niederschläge und den "CO₂-Düngeeffekt". Projektende 09/2014.

Firma N. L. Chrestensen GmbH in Zusammenarbeit mit der Universität Bonn, Institut für Landtechnik und dem Thüringer Institut für Landwirtschaft: Neu geplantes Projekt zur Präzisierung der Einzelkornablage, ggf. Zuschlagsstoffe, Projektbeginn 2014.

Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, AGES: Projekt Bioenergy- Silphium mit dem Thema: Produktion nachwachsender Rohstoffe mit *Silphium perfoliatum* L. zur energetischen Verwertung in Österreich, Projektlaufzeit von 01.04.2012–31.03.2015.

Masterarbeit im Fachbereich Geoökologie an der Universität Bayreuth von Sebastian Dörner: Nitratretention am Beispiel der durchwachsenen Becherpflanze (*Silphium perfoliatum*, L.) unter Analyse der Wurzelbeschaffenheit.

3 Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse

Marktsituation, Bezugsquellen für Saatgut und Setzlinge (siehe S.5)

Die Marktsituation zur Beschaffung der Silphie stellt sich noch etwas einseitig dar. Durch die erst seit wenigen Jahren andauernde Förderung des Silphie- Anbaus bzw. deren erster Anbau im Versuchswesen hat der Markt noch keine Initiative ergriffen, so dass die N. L. Chrestensen GmbH eine Monopolstellung innehat und Pflanzen/Saatgut nur vereinzelt von Privatanbietern verkauft werden. Herrn Dr. Schreiber in der Bioenergieregion HOT sieht Chancen in der weiteren Heterosiszüchtung, da die bisherigen Züchtungsmöglichkeiten noch nicht ausgeschöpft wurden. Die Kostenangabe von nur 0,09 €/Pfl. der TLL [15] hat die TLL zum damaligen Zeitpunkt angegeben. Chrestensen selbst bietet Pflanzen erst ab 0,16 €/Pfl. an. Durchschnittliche Pflanzgutkosten liegen bei ca. 0,20 €/Pfl.

Standortansprüche (siehe S.8)

Insgesamt zeigten sich bei den Standorteigenschaften der verschiedenen Quellen dieselben Ergebnisse: Anbau der Silphie auch in ackerbaulichen Grenzlagen bis 600 m ü. NN, ab einer Ackerzahl von 25 mit einer guten Wasserversorgung von April bis Juni. Trockenphasen im Sommer übersteht die Silphie besser. Je besser die Böden, desto bessere Erträge ergeben sich.

Der einzige Unterschied zwischen den Standortansprüchen zeigte sich im Vergleich der Forschung aus Deutschland mit den USA hinsichtlich der Bodenansprüche. In den USA wird geraten die Silphie auf überflutungsgefährdeten Standorten anzubauen, um hier ihren Vorteil gegenüber Mais oder Alfalfa als Viehfutter zu nutzen. Dies mag sich aus einem Herkunftsvorteil der dortigen Linienzüchtung ergeben.

Die TLL hat an der Silphie Forschung einen großen Anteil. Deren Versuchsstandorte liegen mit Hauptanteil in Dornburg/ Thüringen. Dornburg [10] weist im Vergleich zu Bayreuth eine ähnliche Jahresmitteltemperatur, aber einen um 240 mm höheren Jahresnie-

derschlag auf. Die Hauptzuwachsraten der Silphie liegen im Mai [10]. Im Versuchsjahr 2010 fielen in Dornburg im Mai 114 mm Regen, während der langjährige Mittelwert im Mai in Bayreuth nur 50 mm beträgt. Diese Niederschlagsdifferenzen machen sich in den unterschiedlichen Ertragsniveaus deutlich.

Ergebnisse zu einer weitergehenden Forschung zu unterschiedlichen Herkunftszüchtungen stehen noch aus, sodass derzeit noch keine genaueren Standortansprüche für die jeweilige Herkunft definiert werden können. Bisher schnitt die russische Herkunft in Dornburg am besten ab.

Gründe die gegen eine Pflanzung auf Brache- und Splitterflächen an Waldrändern sprechen sind der mögliche Wildschweindruck. Dies wäre in einzelnen Fällen gesondert zu überprüfen.

Düngung (siehe S.6)

Die Düngermenge von ca. 1 kg N/dt TM wird durchweg geraten. Das Düngerniveau entspricht je nach Bodenart und erwartetem Ertrag der Erhaltungsdüngung auf Gehaltsklasse C. Die Werte entsprechen hierbei ungefähr: N 130-160 kg/ha, P 25-30 kg/ha, K 200-250 kg/ha, Mg 50-70 kg/ha, Ca 200-300 kg/ha (für 150 dt TM/ha), im Ansaatjahr sollte im März auf N-Sollwert gedüngt werden. Die N-Menge beeinflusst den Bestandesschluss. Es wird untersucht inwiefern die Ca- und Mg-Düngermenge Auswirkungen auf die Lagerneigung haben.

Die unterschiedlichen Institutionen sind sich über die Düngerart- organisch oder mineralisch- uneinig, wobei die Argumente des TLL für eine kombinierte bis rein organische Düngung durch ihre Untersuchungen überzeugender wirken, als eine rein mineralische. Je nach MDÄ des eigenen Wirtschaftsdüngers sollte die organische Düngung ausgebracht werden (30-50 m³). Der Standort entscheidet über das angewandte Düngeregime. Eine kombinierte Düngung ist dann erforderlich, wenn die Gaben für einzelne Nährstoffe unter den angegebenen Entzugswerten liegen.

Die Informationen zwischen KTBL und TLL unterscheiden sich hinsichtlich der Befahrbarkeit des Schlages. Das KTBL weist auf Beschädigungen der Schosstriebe hin und das TLL schreibt dass durch die gute Bewurzelung die Befahrung des Bodens gut möglich ist. Beide Aussagen treffen zu, wobei eher auf eine einmalige Befahrung des Ackers geachtet werden sollte.

Bodenbearbeitung (siehe S.11)

Hinsichtlich der Bodenbearbeitung müssen für die Silphie ähnliche Vorkehrungen wie für eine Sonderkultur getroffen werden, speziell auf Brache- und Splitterflächen. Die Informationen unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander. Auf schweren Böden sollte eine Herbstfurche und auf leichten Böden eher eine Frühjahrsfurche durchgeführt werden. Nach einer Winterzwischenfrucht empfiehlt sich einer Schälffurche. Wichtig sind eine feuchtigkeitsbewahrende Saatbereitung und die Schaffung eines feinkrümeligen Saat- bzw. Pflanzbetts.

Saatgut und Pflanzung (siehe S.15)

Das Saatgut der Silphie muss für einen optimalen Keimvorgang vorbehandelt werden. Zu den Vorbehandlungstechniken liegen unterschiedliche Herangehensweisen vor. Trölenberg et al. [13] scheint die besten Erfolge erzielt zu haben. Er realisiert eine vollständige Keimung bei wärmedosierten Wechseltemperaturen mit großer Amplitude (8/20 °C). Werden diese Keimbedingungen nicht realisiert, ist eine "Vorkühlung" (nicht unter -10 °C) hilfreich. Er stellt weiter fest, dass je älter das Saatgut ist desto höher der Anteil an totem Saatgut ist. Die Ergebnisse der Bachelor Arbeit [43] sind weniger praktikabel. In der Praxisanwendung [21] wurden sehr gute Keimungsraten mit einer Vorbehandlung im Eiskeller und Gewächshaus erzielt. Die örtlichen Gegebenheiten spielen für eine kostengünstige und gute Keimungsrate eine Rolle. Der einheitliche Feldaufgang der Silphie hat große Bedeutung für deren zukünftiges Aussaatpotential, da das Saatgut Wildpflanzencharakter besitzt. Die Pflanzung ist bisher das herkömmliche Verfahren.

Eine Versuchsmöglichkeit für eine Aussaat könnte mithilfe von Saatbändern probiert werden. Hierbei muss jedoch auf mechanische Pflege gesetzt werden. Auf leichten Böden kann dies mit Hackgeräten geschehen. Bei Aussaat sollte mit 2 kg Saatgut/ha gerechnet werden. Piliertes Silphie-Saatgut kann nicht verwendet werden, da die Piliierung für die Wildsämerei zu groß ist.

Informationsunterschiede ergaben sich beim Invasionspotenzial. In einem Keimungsversuch der LTZ (2011) wurde sowohl im Herbst als auch im Frühjahr erhöhter Feldaufgang festgestellt. Dies widerspricht den Ergebnissen der TLL, wobei deren Argument für „Kein Invasionspotenzial“ ggf. auf den botanischen Eigenschaften der Silphie (keine Rhizome) beruht. Allerdings betreut das TLL auch Praxisversuche. Kolja (2013) weist ebenso deutlich auf das mögliche Invasionspotenzial der Silphie hin [26]. Dies sollte weiter beobachtet werden.

Eine Bewässerung sollte aufgrund der hohen Kosten nur eingeplant werden, wenn die Witterung und die Bodenverhältnisse dies fordern. Besser ist den Pflanztermin den Gegebenheiten anzupassen, um sich diese Maßnahme sparen zu können. Bei der telefonischen Befragung zeigte sich, dass die Bewässerung nur bedingt einen Nutzen bringt. Allerdings stammt das Ergebnis nur von einer einzelnen Studie [6].

Der Pflanztermin sollte so früh wie möglich gewählt werden (Mitte Mai-Mitte Juni), damit der Reihenschluss früh erfolgt und der Unkrautdruck sinkt, sowie die Bodenfeuchte genutzt wird. Bei einer Saat sollte schon ab Mitte April bis Mitte Mai gesät werden. Ziel sind 2-4 Pfl./m², wobei der Reihenabstand (50-75 cm) an vorhandene Pflorgetechnik angepasst werden kann. Es wurden bereits erfolgreich 2 Pfl./m² angebaut, was aus wirtschaftlicher Sicht zu präferieren ist, aber je nach Standort gegenüber weiteren Risiken (Wasserverfügbarkeit, Unkrautdruck) abgewägt werden muss.

Das angewendete Saatgut sollte eine einheitliche Herkunft aufweisen, um den Feldaufgang zu vereinheitlichen.

Mechanische Pflege und Herbizide (siehe S.17)

Hinsichtlich des Pflanzenschutzes der Silphie im Etablierungsjahr ist zu beachten: Je mehr desto besser. Was an Schutz dort versäumt wurde, wirkt sich deutlich auf den Ertrag der Folgejahre aus und kann ab dem 2. Jahr nur noch sehr eingeschränkt durch Herbizide erfolgen. Herbizide haben auch nur dann Erfolg, wenn ausreichende Bodenfeuchte vorhanden ist. Auf leichten Böden bietet sich eine Hacke (z.B. Kress-Fingerhacke) an, während auf schweren Böden die chemische Lösung oder Relay-Intercropping bessere Handlungsmöglichkeiten bietet. Der Relay Anbau kann bei ausreichender Wasserverfügbarkeit zu verringertem Unkraut- Krankheits- und Erosionsdruck führen, wobei die erste Frucht vor der Silphie z.B. Klee nicht geerntet werden kann.

Verschiedenste Präparate können nach Beantragung einer Ausnahmegenehmigung angewandt werden. Die Zulassung für zwei Herbizide (Stomp Aqua, Boxer) steht an.

Im Gespräch ist auf schweren Böden auch ein Anbau unter Folie, ähnlich wie bei KUPs.

Oft wird ein Totalherbizid vor der Pflanzung angewendet, wobei ebenso auf eine Unkrautunterdrückende Vorfuchtwirkung z.B. Klee oder Futterroggen geachtet werden sollte. Versuche in Biberach [21] ohne chemische Anwendungen zu arbeiten funktionieren gut. Dort wird auf einen niedrigwachsenden Klee (Bergklee) als Vorkultur gesetzt in den mit einem umgebauten Sähgerät mit Schlitzen die Silphie gepflanzt wird.

Je nach Standort sollten die Maßnahmen (Herbizide VA, NA und Pflegegerät) angepasst werden.

Krankheiten und Schädlinge (siehe S.19)

Zu dieser Thematik liegen kaum Informationen vor, wobei für einen Sclerotinia Befall bei allen Quellen die gleichen Gegenmaßnahmen (schnelle Ernte) angeordnet werden. Die Bestände erholen sich wieder. Die wenigen Informationen könnten an der einseitigen Informationsgrundlage der TLL liegen. Die Information zu einer günstigen Vorfrucht (siehe Tabelle 6 + Tabelle 7) widerspricht sich jedoch hier mit den Angaben eines vor-

fruchtabhängigen Krankheitsdrucks. Generell sollte auf die Vorfrucht bzw. Nachbarkulturen geachtet werden. Dies bedeutet keine Raps- oder Buschbohnen- Vorfrucht.

Ertragliche Einbußen im Blick auf Pilze ergaben sich noch nicht.

Mit dem Silphie Bestand finden auch viele Nützlinge ein geeignetes Habitat vor und durch die wenigen Überfahrten wird ihr Habitat zusätzlich kaum beeinträchtigt. Dies dürfte ein Grund für den bisher nicht vorhandenen Krankheitsdruck sein.

Wildschweine könnten zu Problemen bei Waldstandorten werden. Sie fressen die Silphie zwar nicht, nutzen sie aber als Liege- und Wühlplatz und sind für den Jäger schwer auffindbar. Eine Möglichkeit um Wildschweinbefall vorzubeugen ist die Vorfrucht- Maisstängel, die von den Wildschweinen bereits umgelegt wurden gesondert herauszueggen, statt diese einzugrubbern [21].

Ernteverfahren (siehe S.20)

Das gängige Ernteverfahren erfolgt mit herkömmlichen Feldhäckslern. Die Schwierigkeit besteht allerdings in der Festlegung eines exakten Erntetermins in Bezug auf einen optimalen Methanertrag. Optimale TS-Gehalte unterscheiden sich selbst bei gleichen Autoren in unterschiedlichen Publikationen. Insgesamt könnte die Bedeutung des TS-Gehalts (26-28 %) mit Abweichungen von wenigen Prozent als nachrangig betrachtet werden.

Eine Orientierung des Erntetermins allein an Boniturmerkmalen ist nicht entscheidend. Hier ist weitere Forschung nötig, um präzise Angaben machen zu können. Zu späte Erntetermine führen zu Einbußen in der Gasausbeute. Der optimale Erntetermin (August-September) ist standort- und witterungsabhängig und muss in den kommenden Jahren bestätigt werden. Im Allgemeinen kann Silphie zusammen oder vor frühem Silomais geerntet werden. Bei einer zu späten Ernte reduziert sich die Methanausbeute.

Nach Auskunft des AELF Münchberg sollte die Silphie im Landkreis Hof etwas früher als Mais geerntet werden um Ertragseinbußen zu vermeiden.

Probleme bereitet auch das Häckseln durch die verzweigten Silphie-Blüten. Hier empfiehlt sich ein Seitenschneider am Feldhäcksler. Weitere Informationen bietet der Praktikeraustausch des AELF Nördlingen (siehe Tabelle).

Verwendung (siehe S.23)

In einer Internetquelle, die nicht zu Zitat Zwecken verwendet werden soll, werden spezielle Futteranwendungen von Silphie in Bezug auf Fütterungsmenge und Wachstumsstadium der Tiere angegeben.

Bei zukünftigen BLG-Versuchen soll Silphie als Cop (Pellet) an Milchvieh verfüttert werden. In den USA wird Silphie im Futterpflanzenanbau auf nassen Standorten geschätzt, wo Mais und Alfalfa keine Konkurrenz sein können. Die Anwendung als Silphie-Futter muss auf bestimmte Tiergruppen (Milchvieh) und Futtermenge (< 25 % Anteil) angepasst werden [37].

Die Silphie kann ein- und zweischnittig verwendet werden. Es liegen noch keine Angaben zu zweischnittigen Ernteterminen in Deutschland vor. In den USA wird sie vor der Öffnung der Blüten (Juni und September) geerntet.

Vorrangiges Ziel der Silphie-Verwendung liegt im Biogassubstrat.

Ernte- und Nachbehandlung (siehe S.22)

Das Siliergut muss ähnlich wie Mais behandelt werden. Das Verfahren scheint aufwendiger als bei Mais zu sein [28]. Bei TM-Gehalten von über 25 % tritt keine Sickersaftbildung ein. Für einen risikofreien Siliervorgang sollten handelsübliche Siliermittel zugegeben werden und bei einem geringen Flächenumfang kann dieser Vorgang zusammen mit Silomais erfolgen.

Wirtschaftlichkeit, Kosten, Erträge (siehe S.25)

Erste Praxisversuche zur Silphiesaat in 2012 verliefen vielversprechend [25]. Dies ist nötig, um den Silphie-Anbau unter ökonomischen Gesichtspunkten positiv erscheinen zu lassen, wobei hier noch forschungsbedarf besteht. Ganz speziell geht es dabei um die Vorbehandlung des Saatguts, um ihre Keimfähigkeit zu erhöhen und die mechanische Aussaat zu ermöglichen.

Eine Kosteneinsparung erfolgt auch durch die Anwendung betriebseigener organischer Dünger. Silphie wandelt auch sehr hohe N-Gaben in Biomasse um. Inwiefern dies ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist muss geprüft werden.

Die Pflanzung amortisiert sich laut TLL bei 12 Jahren Standzeit. Ein Anbau kann bei einer zweischnittigen Ernte auf mindestens 15 Jahre angeplant werden, wobei eine längere Nutzung wahrscheinlich scheint und dies die Wirtschaftlichkeit erhöht. Die laufenden Versuche der TLL zeigten keine Ertragseinbußen der Silphie bis 8 Jahre Standzeit.

Der Ertrag schwankt von 13 bis 18 t TM/ha mit einer um 10-15 % niedrigeren Methan- ausbeute gegenüber Mais (ca. 280 NI/kg oTS). Die Methan- ausbeute wird je nach Standort durch den höheren Silphie Ertrag kompensiert. Bei den Forschungsergebnissen der TLL wurde nur das beste Ertragsergebnis von drei verschiedenen Ernteterminen herangezogen und mit Mais verglichen. Dabei bereitet gerade die Bestimmung des optimalen Erntetermins noch Schwierigkeiten. Der Ertrag schwankt von besseren Böden (uL) bis zu schlechteren Böden (sL) auf Versuchsflächen um Bayreuth ebenso wie in Dornburg.

Zur wirtschaftlichen Berechnung wurde mit Saatgutkosten von 0,09 €/Pfl. gerechnet (TLL und KTBL). Nach Angaben von Züchtern im Juni 2014 liegt der Preis für Setzlinge allerdings im Schnitt bei 0,20 €/Pfl. was die wirtschaftlichen Berechnung verändert.

Die Silphie zählt laut Biogas Forum Bayern [31] zur ESK II des Erneuerbare-Energien- Gesetzes (EEG 2012) mit einer Vergütung von 0,08 €/kWh in Anlagen bis 5.000 kW. Durch das neue EEG ab 2014 werden alle Biogasrohstoffe einheitliche vergütet. Laut TLL [14] hat die Silphie aus rein wirtschaftlichen Gründen nur eine Anbauberechtigung wenn sie in ESK II gefördert wird. Frommhagen et al. [36] errechnet einen Mehrertrag

mit EEG Förderung von 1.150 €/ha gegenüber Mais (siehe Anhang). Es muss geprüft wie sich die Wirtschaftlichkeit des Silphie- Anbaus nach dem neuen EEG 2014 darstellt.

Bezüglich einer staatlichen Förderung von Silphie-Anpflanzungen hat sich das SMELF auf Anfrage von Herrn Dr. Gerstberger (Universität Bayreuth) geäußert, dass eine kulturartspezifische Förderung im Rahmen des KULAP aufgrund der EU-Vorgaben nicht möglich sei. Man habe die Richtlinien dahingehend geändert, dass der Anbau von mehrjährigen Energiepflanzen innerhalb der Maßnahmen A31 „Vielfältige Fruchtfolge“ und A62/63 „Emissionsarme Wirtschaftsdüngerausbringung“ dem von Mais zumindest gleichgestellt sei. Außerdem werden Silphie-Fläche im Gegensatz zu früher als förderfähig anerkannt. Dies gilt auch für die Ausgleichszulage, die in Oberfranken auch ab 2015 ausbezahlt werden wird.

Zum jetzigen Zeitpunkt wären Zuschüsse vom Staat für die Pflanzung förderlich.

Umweltverträglichkeit (siehe S.30)

Zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit sind nicht allein ökonomische Faktoren wichtig, sondern auch externe Kosten wie deren Umweltwirkung spielen eine Rolle. In dieser Hinsicht zeichnet sich die Silphie mit positiven Eigenschaften aus.

Eine abschließende und öffentlich zugängliche Studie zur Umweltverträglichkeit liegt noch nicht vor. Es lassen sich aber auch ohne aussagekräftige Studie wichtige positive Umweltwirkungen von Silphie herausstellen.

Dabei ist die langjährige Bodenbedeckung zu nennen, die auf der einen Seite die Humusbilanz und den Erosionsschutz fördert und zusätzlich eine höhere Artenvielfalt. Der Honigertrag wird mit 150 kg/ha angegeben. Durch den fehlenden Pestizideinsatz ab dem zweiten Standjahr und der guten Düngeraufnahme der tiefreichenden Silphiewurzeln wird ein wesentlicher Beitrag zum Gewässerschutz geliefert.

Einer zweischnittigen Ernte stellen sich mögliche negative Umweltwirkungen entgegen. So ist für viele Bodenbrüter ein Zweikultursystem ökologisch nicht positiv [36] und es würde kein Honigertrag anfallen.

Weitere aktuelle und gut zusammengefasste Informationen zur Silphie können der Broschüre der FNR „Energiepflanzen für Biogasanlagen“ [40] entnommen werden.

Wichtige Informationen wurden auch von Dr. Pedro Gerstberger und Josef Ott zusammengestellt und können im Internet unter dem Link www.becherpflanze.de abgerufen werden.

Die Eigenschaften der vorhandenen Quellen wurden in der folgenden Tabelle zusammengefasst, um deren Einschätzung hinsichtlich ihrer Ergebnisse zu verbessern. Die Sammlung reichte von Power Point Präsentationen bei Kongressen zu groß angelegten Versuchen mit einer ausreichenden Stichprobenanzahl zur Vergleichbarkeit.

Tabelle 18 Belastbarkeit der Quellen

Quelle	Belastbarkeit
1	Wissenschaftliche Publikation: Standortversuch, N- Düngerversuch, Versuch zur Optimierung der Bestandesdichte, Optimierung der Erntezeitpunkte bei der Krautnutzung
2	Große Informationssammlung
3	Flyer/ Anbautelegram: Zusammenfassung aller notwendiger Informationen, aktuellste Version von 2013
4	Poster
5	Power Point Folien eines einzelnen Betriebes
6	Power Point Folien zu einer telefonischen Befragung, Grafiken zum selbstausherten, wobei Darstellung der Grafiken nicht gut war, Stichzahlverteilung nicht aussagekräftig
7	40 LW mit ca. 1 ha Flächengröße, insgesamt 100 ha im Anbau
8	Wissenschaftliche Publikation: Zusammenstellung der Informationen mit Projektpartnern
9	Wissenschaftliche Publikation
10	Wissenschaftliche Publikation 2013
11	Gemeinschaftsbroschüre von Chrestensen und der TLL: Allgemeine Silphie Informationen entsprechen der TLL Grundlage, Chrestensen erweitert Saatgut und Züchtungsfragen
12	Power Point Folien
13	Wissenschaftliche Publikation
14	Power Point Präsentation für einen Vortrag für Bioenergie- Tag von Dr. Vetter des TLL am 28.02.12
15	Wissenschaftliche Publikation 2010, allerdings neuere Ergebnisse bei [10]
16	Plakat in Zusammenarbeit von der TLL und Chrestensen verm. auf Basis der Ergebnisse aus [10,15], Grafiken tlw. übernommen

Tabelle 18 Belastbarkeit der Quellen (Fortsetzung)

Quelle	Belastbarkeit
17	Gleiches Eigenschaften wie 3, aus dem Jahr 2012
18	Medienmitteilung
19	Informationssammlung auf Grundlage des FNR, TLL [15], Chrestensen, Fachverband Biogas, LW Lehranstalt Triesdorf
20	private Internetseite
21	private Internetseite, zusammenfassende gute Informationssammlung deren Ursprung nicht gekennzeichnet ist, zusätzliche eigene Praxiserfahrung
22	Internetquelle, Verkaufsseite, gleicher Inserat wie [21]
23	Homepage Regensburger Energie- und Wasserversorger
24	Informationssammlung 2013
25	Kein wissenschaftlicher Versuch
26	Wissenschaftliche Publikation
27	Wissenschaftliche Publikation
28	Power Point Präsentation auf Grundlage wissenschaftlicher Forschung des Deutschen Biomasseforschungszentrum
29	Zeitungsartikel
30	Informationswerk zu PSM des Landes Bayern
31	Homepage des Biogas Forum: Expertengremium und Plattform zum Informations- und Wissenstransfer der Biogaserzeugung
32	Informationen zu den DLG Feldtagen 2014, Stand der FNR
33	Homepage von EVA Verbund, Ansprechpartner des Artikela A. Biertümpfel des TLL
34	Zusammenfassende Ergebnissammlung
35	Wissenschaftliche Publikation
36	Wissenschaftliche Publikation
37	Interview mit einem Wissenschaftler der Universität Wisconsin, 2007
38	Wissenschaftliche Literaturrecherche 1990
39	Praxisdemonstration 2014
40	Informationssammlung 2013
41	Unveröffentlichte Untersuchungen der GeoTeam GmbH
42	Internetlink der FNR
43	Bachelor Arbeit

4 Fazit und Ausblick

Der Weiterführende Anbau der Durchwachsenen Silphie hängt von unterschiedlichen Faktoren und weiterer Forschung ab.

Dabei geht es hauptsächlich um die praxisorientierte Aussaat mit Sämaschinen und der damit verbundenen effizienten Pflanzenschutzmittelentwicklung- und Genehmigung. Des Weiteren muss die Züchtung auf biomasse- und methanreiche Sorten erfolgen, die mechanisch bzw. kostengünstig vermehrt werden können.

Weitere offene Fragen zu diesem Thema sind eine mögliche Herbstaussaat, die tatsächliche Umweltverträglichkeit und eine Optimierung der Erträge (Erntetermin).

Hauptforschungsanteil trägt die TLL. Die dort bereits gesammelten Daten müssen in den kommenden Jahren weiter abgesichert werden. Weitere Forschungsvorhaben an neuen Standorten trügen zu einer verbesserten Einschätzung des Silphie-Anbaus bei.

Es zeigt sich, dass der Anbau der Silphie je nach Standort unterschiedlich durchzuführen ist.

Um die wirtschaftlichen Vorteile zu nutzen sollte ein 15-jähriger Anbau angestrebt werden, was im Rückschluss bedeutet dass die langjährige Pacht gesichert sein muss.

5 Literatur- und Quellenangaben

- 1 Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (2012): Erste Versuchsergebnisse mit der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) in Baden Württemberg, Nachwachsende Rohstoffe, Tabak, LTZ Augustenberg- Rheinstetten- Forchheim, Ref. 11 Allgemeiner Pflanzenbau.
- 2 Gerstberger, P. (2014): Praxishinweise für die Kultur der Becherpflanze, *Silphium perfoliatum*, Bioenergieregion Bayreuth.
www.bioenergieregion-bayreuth.de
- 3 Biertümpfel, A. (2013): Anbautelegramm Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.), Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, März 2013.
<http://www.tll.de/ainfo/>
- 4 Biertümpfel, A. (2013): Durchwachsene Silphie- Bestandesetablierung durch Saat, Verbundprojekt Erhöhung des LeistungsPotenzials und der Konkurrenzfähigkeit der Durchwachsenen Silphie als Energiepflanze durch Züchtung und Optimierung des Anbauverfahrens, Teilvorhaben 2 Optimierung des Anbauverfahrens und Bereitstellung von Selektionsmaterial, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft , Oktober 2013.
<http://www.chrestensen.de/downloads-zur-silphie.html>
- 5 Knust, S. (2011): Erfahrungsbericht Pflanzung, Biogas und Landwirtschaft Detering, Wagenfeld Power Point Präsentation.
<http://www.tll.de/ainfo/pdf/rapstag/sil30113.pdf>
- 6 Conrad, M., Biertümpfel, A., Rudel, H. (2012): Ergebnisse der telefonischen Befragung von Praxisanbauern der Durchwachsenen Silphie 2010- 2012, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Referat Nachwachsende Rohstoffe.
<http://www.tll.de/ainfo/pdf/rapstag/sil20113.pdf>
- 7 Wilken, F., Benke, M. (2013): Durchwachsene Silphie in Niedersachsen, Landwirtschaftskammer Niedersachsen.
<http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/74/article/21404.html>
- 8 KTBL Datensammlung (2012): Energiepflanzen- Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, 2. Auflage.
<https://www.ktbl.de/inhalte/themen/energie/themen/alternative-energietraeger/>
- 9 Biertümpfel, A., Reinhold, G., Götz, R., Zorn, W. (2013): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung Durchwachsener Silphie, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 1. Auflage, September 2013.
http://www.tll.de/ainfo/pdf/ll_silphie.pdf
- 10 Biertümpfel, A., Conrad, M. (2013): Verbundprojekt Erhöhung des LeistungsPotenzials und der Konkurrenzfähigkeit der Durchwachsenen Silphie als Energiepflanze durch Züchtung und Optimierung des Anbauverfahrens, Teilvorhaben 2 Optimierung des Anbauverfahrens und Bereitstellung von Selektionsmaterial, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Juni 2013.
<http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22012809.pdf>
- 11 N. L. Chrestensen (2012): Anleitung für die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*), Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GmbH seit 1867, Dezember 2012.
http://www.chrestensen.de/downloads-zur-silphie.html?file=files/chrestensen/Downloads/Silphie-Downloads/Silphie_Anbauanleitung_2013.pdf

- 12 Schwerpunkte zum Niedersächsischen- Thüringer Silphietag am 14.01.2013: Stand der Jungpflanzen- und Saatgutproduktion der Durchwachsenen Silphie, TLL, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, N.L. Chrestensen Power Point Präsentation.
<http://www.tll.de/ainfo/pdf/rapstag/sil60113.pdf>
- 13 Trölenberg, S. D., Kruse, M., Jonitz, A. (2012): Verbesserung der Saatgutqualität bei der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.), VDLUFA- Schriftenreihe 68, Kongressband, Saatgut, S.926 ff.
http://www.vdlufa.de/download/KB2012_print-14-12-12.pdf
- 14 Vetter, A., Reinhold G. (2012): Energiepflanzenanbau- welche Stimuli setzt die novellierte Biogasverordnung für den Substratanbau- Pflanzenbauliche Aspekte, 18. Thüringer Bioenergietag in Jena, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Power Point Präsentation.
<http://www.tll.de/ainfo/pdf/biotag/bt040212.pdf>
- 15 Vetter, A., Conrad M., Biertümpfel, A. (2010): Optimierung des Anbauverfahrens für Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) als Kofermentpflanze in Biogasanlagen sowie Überführung in die landwirtschaftliche Praxis, Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, Juli 2010.
<http://www.tll.de/ainfo/pdf/silp0111.pdf>
- 16 Biertümpfel, A., Conrad, M., Blüthner, W.-D. (2011): Durchwachsene Silphie- Anbauoptimierung und Züchtung, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft und N. L. Chrestensen GmbH Plakat.
<http://www.chrestensen.de/downloads-zur-silphie.html>, Silphie Plakat-Aussaat Okt13
- 17 TLL (2012): Anbautelegramm für Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.), Thüringer Zentrum Nachwachsende Rohstoffe der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, März 2012.
<http://www.tll.de/ainfo>
- 18 Medienmitteilung der Universität Bayreuth (2012): Biogas aus Becherpflanzen, Nr. 257, 23.08.2012.
- 19 Heidecker, B., Loy, S. (2012): Anbauinformationen neue Energiepflanzen, Amt für Ernährung; Landwirtschaft und Forsten Nördlingen, Fachzentrum für Diversifizierung und Strukturentwicklung, Dezember 2012.
- 20 <http://silphie.info/>
- 21 <http://energree.npage.de/energiepflanzen/silphium-perfoliatum.html>
- 22 <http://www.markt.de/baden-wuerttemberg/nutzpflanzen/jungpflanzen+von+silphium+perfoliatum+zu+verkaufen/absIndex,1/categoryId,1008040700/keywords,silphie/rView,list/recordId,8eafaca1/expose.htm>
- 23 [http://www.rewag.de/no_cache/presse/presse/pressearchiv-2013/einzel/article/pilotprojekt-die-energiepflanze-silphie.html?cHash=99d4dbe8a3f28eac2bd9b214a30c9ef4&sword_list\[0\]=silphie](http://www.rewag.de/no_cache/presse/presse/pressearchiv-2013/einzel/article/pilotprojekt-die-energiepflanze-silphie.html?cHash=99d4dbe8a3f28eac2bd9b214a30c9ef4&sword_list[0]=silphie)
- 24 Aktueller Pflanzenbaurat, 1. Kalenderwoche 2013, Thüringer Institut für Landwirtschaft
http://www.tll.de/ainfo/apr_info/pdf/apbr2013.pdf
- 25 Gülzower Fachgespräche, Band 45, 4. Symposium Energiepflanzen, 22.-23.Oktober 2013 in Berlin.
http://veranstaltungen.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/Energiepflanzenkongress_2013/Brauckmann_23.10.13_01.pdf
- 26 Kolja, S (2013): Kompatibilität von Ertragsoptimierung und naturschutzfachlichen Zielen im Energiepflanzenbau, Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 25, S. 72-73 Nürtingen.

- <http://www.gpw.uni-kiel.de/de/jahrestagung/tagungsbaende/tagungsband-2013>
- 27 Stockmann, F., Fritz, M. (2013): Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 25, S. 146-147, Nürtingen.
- <http://www.gpw.uni-kiel.de/de/jahrestagung/tagungsbaende/tagungsband-2013>
- 28 Glowacki, R. (2011): Vorstellung alternativer Substrate für die Biogasproduktion, DBFZ.
- http://www.dsihk.sk/fileadmin/ahk_slowakei/Dokumente/Projekte/EE/Biomasse_2013/11_Glowacki_DE.pdf
- 29 [http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_BJ-05-2013/\\$file/Biogas_5_2013_76-80_Durchw.%20Silphie.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_BJ-05-2013/$file/Biogas_5_2013_76-80_Durchw.%20Silphie.pdf)
- 30 Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Bayreuth (2013): Integrierter Pflanzenbau, Versuchsergebnisse und Beratungshinweise, Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, 50. Jahrgang.
- <http://www.aelf-au.bayern.de/pflanzenbau/38072/index.php>
- 31 <http://www.biogas-forum-bayern.de/energiepflanzen/steckbriefe-neue-und-wiederentdeckte-energiepflanzenarten/durchwachsene-silphie>
- 32 <http://www.dlg-feldtage.de/deutsch/aktuell/aktuelles/?detail/feldtage2014/17/1/6756>
- 33 <http://www.eva-verbund.de/themen/fruchtarten/durchwachsene-silphie.html>
- 34 Conrad, M, Biertümpfel, A., Rudel, H. (2013): Durchwachsene Silphie als neue Biogaspflanze, Versuchsergebnisse, Anbauempfehlungen, Praxisanbau, Thüringische Landesanstalt für Landwirtschaft, Referat Nachwachsende Rohstoffe, Oberfränkischer Imkertag 2013.
- http://www.imker-kreisverband-bamberg.de/fileadmin/daten_30000/Bezirksverband/conrad_oit_0303131.pdf
- 35 Rukulta (2013): Standortangepasster Anbau von Biomasse auf schwermetallkontaminierten Arealen der Region Freiberg unter Nutzung bewährter Anbausysteme auf Bergbaufolgelandschaften der Region Chomutov- Begleitstudie zum Anbauversuch im Rahmen des Ziel 3 Projektes ‚RekultA‘, Endbericht, Verein zur Förderung von Biomasse und Nachwachsenden Rohstoffen Freiberg e.V., Dezember 2013.
- http://www.rekulta.org/fileadmin/downloads/Ziel3-Projektstatus/Anbauversuche/FINAL_Anbaustudie_RekultA_02.pdf
- 36 Frommhagen, K., Denner, M., Syrbe, R.-U., Neitzel, H. (2013): Nachhaltige Nutzung von Energiepflanzen für eine regionale Entwicklung im Landkreis Görlitz-Ein Handlungsleitfaden, Internationales Begegnungszentrum St. Marienthal.
- http://www.loebestein.de/documente/Handlungsleitfaden_web.pdf
- 37 Behling, A (2007): Cup Plant almost cuts it.
- http://hayandforage.com/mag/farming_cup_plant_almost
- 38 Stanford, G. (1990): Silphium perfoliatum (cup- plant) as a new forage, Proceedings of the 12th North American Prairie conference 1990, Dallas.
- 39 Bioenergieregion Bayreuth (2014): Erfahrungsaustausch für Energielandwirte, Unkrautbekämpfung bei Dauerkulturen, 26.06.2014.
- 40 Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (2013): Energiepflanzen für Biogasanlagen, S. 36-39, Gülzow- Prützen, 11/2013.
- 41 Geo Team (2014): Bodenuntersuchungsergebnisse 2010-2013 aus Wasserschutzgebieten in Oberfranken im Auftrag der Wasserversorgungsunternehmen, unveröffentlicht.
- 42 <http://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen/>

- 43 Übelmesser, R. (2013): Versuche zur Keimungsoptimierung von Achänen der Bioenergiepflanze *Silphium perfoliatum* (Asteraceae), Bachelor Arbeit an der Fakultät Biologie, Chemie und Geowissenschaften, Universität Bayreuth, Bayreuth, 10/2013.

Im Projekt EVA testeten die Forscher vielfältige neue Energiepflanzenfruchtfolgen in elf typischen Anbau-
regionen in Deutschland. Die Ergebnisse wurden in den Broschüre „Energiepflanzen für Biogasanlagen“
veröffentlicht. Es gibt acht bundesländerspezifische Regionalausgaben der Broschüre.

6 Abkürzungsverzeichnis

AK- Arbeitskraft
BB- Bodenbearbeitung
Bioenergier.- Bioenergieregion
Bt- Bayreuth
Ca- Calcium
CH₄- Methan
DB- Deckungsbeitrag
evtl.- eventuell
dt- Dezitonne
ESK II- Einsatzstoffvergütungsklasse II
ha- Hektar
HOT- Bioenergieregion Hohenlohe- Odenwald- Tauber GmbH
K- Kalium
kg- Kilogramm
KTBL- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
KUP- Kurzumtriebsplantagen
LTZ- Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg
LWK Ni- Landwirtschaftskammer Niedersachsen
m³- Kubikmeter
MDÄ- Mineraldüngeräquivalente
Mg- Magnesium
mg- Milligramm
Mio.- Millionen
N- Stickstoff
n.b.- nicht bekannt
NA- Nachauflauf
Nds.- Niederschlag
Nö- Nördlingen
o.g.- oben genannt
oTS- organische Trockensubstanz
P- Phosphor
Pfl.- Pflanzen
Primärq.- Primärquellen
Relay Intercropping- Aufeinanderfolgender Anbau von 2 Feldfrüchten auf einem Feld
S- Schwefel
sL- sandiger Lehm
t- Tonne
TLL- Thüringer Institut für Landwirtschaft
TM- Trockenmasse
uL- schluffiger Lehm
VA- Voraufbau
Vgl.- Vergleich

7 Anhang

Tabelle 19 Leistungen und Direktkosten des Silphie- Anbaus [8]

Leistungs- /Kostenart	Einheit	Menge Einheit/ha	Preis€/Einheit	Betrag €/ha
Anpflanzjahr				
Summe Leistungen				0,00
Saatgut	U	2	670,00	1.340,00
KAS	kg	370	0,31	114,70
PK 16-16	kg	300	0,29	87,00
Wasser (Pflanzen- schutz)	m ³	1,2	2,50	3,00
Zinskosten (3 Monate)	€/a	386,18	0,04	15,45
Summe Direktkosten				1.560,15
Direktkostenfreie Leistung				-1.560,15
Erntejahr				
Durchwachsene Silphie, 28 % TM (frei Silo, gehäck- selt)	t	55	20,00	1.100,00
Summe Leistungen				1.100,00
KAS	kg	150	0,31	46,50
Kalk	t	1	56,00	56,00
Gärrest	m ³	60	0,00	0,00
Zinskosten (3 Monate)	€/a	25,63	0,04	1,03
Summe Direktkosten				103,53
Direktkostenfreie Leistung				996,47
Rekultivierung				
Summe Leistungen				0,00
Herbizide	pauschal			30,00
Wasser (Pflanzen- schutz)	m ³	0,3	2,50	0,75
Zinskosten (3 Monate)	€/a	7,69	0,04	0,31
Direktkostenfreie Leistung				-31,06

Tabelle 20 Wirkungsspektren der einzelnen PSM [11]

Art	Roundup	Stomp Aqua	Boxer	Butisan	Basagran	Fusilade
	NA bis 3 Tage vor Pflanzung	VA	VA	VA	NA	NA
		Einsetzbar ca. 5-7 Tage nach Silphiepflanzung				
Fuchschwanz	X	X	X	X		
Hellerkraut	X	X	X		X	
Windhalm	X	X	X	X		X
Hohlzahn	X	X	X	X		
Amarant	X	X		X		
Einj. Rispe	X	X	X	X		
Ehrenpreis	X	X		X		
Gänsefuß	X	X	X			
Franzosenkraut	X		X	X		
Hirsearten	X			X		X
Hederich	X	X	X		X	
Hirtentäschel	X	X	X	X	X	
Kamille	X	X		X	X	
Klettenlabkraut	X	X	X		X	
Melde	X	X				
Mohn	X			X		
Taubnessel	X	X	X	X		
Vogelmiere	X	X	X	X	X	
Schwarzer Nachtsch.	X	X	X	X		
Senf	X	X	X		X	
Gänsedistel	X			X		
Gräser	X					X
Ausfallgetreide	X					X

Tabelle 21 Ertragsvergleich bei 20 ha Schlaggröße bei mittlerem Ertrag [36]

Kultur	Vergl.	einjährige				Winterzwischenfrüchte / Überjährig			mehrjährige Kulturen				
		Mais	Zuckerhirse	Sudan-gras	Klee-Gras-Silage	GPS Wi-roggen	GPS Wi-weizen	GPS Triticale	DGL ökolog-isch	DGL	Topi-nambur 4 Jahre	Durchw. Silphie 11 Jahre	Wildpfl.-mischg. 5 Jahre
Mengenertrag	dt/ha	440	600	490	314	220	352	352	202	251	428	607	400
(Trockenmasse)	dt/ha	154	132	132	110	77	123	123	71	88	124	170	120
Diff. zu Mais	%		-14	-14	-29	-50	-20	-20	-54	-43	-19	10	-22
Methanertrag in	m ³ /t FM	106	80	80	93	75	103	75	93	93	78	90	0
Methanertrag in	m ³ /ha	4.664	4.800	3.920	2.920	1.650	3.626	2.640	1.879	2.334	3.338	5.464	3.400
Diff. zu Mais	%		3	-16	-37	-65	-22	-43	-60	-50	-28	17	-27
Energieertrag	kWh/ha	46.640	48.000	39.200	29.202	16.500	36.256	26.400	18.806	23.368	33.384	54.643	34.000
Energieertrag ¹	Kwh _{el} /ha	17.723	18.240	14.896	11.097	6.270	13.777	10.032	7.146	8.880	12.686	20.764	12.920
Diff. zu Mais	%		3	-16	-37	-65	-22	-43	-60	-50	-28	17	-27
Vergütung durch EEG bis 500 kWh, gesamt.		18,30 ct/kWh							20,30 ct/kWh				
Erlös	€/ha	3.243	3.338	2.726	2.031	1.147	2.521	1.836	1.451	1.803	2.575	4.215	2.623
Diff. zu Mais	€/ha	0	95	-517	-1213	-2096	-722	-1407	-1793	-1441	-668	972	-621

Tabelle 22 Richtwerte der Herstellungskosten für die Silphie-Pflanzung [10]

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	3600	3600	
	Düngemittel	€/ha	100	100	
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	242	242	
	Konservierung	€/ha	0	0	
	Summe	€/ha	3942	3942	
Arbeits erledigungs-kosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	55	55	
	Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	50	50	
	Kraft- u. Schmierstoffe	€/l	0,95	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	
Summe	€/ha	904	904		
Arbeits erledigung inkl. Leitung u. Verwaltung	Summe	€/ha	1000	1000	
Kosten für Zahlungs-an-sprüche		€/ha			
Flächenkosten	Pacht	€/BP	BP	45	55
		3,1	€/ha	140	171
Sonstige	Berufsgenossenschaft	€/ha	6	6	
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55	
	Summe	€/ha	61	61	
Summe Kosten		€/ha	5142	5173	
		€/dt _{TM}	0,0	0,0	
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklie-ferung		€/ha	5142	5173	
		€/dt _{TM}	0,0	0,0	
Flächenzahlungen dar. Zahlungsan-sprüche 336 10 % Mod.		€/ha	302	302	
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung. u. Flächenzahlungen		€/ha	4840	4871	
		€/dt _{TM}	0,0	0,0	
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlung u. Nutzungskosten		€/ha	5040	5071	
Gewinnbeitrag von Marktfrüchten 200		€/ha	200	200	
50% Sachanl. 60% var.Ko+Pers.		€/dt _{TM}	0,0	0,0	
Kapitalbindung		€/ha	3394	3394	
Zinsansatz	3,5%	€/ha	119	119	
Herstellungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung. u. Zinsansatz		€/ha	5159	5190	
Nutzungsdauer		Jahre	10	10	
Zinsaufwand	5%	€/ha	129	130	
Tilgung		€/ha	516	519	
Aufwand Plantagenerrichtung (abgezinst)		€/ha	645	649	

Tabelle 23 Richtwerte der Herstellungskosten für die Silphie-Saat [10]

Position		ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag
Jahresertrag Trockenmasse zur Ernte		dt _{TM} /ha	0	0
Futtermittel frei Krippe bzw. Maul		dt/ha	0	0
Direktkosten	Saatgut	€/ha	1700	1700
	Düngemittel	€/ha	100	100
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	257	257
	Konservierung	€/ha	0	0
	Summe	€/ha	2057	2057
Arbeiterledigungs-kosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	76	76
	Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	58	58
	Kraft- u. Schmierstoffe	€/ha	55	55
	Maschinenvermögen	€/ha	1284	1284
	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
	Summe	€/ha	686	686
Arbeiterledigung inkl. Leitung u. Verwaltung	Summe	€/ha	880	880
Kosten für Zahlungsansprüche		€/ha		
Flächenkosten	Pacht	€/BP	BP	45
		3,1	€/ha	140
				171
Sonstige	Berufsgenossenschaft	€/ha	6	6
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55
	Summe	€/ha	61	61
Summe Kosten		€/ha	3138	3169
		€/dt _{TM}	0,0	0,0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung		€/ha	3138	3169
		€/dt _{TM}	0,0	0,0
Flächenzahlungen	dar. Zahlungsansprüche	€/ha	302	302
	336 10 % Mod.			
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung u. Flächenzahlungen		€/ha	2836	2867
		€/dt _{TM}	0,0	0,0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlung u. Nutzungskosten		€/ha	3036	3067
	Gewinnbeitrag von Marktfrüchten	€/dt _{TM}	0,0	0,0
	200 €/ha 200 €/ha			
Kapitalbindung	50 % Sachanl.	€/ha	2342	2342
	60 % var.Ko+Pers.	€/ha		
Zinsansatz	3,5 %	€/ha	82	82
Herstellungs- inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz		€/ha	3118	3149
Nutzungsdauer		Jahre	10	10
Zinsaufwand	5 %	€/ha	78	79
Tilgung		€/ha	312	315
Aufwand Plantagenerrichtung (abgezinst)		€/ha	390	394