

Abschlussbericht

Verbundvorhaben: Silphie - Anbauoptimierung, Sätechnik und Züchtung

Teilvorhaben 1: Verbesserung des Anbauverfahrens unter Einbeziehung optimierter Sätechnik, Betreuung des Praxisanbaus und Prüfung von Selektionsmaterial, Gesamtkoordination

Projekt-Nr.: 99.29

FKZ: 22027012

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Langtitel: **Verbundvorhaben: Silphie - Anbauoptimierung, Sätechnik und Züchtung**
Teilvorhaben 1: Verbesserung des Anbauverfahrens unter Einbeziehung optimierter Sätechnik, Betreuung des Praxisanbaus und Prüfung von Selektionsmaterial, Gesamtkoordination

Kurztitel: Anbauoptimierung Silphie

Projektleiter: Dipl.-Ing. agr. Andrea Biertümpfel

Abteilung: Landwirtschaftliche Erzeugung, Gartenbau und Bildung

Abteilungsleiter: Dr. Frank Augsten

Laufzeit: 01.01.2015 bis 15.10.2018

Auftraggeber: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. als Projektträger des BMEL

Bearbeiter: B. Sc. Johannes Köhler

Eingereicht im Dezember 2018 bei der FNR

Veröffentlichungstermin: 21.10.2019



Peter Ritschel
(Präsident)



Andrea Biertümpfel
(Projektleiter)

Copyright:

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

Inhaltsverzeichnis

I	Ziele	5
I.1	Aufgabenstellung	5
I.2	Planung und Durchführung des Vorhabens	6
I.2.1	Anbautechnische Versuche	6
I.2.2	Praxisversuche	9
I.2.3	Gewächshaus- und Laborversuche	10
I.2.4	Weitere Untersuchungen	11
I.2.5	Ökonomische Bewertung des Anbaus	11
I.3	Wissenschaftlich-technischer Stand, an den anknüpft wurde	11
I.4	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	11
II	Ergebnisse	12
II.1	Erzielte Ergebnisse	12
II.1.1	Anbautechnische Versuche	12
II.1.1.1	Einfluss des Erntetermins bei langjähriger Nutzungsdauer	12
II.1.1.2	Herkunftsprüfungen	14
II.1.1.3	Prüfung von Zuchtmaterial	22
II.1.1.4	Prüfung in-vitro-vermehrter Einzelpflanzen	23
II.1.1.5	Organisch-mineralische Düngung	24
II.1.1.6	Anbau unter Deckfrucht Mais	25
II.1.1.7	Standortvergleich Durchwachsene Silphie bei Saat und Pflanzung	27
II.1.1.8	Prüfung unterschiedlicher Aussaatvarianten	29
II.1.1.9	Prüfung der Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden	32
II.1.2	Praxisversuche	39
II.1.2.1	AP Ludwigshof 2009 bis 2018	39
II.1.2.2	Praxisversuch 2015	39
II.1.2.3	Praxisversuche 2016	41
II.1.2.4	Praxisversuche 2017	45
II.1.3	Gewächshaus- und Laborversuche	54
II.1.3.1	Prüfung von vorbehandeltem Saatgut	54
II.1.3.2	Laborversuch zur Ermittlung der optimalen Keimtemperatur	57
II.1.4	Weitere Untersuchungen	58
II.1.5	Ökonomische Bewertung des Anbaus	60
II.1.5.1	Etablierung durch Pflanzung	61
II.1.5.2	Etablierung durch Saat	64
II.1.5.3	Etablierung durch Saat unter Deckfrucht Mais	67
II.2	Verwertung	69
II.3	Erkenntnisse von Dritten	70
II.4	Veröffentlichungen	72
III	Zusammenfassung	75

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	TM-Ertrag von Durchwachsener Silphie im Vergleich zu Silomais, VS Dornburg und Heßberg 2005 bis 2018	14
Abbildung 2:	TM-Erträge unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie an verschiedenen Standorten, Mittel der Jahre 2008 bis 2017	17
Abbildung 3:	TM-Ertrag der geprüften Herkünfte relativ zum Versuchsmittel, VS Dornburg 2014 bis 2018	18
Abbildung 4:	Methanausbeute der geprüften Herkünfte, VS Dornburg 2014 bis 2017	19
Abbildung 5:	Methanertrag der geprüften Herkünfte, VS Dornburg 2014 bis 2017	20
Abbildung 6:	Versuch nach der Maisernte, Reinsaat rechts, VS Dornburg 2015 (Foto: TLL)	26
Abbildung 7:	Relativerträge der Saatvariante im Vergleich zur Pflanzung im Mittel der Erntejahre, VS Rheinstetten-Forchheim und Aholting, 2014 bis 2016, Eichhof und Dornburg 2014 bis 2018	29
Abbildung 8:	Feldaufgangsraten (%) der unterschiedlichen Saatgutvarianten in Abhängigkeit der verwendeten Sätechnik, VS Dornburg 2016	30
Abbildung 9:	Pflanzen/m ² in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Saattiefe, VS Dornburg 2017	31
Abbildung 10:	Pflanzen/m ² in Abhängigkeit von der Saatgutvariante, VS Dornburg 2017	31
Abbildung 11:	Silphie im 1- bis 2-Blattstadium unter Mais (Foto: TLL)	42
Abbildung 12:	Drillsaat Haus Düsse, 22.07.2016(Foto: TLL)	43
Abbildung 13:	Einzelkornsaat Haus Düsse 20.07.2016 (Foto: TLL)	43
Abbildung 14:	Einzelkornsaat Silphie nach Maisernte, Haus Düsse 20.10.2016 (Foto: TLL)	44
Abbildung 15:	Bestand unter Hitzestress (Juni) (Foto: Dietrich Schmidt)	46
Abbildung 16:	Bestand nach der Maisernte am 12.09.2017 (Foto: TLL)	46
Abbildung 17:	Detailaufnahme am 22.06.2018 (Foto: TLL)	48
Abbildung 18:	Bestand am 22.06.2018 im 1. Erntejahr (Foto: TLL)	48
Abbildung 19:	Bestand zu Vegetationsende am 22.11.2017 (Foto: TLL)	50
Abbildung 20:	Bestand am 31.08.2018, ca. 2 Monate nach dem 1. Schnitt (Foto: TLL)	50
Abbildung 21:	Silphiebestand unter Maisdeckfrucht am 25.07.2017 (Foto: TLL)	51
Abbildung 22:	Bestand kurz vor der Ernte (Foto: TLL)	52
Abbildung 23:	Coating-Varianten im Vergleich zur Saatware NLC (Foto: TLL)	54
Abbildung 24:	Aufgangsraten (%) der geprüften Saatgutchargen bei unterschiedlichen Ablagetiefen, Gewächshausversuch Dornburg 2015	55
Abbildung 25:	Aufgangsrate von Durchwachsener Silphie in Abhängigkeit von Saatgutbehandlung und Ablagetiefe, Gewächshausversuch 2017	56
Abbildung 26:	Keimraten (%) von Silphie-Saatware in Abhängigkeit von der Temperatur, Laborversuch Jena 2016	57
Abbildung 27:	Keimraten (%) von Silphie in Abhängigkeit von der Temperatur, Mittel dreier Saatgutchargen, Laborversuch Jena 2016	58

I Ziele

I.1 Aufgabenstellung

Gemäß den Plänen der Bundesregierung soll der Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland kontinuierlich weiter fortgesetzt werden, um perspektivisch den Hauptanteil an der Energieversorgung zu übernehmen. Eine wichtige Bedeutung zur Erreichung dieser Ziele kommt nach wie vor der Bioenergie zu. Potenziale, Ziele und Strategien in diesem Bereich wurden im Nationalen Biomasseaktionsplan festgeschrieben und in einer Reihe von Gesetzen und Verordnungen, wie z. B. dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), geregelt. Eine große Rolle innerhalb der Bioenergie spielt die Biogaserzeugung. Im Jahr 2017 existierten deutschlandweit ca. 8.700 Biogasanlagen, in denen pflanzliche Substrate von knapp 1,4 Mio. ha landwirtschaftlicher Fläche eingesetzt wurden. Das wichtigste Kosubstrat in Biogasanlagen ist Mais, gefolgt von Getreide und Ackerfutter. Zum Zeitpunkt der Projektbeantragung verstärkte sich die Suche nach sinnvollen Ergänzungen bzw. Alternativen im Kosubstratbereich, zumal nach der Novelle des EEG ab 2012 eine „Deckelung“ des Maiseinsatzes in Biogasanlagen auf 60 % des Substrates erfolgte und ausgewählte Kofermente höher vergütet wurden. Zu diesen gehört auch die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*), ein ausdauernder Korbblütler, der aus Nordamerika stammt und bereits in den 1980er Jahren als Futterpflanze geprüft worden ist. In dem von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) geförderten Projekt „Optimierung des Anbauverfahrens für Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) als Kofermentpflanze in Biogasanlagen sowie Überführung in die landwirtschaftliche Praxis“ stellte die Pflanze ihre Eignung als Kosubstrat für Biogasanlagen unter Beweis. In einem Folgeprojekt wurde dann mit einem ersten Selektionszyklus zur züchterischen Verbesserung der Pflanze begonnen. Begleitend erfolgten intensive Arbeiten zur Optimierung des Anbauverfahrens, um die Pflanze in größerem Umfang in der landwirtschaftlichen Praxis zu etablieren. Im Rahmen dieses Projektes ist es gelungen, den Anbauumfang auf Basis der optimierten Anbauempfehlungen von deutschlandweit 25 ha in 2009 auf ca. 300 ha 2012 zu erhöhen, die Probleme der Saatgutverfügbarkeit und der Saatgutvorbehandlung weitgehend zu lösen und erstes homogeneres Material zu erzeugen. Gleichzeitig zeigte das laufende Projekt aber auch deutlich den weiteren Forschungsbedarf auf.

Ziel des aktuellen Forschungsvorhabens war es, den Anbauumfang der Durchwachsenen Silphie in der landwirtschaftlichen Praxis weiter zu erhöhen und die Wirtschaftlichkeit des Anbaus im Vergleich zu Mais zu verbessern. Voraussetzungen dafür sind ein sicheres, kostengünstiges Anbauverfahren und qualitativ hochwertiges Pflanzenmaterial. Dazu war es erforderlich, ein risikoarmes Aussaatverfahren zu entwickeln und die Bestandesführung hinsichtlich Pflege, Pflanzenschutz und Düngung zu optimieren. Gleichzeitig galt es, züchterisch verbessertes Pflanzenmaterial mit hohen Biomasse- und Gaserträgen für den Praxisanbau bereitzustellen.

Schwerpunktaufgaben der TLL als Koordinator im Projekt bestanden in der Optimierung des Anbauverfahrens bezüglich Pflanzenschutz, besonders bei Saat, in der Erarbeitung von Empfehlungen zur bedarfsgerechten Düngung und der Erprobung von ausgewählter bzw. optimierter Sätechnik, die durch das Institut für Landtechnik der Universität Bonn (ILT) entwickelt und bereitgestellt wurde, im Parzellen- und Praxisversuch. Parallel dazu sind die langjährigen Versuche zur Silphie fortgesetzt worden, um belastbare Aussagen zur Nutzungsdauer liefern zu können. Ergänzend erfolgte eine Fortsetzung und Ausdehnung des Standortscreenings. Weiterhin waren eine umfangreichere Herkunftsprüfung sowie die Bereitstellung bzw. Prüfung von Zuchtmaterial in Zusammenarbeit mit N. L. Chrestensen (NLC) vorgesehen.

I.2 Planung und Durchführung des Vorhabens

I.2.1 Anbautechnische Versuche

Die Versuche lagen überwiegend in der Versuchsstation Dornburg der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. Gleichzeitig wurde die bundesweite Herkunftsprüfung, angelegt in Dornburg, Heßberg, Gülzow, und Bingen im Rahmen des Projektes „Optimierung des Anbauverfahrens für Durchwachsene Silphie als Kofermentpflanze in Biogasanlagen sowie Überführung in die landwirtschaftliche Praxis“ 2007, weitergeführt. Ergänzt wurden die Untersuchungen durch die Anlage eines Standortscreenings im Rahmen der Kooperation der Landesanstalten im Bereich der Pflanzenproduktion bei kleinen und mittleren Kulturen. Dieses kam, neben Dornburg, in Aholting (BY), Bad Hersfeld (HE) und Rheinstetten-Forchheim (BW) zur Anlage. Herbizidversuche erfolgten zudem auch in der Versuchsstation Großenstein der TLL.

Die einbezogenen Standorte verfügen über teilweise recht unterschiedliche Klima- und Bodenverhältnisse und lassen so gewisse Rückschlüsse zur Standorteignung für den Silphieanbau zu. Einen Überblick über die Standortdaten der Versuchsstandorte gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Charakterisierung der Versuchsstandorte

Standort	Bodenform	Bodenart	Ackerzahl	Höhenlage (m)	Temperatur (°C)	Niederschlag (mm)
Dornburg (Thür. Ackerebene)	Löss-Parabraunerde	Stark toniger Schluff	46 bis 80	260	8,9	605
Heßberg (Thür. Vorgebirge)	Bergton-Staugley	Lehm-Ton	43	380	8,2	822
Großenstein (Thür. Lösshügelland)	Löss-Parabraunerde	Lehm	51 bis 58	300	8,8	619
Gülzow (Grund- u. Endmoränen)	Pseudogley-Braunerde	Sandiger Lehm	50 bis 58	10	8,4	559
Bingen (Rheinebene)	Parabraunerde	Sandiger Lehm	64	78	9,9	537
Aholting (Niederbayern)	Braunerde	Sandiger Lehm	40	325	8,3	658
Rheinstetten-Forchheim (Rheinebene)	Parabraunerde	Lehmiger Sand	24 bis 32	117	10,1	742
Eichhof (Osthessische Mittelgebirgslagen)	Braunerde	Sandiger Lehm	57	206	8,4	613

Zu den langjährig bestehenden Versuchen auf verschiedenen Standorten kamen 2015 ein Versuch zur Einzelkornsaat unter der Deckfrucht Mais sowie eine Herkunftsprüfung mit Originalsaatgut aus Kanada und den USA zur Anlage. In 2016 erfolgte die Anlage einer weiteren Herkunftsprüfung unter Einbeziehung der im süddeutschen Raum bereits umfangreich kultivierten „Donau-Silphie“ sowie ein Aussaatversuch zur Erprobung der modifizierten Sätechnik der Universität Bonn. Eine Stammpfung mit Zuchtmaterial von NLC sowie ein Aussaatversuch zur Erprobung der modifizierten Sätechnik der Universität Bonn wurden 2017 angelegt. Des Weiteren sind die Versuche zur Prüfung der Verträglichkeit von Herbiziden an teilweise zwei Standorten weitergeführt worden, um das Aussaatverfahren für die Landwirte sicherer gestalten zu können.

Eine Zusammenstellung der durchgeführten Versuche beinhaltet Tabelle 2.

Tabelle 2: Bearbeitete Versuchsfragestellungen 2015 bis 2018

Versuchsfrage	Versuchsorte	Varianten	Laufzeit
Erntetermin/ Nutzungsdauer	Dornburg Heßberg	3 Erntetermine, 1 Herkunft	ab 2004
Herkunftsprüfung	Dornburg	5 Herkünfte (USA, Norddeutschland, Rohrbach, Russland, Berlin)	ab 2007
	Gülzow Bingen	4 Herkünfte (USA, Norddeutschland, Rohrbach, Russland)	
	Heßberg	3 Herkünfte (USA, Norddeutschland, Rohrbach)	
Herkunftsprüfung	Dornburg	9 Herkünfte (USA 1, Norddeutschland, Benko, Russland, Nordeuropa, Ukraine 1, Ukraine 2, Brandenburg, USA 2)	ab 2013
Herkunftsprüfung	Dornburg	3 Herkünfte (NLC, USA 3, Kanada)	ab 2015
Herkunftsprüfung	Dornburg	7 Prüfglieder (Russland, Ukraine, Kanada, NLC, DSM, DSF, DSE)	ab 2016
Stammprüfung	Dornburg	16 Prüfglieder (15 Stämme NLC, 1 Standard)	ab 2017
Düngung	Dornburg	6 Varianten (mineralisch, organisch, kombiniert)	ab 2013
Aussaat unter Deckfrucht	Dornburg	4 Varianten (ohne Deckfrucht, Deckfrucht Mais 4 Pfl./m ² , Deckfrucht Mais 6 Pfl./m ² , Deckfrucht Mais 8 Pfl./m ²)	ab 2015
Standortvergleich	Dornburg Aholting Eichhof Rheinstetten	2 Varianten (Saat und Pflanzung)	ab 2013
Aussaatvarianten	Dornburg	4 Aussaatiefen (0,5 cm, 1,0 cm, 2,0 cm, 3,0 cm), 3 Saatgutvarianten (Saatware NLC, Coating 1, Coating 2), 2 Sätechniken (Amazone ED 302 EKS Univ. Bonn, Wintersteiger EKS Versuchstechnik Dornburg)	2016
	Dornburg	2 Aussaatiefen (1,0 cm, 2,0 cm), 3 Saatgutvarianten (NLC, NLC+Perlite-Bedeckung, NLC+Mykorrhiza), 2 EKS-Sätechniken (Amazone ED 302, Wintersteiger), 2 Saatbettbereitungen (intensiv-mechanisch, chemisch-mechanisch)	2017
Herbizidverträglichkeit	Dornburg Großenstein	5 Varianten bei Aussaat	2015
	Dornburg	5 Varianten bei Aussaat Tastversuch - 12 Varianten im späten Nachauflauf	2016
	Dornburg	7 Varianten bei Aussaat Tastversuch - 15 Varianten im späten Nachauflauf	2017
	Dornburg	20 Varianten bei Aussaat	2018

Nahezu alle Versuche kamen auf ortsüblichen Parzellengrößen zwischen 10 und 15 m² in vierfacher Wiederholung zur Anlage. Lediglich die 2016 angelegte Herkunftsprüfung und die 2017 gepflanzte Stammprüfung wurden aufgrund der begrenzten Saatgutmenge auf Mikroparzellen von 4,5 m² angelegt. Die Bestandesdichte lag bei gepflanzten Beständen bei 4 Pflanzen/m² (50 cm x 50 cm), gesät wurde im gleichen Reihenabstand mit einer Ablage von ca. 12 cm in der Reihe. Bei den neu angelegten Versuchen erfolgte eine Behandlung mit Stomp Aqua (3,5 l/ha im Voraufbau bei Saat, 3,0 l/ha im Nachauflauf bei Pflanzung). Bei Bedarf bzw. bei eingeschränkter Wirkung des Bodenherbizids Stomp Aqua waren zusätzliche mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen (Maschinenhacke) erforderlich. Nach der Ernte und Ertragserfassung erfolgte bei ausgewählten Versuchen die Bestimmung der biogasrelevanten Inhaltsstoffe Asche, Lignin und acid-detergent-fibre (ADF) im getrockneten Erntegut. Dies diente auch der Entwicklung einer Nahinfrarotspektroskopie-Methode (NIRS) für die genannten Inhaltsstoffe, die im Rahmen des Teilvorhabens 2 durch das Julius-Kühn-Institut Berlin entwickelt wurde. Silageproben der in Dornburg geprüften Herkünfte sind im Hohenheimer Biogasertragstest (HBT) bezüglich ihrer Biogas- und Methanausbeuten analysiert worden.

Witterungsbedingungen im Projektzeitraum

Das Jahr 2015 begann mit einem warmen Winter mit geringen Niederschlägen. Insbesondere der Februar fiel mit nur 6,3 mm extrem trocken aus. Die Trockenheit setzte sich im Frühjahr und Frühsommer weiter fort. Insgesamt waren bis zur Jahresmitte nur 173,2 mm Regen

gefallen, was etwa 60 % des langjährigen Mittels entspricht. In der zweiten Jahreshälfte lagen die Niederschläge im Bereich des langjährigen Mittels. Das Niederschlagsdefizit von ca. 100 mm konnte aber nicht ausgeglichen werden, sondern vergrößerte sich bis zum Jahresende auf knapp 120 mm. Günstig für die Erhaltung der noch vorhandenen Bodenfeuchtigkeit wirkten sich die durchschnittlichen Frühjahrs- und Frühsommertemperaturen aus. Die Monate März bis Mai waren durch niedrige Nachttemperaturen mit häufigem Bodenfrost gekennzeichnet, was wiederum zu Wachstumsverzögerungen bei wärmeliebenden Kulturen führte. Auch der Juni war im Hinblick auf die Temperatur durchschnittlich, es folgten dann sehr warme Sommermonate mit Durchschnittstemperaturen von über 20 °C. Da in diesem Zeitraum ausgeglichene Niederschläge fielen, entwickelten sich die Kulturen normal weiter.

Die trockenen Witterungsbedingungen im ersten Projektjahr beeinträchtigten die etablierten Silphie-Versuche nur in geringem Maße. Durch die fehlende Feuchtigkeit im Frühjahr waren die Düngergaben nur teilweise verfügbar, was letztlich in einem etwas geringeren Ertragsniveau zum Ausdruck kam. Die Bedingungen zur Ernte waren günstig. Extrem ungünstig waren die trockenen Bedingungen für die neu angelegten Versuche. Insbesondere die Herbizidversuche in Dornburg und Großenstein liefen schlecht auf und die eingesetzten Bodenherbizide zeigten aufgrund des trockenen Bodens nur eine eingeschränkte Wirksamkeit. Trotzdem waren alle angelegten Versuche auswertbar.

Das Jahr 2016 war wieder durch einen warmen Winter mit durchschnittlichen Niederschlägen gekennzeichnet. Dadurch konnten die Bodenwasservorräte nach dem extrem trockenen Vorjahr nicht aufgefüllt werden. Insgesamt blieb das Jahr wiederum zu trocken, gerade in der Hauptwachstumsphase fehlten je Monat durchschnittlich 20 mm Niederschlag. Allerdings fielen die Niederschläge im Frühjahr relativ gut verteilt, so dass die Pflanzung bzw. der Auf- und Lauf der Versuche und die Wirkung des Bodenherbizids Stomp Aqua keine größeren Probleme bereiteten. Auch im weiteren Jahresverlauf entwickelten sich die Bestände normal, ohne jedoch besonders üppig zu werden. Die trockene und teilweise heiße Witterung im August führte zu einem schnellen Anstieg der TS-Gehalte zur Ernte, wodurch die Ernte allerdings auch termingerecht ohne größere Probleme und bei guten Bodenverhältnissen durchführbar war.

Im Winter 2016/2017 trat erstmalig Dauerfrost im Januar mit durchschnittlichen Niederschlägen als Schnee auf, der die Bestände schützte. Die zu hohen Temperaturen im Februar und März führten zu einem zeitigen Beginn der Vegetation, die jedoch aufgrund der niedrigen Temperaturen im April und Anfang Mai wieder ins Stocken geriet. Ab Mitte Mai herrschten dann gute Bedingungen für die Aussaat und das Wachstum der Bestände. Insbesondere die gleichmäßige und ausreichende Wasserversorgung während der Vegetationsperiode sorgten für einen zügigen Aufgang der neuangelegten Versuche und ein üppiges Wachstum der älteren Bestände. Nach einem sehr feuchten Juli herrschten zur Silphieernte Ende August optimale Bedingungen, so dass keine terminlichen Probleme auftraten. Insgesamt war das Jahr 2017 etwas zu feucht und die relativ hohen Niederschläge von Oktober bis Januar 2018 führten zu einer Auffüllung der Bodenwasservorräte. Im Februar setzte Dauerfrost ohne Schneebedeckung ein, der bis in den März hinein andauerte. Ab Mitte April folgte dann eine extrem trockene, überdurchschnittlich warme Witterungsperiode, die nur durch gelegentliche kurze Niederschläge unterbrochen wurde. Zum Zeitpunkt der Anlage des Herbizidversuchs im Mai fiel ausreichend Niederschlag für einen durchschnittlichen Feldaufgang und eine eingeschränkte Wirkung des Voraufbauherbizids Stomp Aqua. Die trockene und zu warme Witterung hielt bis in den August hinein an. So waren bis Ende August lediglich knapp 250 mm

Niederschlag gefallen, was etwa 60 % des langjährigen Mittels entsprach. In der Vegetationszeit von April an waren es sogar nur 143 mm, also etwa 45 % der üblichen Regenmenge. Dies wirkte sich auf das Wachstum der etablierten Bestände aus, die niedriger als in den Vorjahren blieben und sehr zeitig erntereif waren.

Einen Überblick über die Witterungsverhältnisse im Projektzeitraum im Vergleich zum langjährigen Mittel gibt Tabelle 3.

Tabelle 3: Monatsmitteltemperaturen und Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittel VS Dornburg 2015 bis 2018

	Temperatur-Mittel (°C)					Niederschläge (mm)				
	1981 bis 2010	2015	2016	2017	2018	1981 bis 2010	2015	2016	2017	2018
Januar	0,3	2,3	0,6	-2,7	3,5	34,1	50,7	37,0	32,1	40,8
Februar	0,9	0,5	3,2	2,6	-2,5	33,1	6,3	46,3	24,1	4,5
März	4,3	4,6	3,7	7,1	1,9	43,0	41,5	45,9	45,4	59,4
April	8,3	8,3	7,9	7,3	12,8	44,8	25,0	23,1	35,5	30,6
Mai	13,1	13,1	14,2	14,5	16,0	61,5	10,4	31,8	53,5	33,0
Juni	16,0	16,1	18,0	17,9	18,3	59,5	39,3	47,3	93,3	15,8
Juli	18,1	20,2	19,5	18,7	20,7	74,1	91,4	52,1	102,3	27,4
August	17,4	20,5	18,3	18,5	20,4	66,5	59,0	41,7	86,4	36,0
September	13,4	13,0	16,8	12,7	15,1	49,6	38,6	76,0	27,6	68,1
Oktober	9,1	7,7	8,3	11,2		38,2	58,0	77,5	65,9	
November	4,3	7,6	3,4	5,1		52,7	53,5	40,2	60,8	
Dezember	1,0	6,3	1,3	2,9		47,5	20,2	15,9	31,0	
	Ø 8,9	Ø 10,0	Ø 9,6	Ø 9,7		Σ 604,6	Σ 487,9	Σ 534,8	Σ 657,9	

I.2.2 Praxisversuche

Agrarprodukte Ludwigshof

Im Rahmen des Projektes wurden die 2009 und 2011 in den vorhergehenden Projekten gepflanzten bzw. gesäten Praxisflächen (gesamt 4,22 ha) in der Agrarprodukte Ludwigshof am Standort Rockendorf weiter beobachtet, um Aussagen zu den langjährigen Ertragsresultaten in der Praxis treffen zu können. Rockendorf ist ein Buntsandsteinverwitterungsstandort mit geringer Bodengüte (Ackerzahl 25 bis 40). Bei einer durchschnittlichen Jahresniederschlagssumme von 566 mm ist hier meist das Wasser der limitierende Faktor. Während etwa die Hälfte der Gesamtfläche auf einem sandigen Standort mit ca. 25 Bodenpunkten steht, befindet sich der zweite Schlag mit ähnlicher Größe auf einer besseren Fläche mit lehmig-sandigem Boden in einer Niederung nahe einem Teich.

Praxisversuch 2015

In 2015 ist ein Praxisversuch auf einer Fläche von ca. 1,3 ha in der Garben GbR in Siegersleben angelegt worden. Siegersleben liegt am Rand der Magdeburger Börde und ist durch relativ gute Böden (ca. 60 Bodenpunkte), aber trockene Witterungsverhältnisse gekennzeichnet. Gesät wurde mit einer pneumatischen Kverneland Einzelkornsämaschine für Zuckerrüben am 15.05.2015 im Reihenabstand von 45 cm und einer Ablage in der Reihe von 17,5 cm. Der Versuch wurde im Jahresverlauf mehrmals bezüglich des Entwicklungsstandes der Silphie und des Unkrautbesatzes bonitiert.

Praxisversuche 2016

Im Juni 2016 wurden bundesweit auf fünf Standorten Praxisversuche angelegt, die die TLL wissenschaftlich betreute und auswertete. Die standörtlichen Gegebenheiten beinhaltet Tabelle 4.

Tabelle 4: Charakterisierung der Praxisschläge 2016

Standort	Bodentyp	Bodenart	Ackerzahl	Höhenlage (m)	Temperatur (°C)	Niederschlag (mm)
Haus Düsse (NRW)	Parabraunerde, pseudovergleyt	lehmiger Schluff	73	65	9,8	800
Dr K.-H. Niehoff, Gut Bütow (MV)	Podsol- Braunerde	Sand	20	60	9,9	507
Simon Steinberger, Burg-hausen (BY)	Parabraunerde	Lehm	39 und 53	460	8,6	1035
Jürgen Wolfrum, Mussen (BY)	Braunerde	Sandiger Lehm	28 und 32	600	6,8	800
Bernd Dietel, Gottersdorf (BY)	Braunerde	Sandiger Lehm	30	590	6,9	800

Dabei kam in Haus Düsse und in Burghausen sowohl Einzelkorn- als auch Drilltechnik zum Einsatz. Gut Bütow säte ausschließlich mit einer Einzelkornsämaschine, in den zwei weiteren bayerischen Betrieben kam die Einzelkornsämaschine der Universität Bonn zum Einsatz.

Praxisversuche 2017

Im dritten Projektjahr sind nochmals in acht Praxisbetrieben Aussaatversuche angelegt worden. Genutzt wurden sowohl Drill- als auch Einzelkornsämaschinen, je nach Ausstattung der landwirtschaftlichen Unternehmen. Eine Charakterisierung der standörtlichen Gegebenheiten beinhaltet Tabelle 5.

Tabelle 5: Charakterisierung der Praxisschläge 2017

Standort	Bodentyp	Bodenart	Ackerzahl	Höhenlage (m)	Temperatur (°C)	Niederschlag (mm)
Landhof Lindenberg (ST)	Pseudogley- Braunerde	Sand	27	19	8,9	510
Rittergut Esbeck (NI)	Parabraunerde	Lehm	60	145	9,2	670
Simon Steinberger, Burg-hausen (BY)	Parabraunerde	Lehm	53	460	8,6	1035
Otto Ludolf (NI)	Podsol-Braunerde	Lehmiger Sand	18 bis 35	30	9,5	600
LWB Renner, Bad Rodach (BY)	Braunerde	Lehm	55	340	9,0	650
Dietrich Schmidt, Bad Rodach (BY)	Braunerde	Lehm	30 bis 45 und 50	350 und 310	9,0	670
Willi Indlekofer, Klettgau (BW)	Parabraunerde	Lehm	60	420	9,2	1000
AG „Bergland“ Clausnitz e.G. (SN)	Pseudogley- Braunerde	Lehmiger Sand	25	700	6,2	900

Die Auswahl der Praxisbetriebe erfolgte in Entsprechung der Vergabekriterien des öffentlichen Dienstes in Thüringen mittels eines Ausschreibungsverfahrens. Interessierte Betriebe konnten sich auf ein- oder mehrere Standortlose bewerben. Diese Lose waren darauf ausgerichtet, ein möglichst breites Spektrum an unterschiedlichen klimatischen sowie ackerbaulichen Gegebenheiten abzubilden. Ein Los beinhaltete exakt definierte Angaben der Parameter: Höhe ü. NN, Ackerzahl und Jahresniederschlagsmenge sowohl für konventionell als auch für ökologisch wirtschaftende Betriebe.

I.2.3 Gewächshaus- und Laborversuche

Im Sommer 2015 kam ein Versuch mit drei Saatgutvarianten und vier Ablagetiefen im Gewächshaus zur Anlage, welcher der Prüfung von vorbehandeltem Saatgut (2 Coating-Varianten) im Vergleich zur Saatware der NLC diente.

Der Versuch wurde im Jahr 2017 mit vier Saatgutvarianten und drei Ablagetiefen wiederholt, um weitere vorbehandelte Saatgutchargen (2 Pillierungs-, 1 Inkrustierungs-Variante) zu testen. Als Standard dient wiederum die Saatware von NLC.

Ein weiterer Versuch zur Bestimmung der optimalen Keimtemperatur der Durchwachsenen Silphie erfolgte 2015 im Keimlabor der TLL. Hier wurden drei Saatgutchargen bei fünf unterschiedlichen Temperaturen (6 bis 9 °C, 8 bis 10 °C, 15 °C, 20 °C und 20 bis 30 °C) hinsichtlich ihrer Keimfähigkeit und Keimschnelligkeit geprüft.

I.2.4 Weitere Untersuchungen

Im Erntegut von Einzelpflanzen der russischen und der ukrainischen Herkunft erfolgten Untersuchungen zu den Biogas- und Methangehalten in unterschiedlichen Pflanzenteilen. Dazu wurden die Pflanzen nach der Ernte vermessen, gewogen, separiert und die Einzelbestandteile siliert. Nach einer 90-tägigen Silierdauer erfolgte die Bestimmung der Biogas- und Methanausbeuten im HBT.

I.2.5 Ökonomische Bewertung des Anbaus

Auf Basis der in den langjährigen Versuchen gewonnenen Erkenntnissen und gesammelten Daten sowie der Angaben der landwirtschaftlichen Unternehmen zu ihren Aufwendungen beim Anbau konnten unter Federführung des Referats Betriebswirtschaft (620) der TLL, Herr Dr. Gerd Reinhold und Herr Dr. Joachim Degner, die betriebswirtschaftlichen Richtwerte für den Silphieanbau bei Pflanzung und Saat aktualisiert werden. Berücksichtigung fand hier auch das in Süddeutschland erarbeitete Verfahren der Anlage von Silphie unter Deckfrucht Mais.

I.3 Wissenschaftlich-technischer Stand, an den anknüpft wurde

Die im Rahmen des Projektes durchgeführten Arbeiten bauen im Wesentlichen auf den Ergebnissen und Erkenntnissen der vorhergehenden, vom BMEL über den Projektträger FNR geförderten Projekte „Optimierung des Anbauverfahrens für Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) als Kofermentpflanze in Biogasanlagen sowie Überführung in die landwirtschaftliche Praxis“ sowie „Erhöhung des Leistungspotenzials und der Konkurrenzfähigkeit der Durchwachsenen Silphie als Energiepflanze durch Züchtung und Optimierung des Anbauverfahrens“ auf. Aussagen zur Ertragsfähigkeit der Silphie bei langjähriger Nutzung basieren auf ersten Screeningversuchen, die an zwei Thüringer Standorten im Jahr 2004 angelegt worden sind sowie einer bundesweiten Herkunftsprüfung, gepflanzt 2007. Weiterhin flossen Ergebnisse aus der Literatur, der Praxis sowie anderer Forschungseinrichtungen, wie z. B. des LTZ Augustenberg, des TFZ Straubing, der Universität Bayreuth oder der LWK Niedersachsen in die Untersuchungen ein.

I.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Arbeiten erfolgten als Kooperationsprojekt zwischen der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, der N. L. Chrestensen GmbH und dem Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

Für die Saatgutvermehrung, Keimfähigkeitsvorbehandlung des Saatgutes, die Anzucht der Jungpflanzen und die eventuell erforderlichen Maßnahmen zur Optimierung des Saatguts stand die Firma NLC zur Verfügung. Diese, hinsichtlich der Züchtung von Arznei- und Gewürzpflanzen sowie Zierpflanzen renommierte Firma begann bereits 2010 mit einem ersten

Selektionszyklus zur Silphie und führte diese Arbeiten im Projekt schwerpunktmäßig weiter. Ergebnisse der Arbeiten der TLL, insbesondere aus der Herkunftsprüfung, flossen in die Züchtungsarbeiten ein. Zudem stellte die TLL vorselektiertes Material zur Verfügung, übernahm teilweise erforderliche Inhaltsstoffuntersuchungen und prüfte erstes Zuchtmaterial von NLC im Feldversuch.

Schwerpunkte der Arbeit der TLL lagen in der weiteren Optimierung des Anbauverfahrens bezüglich Pflanzenschutz, Düngung und Erntezeitpunkt sowie der Untersuchung von Beziehungen zwischen inhaltsstofflichen Veränderungen und der Methanausbeute. Besonderes Augenmerk galt der Betreuung des Praxisanbaus der Silphie.

Zur Absicherung der Bestandesetablierung durch Aussaat übernahm die Universität Bonn die Aufgabe, gängige pneumatische und mechanische Einzelkornsätechnik von Raps, Zuckerrübe, Mais und Gemüse in Prüfstands- und Felduntersuchungen hinsichtlich ihrer Eignung zur Silphiesaat zu prüfen und diese zur Verbesserung von Ablagegenauigkeit und Ablagetiefe zu optimieren. Auch der Einfluss von optimiertem Saatgut wurde entsprechend geprüft. Potenziell geeignete Technik kam in Feldversuchen und in der Praxis in Zusammenarbeit mit der TLL zum Einsatz.

Das beantragte Vorhaben stand in enger Kooperation mit dem Vorhaben des vTI zur „Agrarökologischen Bewertung der Durchwachsenen Silphie“ sowie auch mit dem Verbundprojekt EVA III, in dem die Silphie in die ökonomische und ökologische Betrachtung der einzelnen Fruchtarten einbezogen wurde.

Im Rahmen der Kooperation der Landesanstalten im Bereich Pflanzenbau zeichnet das Referat Nachwachsende Rohstoffe der TLL für die Koordinierung der Aktivitäten bei kleinen und mittleren Kulturen, zu denen auch die Durchwachsene Silphie gehört, verantwortlich. Im Rahmen dieser Kooperation wurden Versuche koordiniert und Versuchsergebnisse ausgetauscht. Ergebnisse dieser Arbeiten flossen in das Projekt ein.

Ein relativ enger Erfahrungsaustausch erfolgte auch mit der Metzler & Brodmann Saaten GmbH, die die Pflanze unter der Marke „Donau-Silphie“ seit 2016/17 bundesweit, vorzugsweise im Anbauverfahren unter Deckfrucht Mais, anbaut und betreut. Ziel war es, deren Erkenntnisse in die Fragestellungen der Exaktversuche einfließen zu lassen.

II Ergebnisse

II.1 Erzielte Ergebnisse

II.1.1 Anbautechnische Versuche

II.1.1.1 Einfluss des Erntetermins bei langjähriger Nutzungsdauer

In dem in Dornburg und Heßberg 2004 angelegten Versuch mit einer nordamerikanischen Herkunft erfolgt seit 2005 die Ernte zu drei unterschiedlichen Terminen mit dem Ziel, den hinsichtlich des Biomasseertrages und der Methanausbeuten günstigsten Erntezeitpunkt zu definieren. Gleichzeitig dient der Versuch auch der Gewinnung von Erkenntnissen zur möglichen Nutzungsdauer der Silphie bei einem einschnittigen Ernteverfahren. Wegen der kühleren Witterung findet die Ernte in Heßberg, bei ähnlichen TS-Gehalten, meist zwei bis vier Wochen später statt als in Dornburg (Tab. 6 und 7). Dabei beginnt die Ernte am jeweiligen Standort vor dem frühen Silomais und dauert bis zum Termin der frühen Silomaisernte an. Im letzten Projektjahr wurde in Heßberg lediglich zu einem Termin geerntet.

Tabelle 6: Erntetermine von Durchwachsener Silphie (Herkunft Nordamerika)
VS Dornburg 2005 bis 2018

PG	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	25.08.	21.08.	04.09.	07.08.	27.08.	25.08.	29.08.	21.08.	21.08.	14.08.	12.08.	09.08.	08.08.	06.08.
2	07.09.	06.09.	13.09.	18.08.	09.09.	06.09.	16.09.	29.08.	02.09.	25.08.	25.08.	22.08.	23.08.	20.08.
3	13.09.	15.09.	24.09.	27.08.	18.09.	21.09.	23.09.	12.09.	16.09.	09.09.	08.09.	08.09.	31.08.	11.09.

Tabelle 7: Erntetermine von Durchwachsener Silphie (Herkunft Nordamerika)
VS Heßberg 2005 bis 2018

PG	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	15.09.	07.09.	05.09.	27.08.	07.09.	20.09.	13.09.	30.08.	30.08.	04.09.	01.09.	31.08.	30.08.	-
2	28.09.	18.09.	17.09.	15.09.	17.09.	01.10.	22.09.	13.09.	17.09.	17.09.	09.09.	12.09.	19.09.	17.09.
3	11.10.	27.09.	01.10.	08.10.	28.09.	12.10.	04.10.	28.09.	26.09.	06.10.	24.09.	22.09.	04.10.	-

Die schwankenden TS-Gehalte in den Tabellen 8 und 9 verdeutlichen, dass die Bestimmung des optimalen Erntetermins bei der Silphie ungleich schwerer ist als beim Mais. Insbesondere 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. Andererseits kann Trockenheit im Spätsommer bzw. Frühherbst zu einer schnellen Abreife der Bestände führen. In der Praxis ist immer auf eine eher frühere Ernte zu orientieren, da sich die Silphie bereits ab TS-Gehalten von 25 % verlustarm silieren lässt und eine zu lange Standzeit zu Biomasseverlusten durch Blattfall sowie Problemen bei der Standfestigkeit und damit der Ernte führen kann. Außerdem setzt sich die Lignifizierung weiter fort und Zuckerstoffe werden in die Wurzeln transportiert, so dass auch der Methangehalt im Erntegut bei späterer Ernte deutlich absinkt.

Tabelle 8: TS-Gehalt (%) von Durchwachsener Silphie (Herkunft Nordamerika) in Abhängigkeit vom Erntetermin, VS Dornburg 2005 bis 2018

PG	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	25,0	25,4	26,8	24,6	26,8	26,4	24,6	26,3	20,4	25,4	26,9	24,1	24,4	27,7
2	30,9	24,7	26,2	27,4	22,8	24,5	25,0	27,0	24,6	28,4	27,9	29,0	24,1	29,9
3	27,7	33,4	29,4	29,7	27,8	27,4	27,4	27,9	27,9	28,1	26,8	27,3	28,7	31,1

Tabelle 9: TS-Gehalt (%) von Durchwachsener Silphie (Herkunft Nordamerika) in Abhängigkeit vom Erntetermin, VS Heßberg 2005 bis 2018

PG	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	22,8	23,6	24,0	24,4	27,1	22,6	23,0	22,8	24,9	20,8	24,0	24,1	20,9	-
2	24,9	27,2	24,4	25,6	28,4	21,6	25,1	23,7	22,2	23,5	24,9	27,4	23,3	32,4
3	31,5	27,4	24,8	25,4	34,3	26,0	28,2	25,9	24,0	23,9	23,0	27,5	24,3	-

Aufgrund der unterschiedlichen Abreife der Bestände in Abhängigkeit von der Jahreswitterung lässt sich an keinem der beiden Standorte ein fester Termin für den höchsten Ertrag definieren (Tab. 10 und 11).

Tabelle 10: TM-Ertrag von Durchwachsener Silphie (Herkunft Nordamerika) in Abhängigkeit vom Erntetermin im Vergleich zu Mais, VS Dornburg 2005 bis 2018

PG	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	188,6	157,9	146,2	228,7	161,6	313,0	206,3	189,1	191,0	193,9	152,0	179,1	158,9	161,8
2	228,9	177,3	156,2	188,0	219,8	280,5	165,5	216,0	239,7	164,8	153,5	239,2	173,5	166,5
3	204,5	202,4	191,4	163,2	201,0	251,5	183,0	211,7	230,0	175,6	144,4	152,7	219,9	143,9
Ø Silphie	207,3	179,2	164,6	193,3	194,1	281,7	184,9	205,6	220,2	178,1	150,0	190,3	184,1	157,4
Mais ¹⁾	181,1	175,5	218,9	211,9	203,0	171,0	218,0	208,0	164,8	199,7	135,0	194,4	-	-
GD t, 5 %	19,6	22,7	26,7	34,2	34,1	46,9	27,9	16,1	29,6	22,2	16,9	53,7	35,9	20,1

¹⁾ 2005 bis 2012 ‚Atletico‘, 2013 ‚Marleen‘, 2014 ‚Luigi CS‘, 2015 und 2016 ‚Jessy‘, 2017 und 2018 kein Vergleichsertrag

Tabelle 11: TM-Ertrag von Durchwachsener Silphie (Herkunft Nordamerika) in Abhängigkeit vom Erntetermin im Vergleich zu Mais, VS Heßberg 2005 bis 2018

PG	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	184,3	292,2	245,6	89,7	264,0	176,2	142,0	207,8	156,2	183,1	156,8	176,1	191,0	-
2	139,2	234,7	169,1	110,1	203,1	145,2	145,3	163,2	138,0	180,9	156,4	152,1	192,7	84,1
3	176,0	274,8	185,7	98,6	206,7	160,0	183,9	235,7	149,1	188,9	169,8	191,7	208,1	-
Ø Silphie	166,5	267,2	200,1	99,5	224,6	160,4	157,1	202,2	147,8	184,3	161,0	173,3	197,2	84,1
Mais ¹⁾	149,0	154,3	174,7	143,5	215,0	181,0	210,0	230,4	93,0	168,2	171,5	184,3	200,7	181,5
GD t, 5 %	25,8	28,9	38,4	12,9	32,1	16,3	23,3	35,2	19,6	22,0	18,7	32,3	26,6	n. b.

¹⁾ Mittel LSV Silomais am Standort

Im Mittel der bisher 14 Erntejahre erreichte die Silphie sowohl in Dornburg als auch in Heßberg höhere Erträge als der Silomais am Standort (Abb. 1).

Über die Jahre lag das Ertragsniveau der Silphie in Dornburg etwas über dem in Heßberg, was der Standortgüte geschuldet sein dürfte. Die niedrigen Erträge 2015 und 2018 sind auf die extreme Trockenheit am Standort Dornburg bzw. Heßberg zurückzuführen. Dies verdeutlicht, dass auch die Dauerkultur Silphie stark auf Unterschiede in der Jahreswitterung reagiert. Ein genereller Ertragsrückgang ist jedoch nicht zu verzeichnen. Somit weisen die Ergebnisse darauf hin, dass die Kulturart bei bedarfsgerechter Düngung eine Nutzungsdauer von mehr als 15 Jahren haben dürfte.

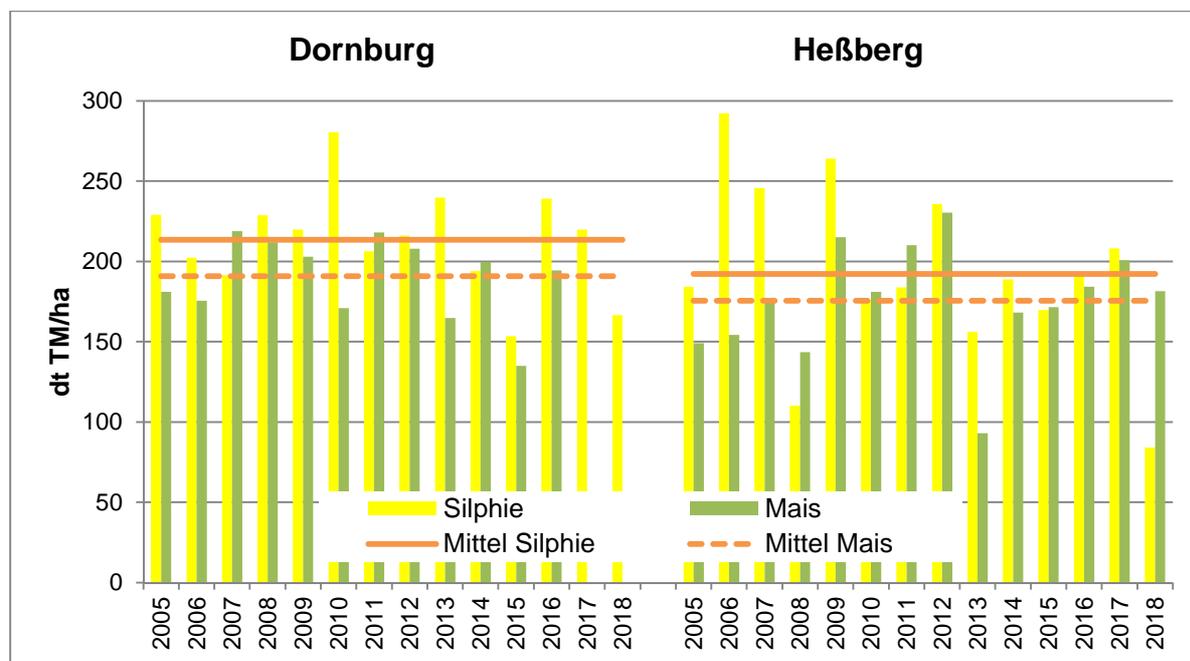


Abbildung 1: TM-Ertrag von Durchwachsener Silphie im Vergleich zu Silomais, VS Dornburg und Heßberg 2005 bis 2018

II.1.1.2 Herkunftsprüfungen

Mehrortige Herkunftsprüfung Anlage 2007

Der Versuch wurde 2007 an vier Standorten angelegt und 2017 zum 10. Mal beerntet. Dabei unterschieden sich die Erntetermine an den Standorten z. T. erheblich (Tab. 12), was sich jedoch nicht immer in den TS-Gehalten zur Ernte widerspiegelt. Der hohe TS-Gehalt trotz der frühen Ernte 2015 in Bingen ist durch die dort herrschende Trockenheit begründet. Insgesamt erfolgte die Ernte in Bingen und Gülzow meist eher zu spät. In 2017 waren die Ergebnisse in Heßberg aufgrund eines Fehlers bei der Datenerhebung nicht auswertbar (Tab. 13 bis 16). In 2018 konnten nur noch die Ergebnisse in Dornburg und Heßberg erfasst werden.

Tabelle 12: Erntetermin unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie
VS Dornburg, VS Gülzow, VS Bingen und VS Heßberg 2008 bis 2017 bzw. 2018

Standort	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Dornburg	27.08.	23.09.	20.09.	15.09.	30.08.	28.08.	25.08.	24.08.	25.08.	22.08.	15.08.
Gülzow	02.09.	08.09.	08.10.	15.09.	17.09.	n. b.	n. b.	25.09.	20.09.	25.09.	-
Bingen	29.09.	03.09.	03.09.	21.09.	04.09.	21.08.	17.09.	27.08.	07.09.	08.09.	-
Heßberg	29.09.	02.10.	11.10.	06.10.	04.10.	25.09.	20.10.	24.09.	27.09.	04.10.	17.09.

Tabelle 13: TS-Gehalt (%) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie
VS Dornburg 2008 bis 2018

Herkunft	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
USA	28,3	28,6	25,8	24,4	26,5	21,8	22,4	25,5	26,2	22,5	29,9
N.-Dtl.	28,2	29,4	27,3	26,4	27,4	22,1	23,9	25,8	27,5	23,6	29,2
Rohrbach	28,2	30,3	26,3	26,9	26,4	20,9	22,7	23,9	26,2	22,9	27,8
Russland	26,6	29,6	27,4	25,7	25,6	22,1	24,7	25,1	27,0	23,3	29,3
Berlin	28,0	29,4	26,1	26,9	27,1	21,4	23,2	25,6	26,1	23,2	29,3
∅	27,9	29,5	26,6	26,1	26,6	21,7	23,4	25,2	26,6	23,1	29,1

Tabelle 14: TS-Gehalt (%) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie
VS Heßberg 2008 bis 2018

Herkunft	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018
USA	22,4	24,6	23,4	27,1	24,2	25,5	22,4	25,5	27,0	34,5
N.-Dtl.	23,4	29,8	25,8	28,0	25,4	26,4	24,4	23,9	28,4	30,8
Rohrbach	21,8	24,9	22,9	24,8	24,5	13,0	20,5	23,2	27,0	30,0
Russland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Berlin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
∅	22,5	26,4	24,0	26,6	24,7	25,0	22,4	24,2	27,8	n. b.

Tabelle 15: TS-Gehalt (%) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie
VS Gülzow 2008 bis 2017

Herkunft	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
USA	25,2	32,1	24,2	25,2	30,3	26,9	41,6	24,0	35,1	24,9
N.-Dtl.	25,6	34,9	26,4	27,4	32,7	27,6	25,3	25,9	34,8	26,0
Rohrbach	26,6	31,9	23,5	25,0	29,1	27,5	19,2	24,0	33,6	24,1
Russland	25,8	33,7	23,9	26,3	29,9	27,7	37,4	23,3	34,5	25,0
∅	25,8	33,2	24,5	26,0	30,5	27,4	30,9	24,3	34,6	25,0

Tabelle 16: TS-Gehalt (%) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie
VS Bingen 2008 bis 2017

Herkunft	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
USA	33,6	31,6	24,5	24,9	30,5	28,5	24,9	34,6	29,0	26,4
N.-Dtl.	35,1	32,3	23,7	27,0	31,6	27,6	27,0	33,1	30,6	27,0
Rohrbach	33,3	31,8	23,7	24,6	29,1	30,9	24,1	32,6	30,5	26,2
Russland	32,5	30,6	24,5	27,2	31,6	27,0	26,5	28,1	31,2	27,4
∅	33,6	31,6	24,1	25,9	30,7	28,6	25,6	32,1	30,2	26,7

Die Erträge lagen 2015 insgesamt auf einem niedrigeren Niveau, was dem nahezu überall in Deutschland herrschenden Wasserdefizit geschuldet sein dürfte. Dabei schnitt Dornburg mit seinem wasserspeicherfähigen Boden am besten ab. In den Folgejahren 2016 und 2017 bewegten sich die Erträge auf einem mittleren Niveau des jeweiligen Standorts, lediglich in Bingen waren 2016 deutlich höhere Erträge als in den Vorjahren zu verzeichnen. 2018 wurden in Dornburg und Heßberg unterdurchschnittliche Erträge erzielt, was wiederum der extremen Trockenheit zuzuschreiben war (Tab. 17 bis 20). Ein genereller Rückgang der Erträge war nach der 10- bzw. 11-jährigen Standzeit jedoch nicht zu verzeichnen, was ebenfalls für Nutzungszeiten von deutlich über 10 Jahren spricht.

Tabelle 17: TM-Ertrag (dt/ha) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie
VS Dornburg 2008 bis 2018

Herkunft	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
USA	198	222	262	161	160	202	145	135	140	145	94
N.-Dtl.	210	216	234	193	196	182	193	151	149	157	85
Rohrbach	204	254	274	190	162	199	181	149	147	162	98
Russland	190	281	314	165	151	174	217	152	142	172	84
Berlin	194	200	200	163	160	169	162	129	149	158	84
∅	199	234	257	174	166	185	180	143	145	159	89
GD t, 5 %	27,9	43,5	52,8	35,1	27,0	17,9	41,6	22,6	17,0	17,6	23,9

Tabelle 18: TM-Ertrag (dt/ha) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie
VS Heßberg 2008 bis 2016 und 2018

Her- kunft	Heßberg									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018
USA	121	213	126	157	130	133	91	135	139	97
N.-Dtl.	134	247	131	157	157	145	104	127	133	76
Rohrbach	133	183	136	163	197	168	150	170	188	69
∅	129	214	131	159	161	149	115	144	153	80,5
GD t, 5 %	10,1	40,0	5,7	18,1	33,6	19,8	27,9	22,2	29,7	17,8

Tabelle 19: TM-Ertrag (dt/ha) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie
VS Gülzow 2008 bis 2017

Herkunft	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
USA	83	114	133	137	114	136	110	91	99	126
N.-Dtl.	125	163	172	176	129	133	71	110	110	132
Rohrbach	104	121	156	168	131	156	67	120	108	154
Russland	85	132	163	168	109	137	84	103	108	132
∅	99	132	156	162	121	141	83	106	106	135
GD t, 5 %	20,9	28,2	23,8	28,8	26,1	25,3	24,4	23,2	20,2	26,7

Tabelle 20: TM-Ertrag (dt/ha) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie
VS Bingen 2008 bis 2017

Herkunft	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
USA	162	126	177	91	116	135	88	88	132	114
N.-Dtl.	170	144	171	95	114	131	89	100	130	110
Rohrbach	167	131	171	88	131	128	94	94	111	110
Russland	214	163	215	119	129	136	123	100	173	147
∅	178	141	183	97	122	132	97	96	134	118
GD t, 5 %	25,5	6,5	27,2	21,4	22,4	21,0	18,6	11,8	27,9	20,6

Klare Tendenzen zur Standorteignung der einzelnen Herkünfte sind nicht erkennbar. Im Mittel der Jahre 2008 bis 2017 schnitt an allen Versuchsorten die amerikanische Herkunft am schlechtesten ab. In Bingen und Dornburg lag die russische Herkunft an der Spitze, in Gülzow die norddeutsche, was auf eine gewisse Standortangepasstheit schließen lässt (Abb. 2).

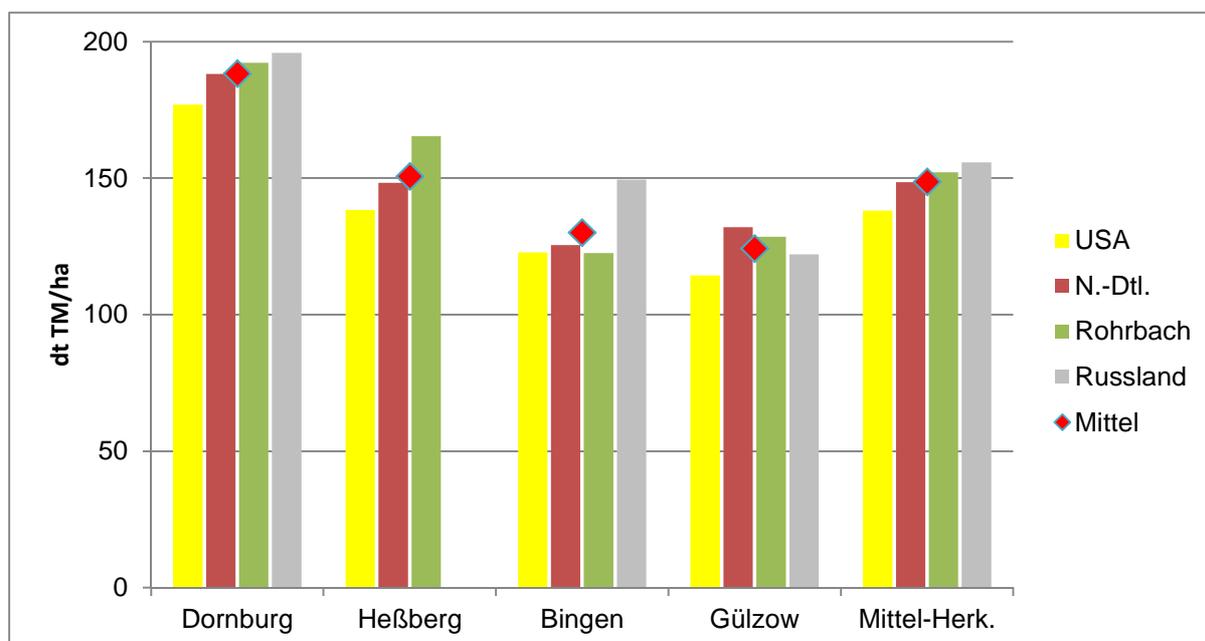


Abbildung 2: TM-Erträge unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie an verschiedenen Standorten, Mittel der Jahre 2008 bis 2017

Herkunftsprüfung Anlage 2013

Im Frühjahr 2013 wurde in Dornburg eine Prüfung aller bis dahin verfügbaren Herkünfte gepflanzt. Ziel war es, die bis zu diesem Zeitpunkt teilweise in unterschiedlichen Versuchen bzw. Anlagejahren stehenden Herkünfte direkt bezüglich ihrer Erträge und Inhaltsstoffzusammensetzung zu prüfen. Der Versuch entwickelte sich sehr gut und erreichte bereits im Jahr nach der Pflanzung hohe Erträge. Bei der zweiten Ernte in 2015 lagen die Erträge auf etwa dem gleichen Niveau wie im Vorjahr. Der in der Regel zu verzeichnende Ertragsanstieg vom ersten zum zweiten Erntejahr trat, möglicherweise aufgrund der Trockenheit, nicht ein. Auch 2016 waren ähnliche Erträge zu verzeichnen, da sich das Wasserdefizit im Boden weiter erhöhte. In 2017 zeigte sich ein leichter Ertragsanstieg, was der besseren Wasserversorgung geschuldet ein dürfte. Im letzten Projektjahr 2018 reagierte die Silphie mit niedrigeren Erträgen auf die extreme Trockenheit. Bereits im ersten Erntejahr 2014 wiesen die Herkünfte Unterschiede bezüglich ihrer Wuchshöhe und Erträge auf, die sich in den Folgejahren tendenziell bestätigten (Tab. 21).

Tabelle 21: Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie VS Dornburg 2014 bis 2018

Herkunft	Wuchshöhe (cm)					TS-Gehalt (%)					TM-Ertrag (dt/ha)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
USA 1	280	272	283	282	271	22,6	23,2	23,8	22,6	24,6	155,9	150,3	144,9	156,3	119,3
Norddtl.	296	270	286	288	277	23,7	24,6	24,8	22,5	26,4	169,2	145,4	158,9	168,5	134,3
Benko	292	274	291	286	270	21,9	22,2	22,8	21,8	25,9	172,5	138,8	157,3	161,6	127,4
Russland	299	274	299	292	283	22,3	24,4	25,4	23,4	24,8	165,3	154,8	154,4	150,0	139,5
Nordeuropa	281	261	293	283	269	21,5	21,9	23,5	22,3	26,8	195,9	160,2	160,3	194,2	137,9
Ukraine 1	284	270	286	272	255	21,8	23,2	24,7	21,9	24,5	123,1	135,1	149,6	133,0	117,4
Ukraine 2	277	256	278	271	246	23,5	22,9	25,5	21,2	27,7	120,8	109,2	119,9	130,1	92,0
Brandenburg	282	264	287	282	264	22,4	22,9	23,9	22,3	24,5	149,5	150,9	158,5	169,7	123,1
USA 2	240	235	263	261	258	22,1	23,7	25,2	22,9	27,8	170,4	131,6	148,2	141,2	120,7
Ø	282	264	286	280	266	22,4	23,2	24,4	22,3	25,8	157,7	143,1	150,3	156,5	123,6
GD t, 5 %	18,3	14,8	12,5	12,6	14,5	1,08	1,29	1,42	1,22	4,73	28,3	23,4	19,9	29,2	31,1

So lag die nordeuropäische Herkunft in allen Jahren über dem Versuchsmittel, die ukrainischen Herkünfte immer deutlich darunter (Abb. 3).

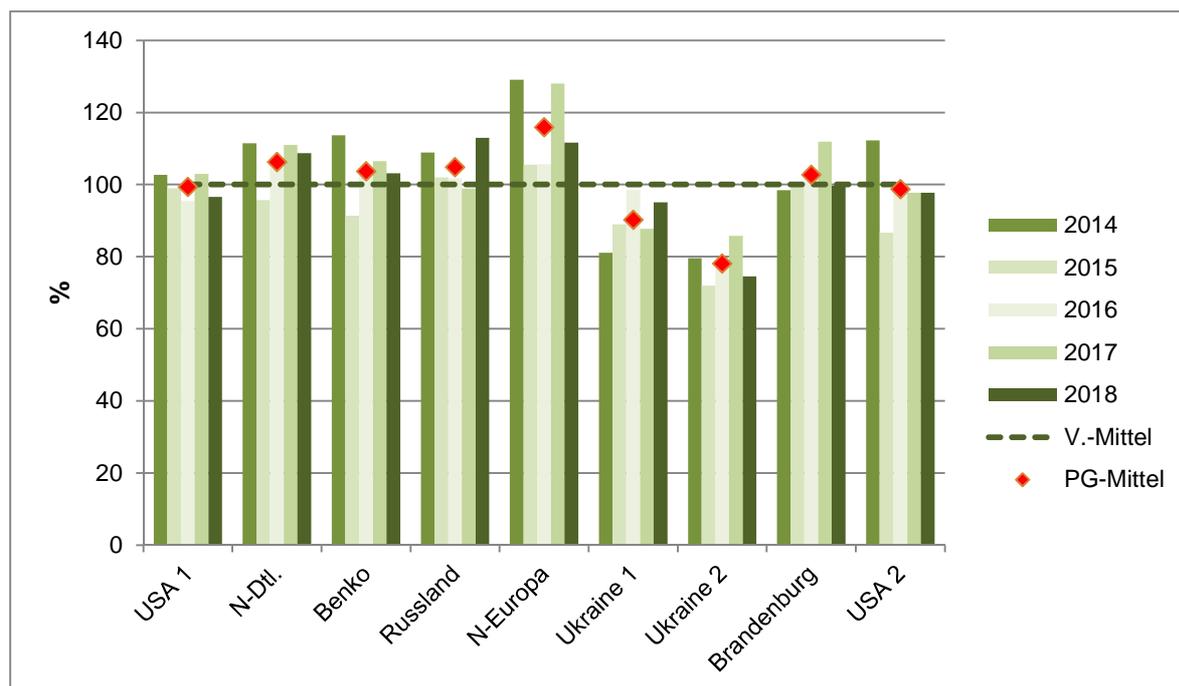


Abbildung 3: TM-Ertrag der geprüften Herkünfte relativ zum Versuchsmittel, VS Dornburg 2014 bis 2018

Am Erntegut des Versuches erfolgte von 2014 bis 2017 eine Untersuchung der für die Gasausbeuten relevanten Inhaltsstoffe Rohasche, ADL und ADF. Zwischen den Herkünften traten teilweise signifikante Unterschiede hinsichtlich der Lignin- und Fasergehalte auf. Die Rangfolge der Herkünfte in Bezug auf diese Werte bestätigte sich leider in den einzelnen Jahren nur in geringem Maße. Lediglich die beiden ukrainischen Herkünfte lagen bei ADF und ADL von 2014 bis 2016 konstant unter dem Versuchsmittel, bei niedrigeren Merkmalsausprägungen der Herkunft Ukraine 2. Leider wichen die Ergebnisse 2017 von diesem Trend ab (Tab. 22).

Tabelle 22: Rohasche- sowie ADF und ADL-Gehalt unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie, VS Dornburg 2014 bis 2017

Herkunft	Rohasche (Ma. % OS)				ADF (acid detergent fibre) (Ma. % OS)				ADL (acid detergent lignin) (Ma. % OS)			
	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017
USA 1	9,2	10,0	9,0	9,2	41,2	39,7	42,9	41,4	5,6	6,6	7,3	8,6
Norddtl.	8,9	8,5	9,3	9,3	42,6	42,1	42,2	38,2	5,7	6,7	7,2	10,3
Benko	9,3	9,5	9,0	8,8	41,5	39,5	42,7	39,9	5,5	6,1	6,3	9,0
Russland	9,8	9,0	8,8	8,3	42,1	42,0	44,2	41,3	6,1	6,5	7,2	9,4
Nordeuropa	9,0	10,1	9,2	9,3	41,6	38,1	42,9	39,1	5,8	6,2	6,7	11,3
Ukraine 1	8,7	8,9	9,0	8,7	38,1	37,2	40,8	38,2	5,3	5,4	6,8	7,7
Ukraine 2	9,3	9,8	8,9	9,3	35,8	36,3	38,8	38,1	4,8	5,0	6,4	9,3
Brandenburg	9,5	8,9	8,9	9,1	40,2	39,8	41,7	39,3	6,3	4,8	7,4	9,7
USA 2	10,9	10,4	9,8	9,6	39,3	38,8	43,4	38,8	5,6	4,8	6,6	9,6
Ø	9,4	9,4	9,1	9,0	40,3	39,2	42,1	39,4	5,6	5,8	6,9	9,4
GD t, 5 %	1,1	1,0	0,7	0,8	2,8	2,5	2,2	2,1	0,7	0,9	0,7	2,7

Bezüglich der Biogas- und Methanausbeuten unterschieden sich die Herkünfte kaum, so dass der Methanertrag je Flächeneinheit weitgehend den Biomasseerträgen folgte. Die in vorangegangenen Untersuchungen beobachteten hohen Methanausbeuten der ukrainischen

Herkunft 1 bestätigten sich nicht in erwartetem Maße (Tab. 23, Abb. 4 und 5). Aufgrund der gewonnenen Ergebnisse scheint eine Auslese methanreicher Typen eher schwierig.

Tabelle 23: Biogas- und Methanausbeute (Bestimmung im HBT) sowie Methanertrag unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie, VS Dornburg 2014 bis 2017

Herkunft	Biogasausbeute (NI/kg oTS)				Methanausbeute (NI/kg oTS)				Methanertrag (m ³ /ha)			
	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017
USA 1	459	510	480	498	273	275	254	269	4.256	4.137	3.687	4.203
Norddtl.	469	486	510	538	277	243	270	296	4.687	3.530	4.295	4.986
Benko	492	509	480	524	289	255	245	278	4.985	3.531	3.854	4.490
Russland	461	501	480	522	275	256	245	277	4.546	3.956	3.780	4.153
Nordeuropa	468	504	480	481	275	272	259	250	5.388	4.360	4.155	4.860
Ukraine 1	474	504	480	518	277	292	250	290	3.409	3.947	3.734	3.860
Ukraine 2	498	508	530	503	288	279	281	277	3.480	3.052	3.368	3.602
Brandenburg	477	504	500	495	284	267	260	272	4.245	4.034	4.120	4.622
USA 2	484	513	520	496	288	267	286	268	4.909	3.511	4.313	3.974
∅	476	504	495	508	281	267	261	275	4.434	3.784	3.923	4.306

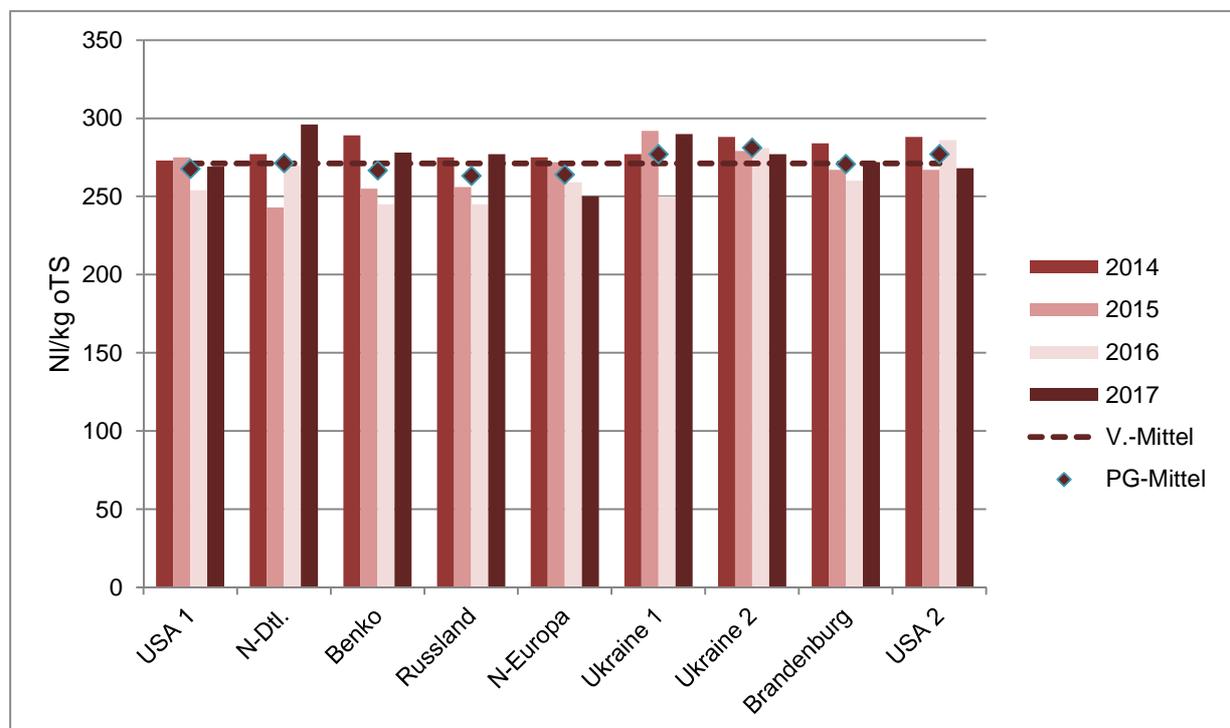


Abbildung 4: Methanausbeute der geprüften Herkünfte, VS Dornburg 2014 bis 2017

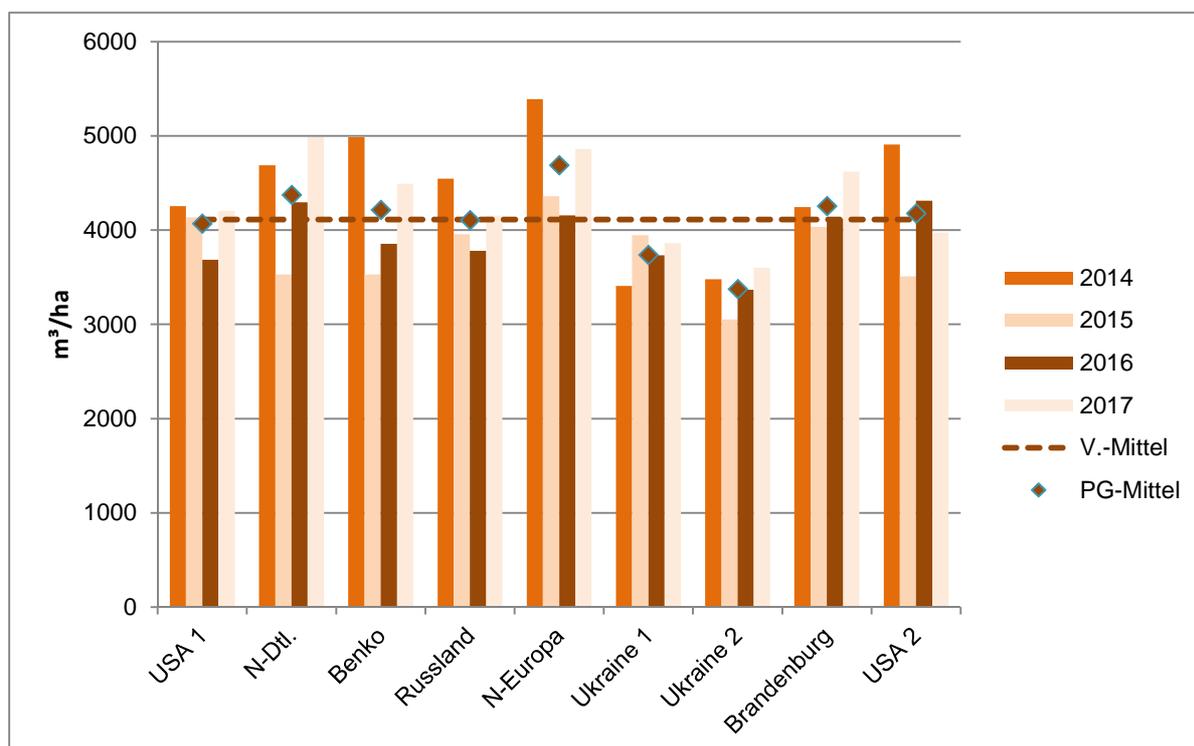


Abbildung 5: Methanertrag der geprüften Herkünfte, VS Dornburg 2014 bis 2017

Herkunftsprüfung Anlage 2015

Da neues Originalsaatgut aus den USA und Kanada zur Verfügung stand, wurde im Frühjahr 2015 nochmals eine Herkunftsprüfung gepflanzt. Als Standard fungierte die Saatware von NLC. Bedauerlich war, dass die Menge des kanadischen Saatguts nicht für mehrere Wiederholungen ausreichte.

Der Versuch wuchs trotz der Trockenheit vollständig an und entwickelte sich relativ zügig weiter. Der Bestandesschluss wurde Ende August erreicht. Bis zum Herbst hatten die Pflanzen mehr als 20 Blätter ausgebildet und einen Rosettendurchmesser von > 80 cm erreicht. Die kanadische Herkunft fiel durch weit ausgebreitete, am Boden liegende Blätter auf, was sich in der niedrigeren Wuchshöhe widerspiegelte (Tab. 24). Auffällig war, dass sie durch die ausgebreiteten Rosettenblätter das Unkraut sehr gut unterdrückte.

Tabelle 24: Anwuchsrate, Wuchshöhe, Rosettendurchmesser und Blattzahl von Silphie bei Einzelkornsaat und Pflanzung, Bonitur am 13.10.2015, VS Dornburg 2015

Herkunft	Anwuchsrate (%)	Wuchshöhe (cm)	Rosettendurchmesser (cm)	Blattzahl
NLC	100	34,9	86,7	24,0
USA 3	100	29,4	83,4	20,5
Kanada*	100	15,2	82,8	22,5

* ohne Wiederholung

Nach der erfolgreichen Etablierung kam der Versuch 2016 erstmals zur Ernte. Während der Standard und die Herkunft USA 3 in ertraglicher Hinsicht auf einem Niveau lagen, fiel die kanadische etwas ab. In den Folgejahren 2017 und 2018 traten zwischen den Herkünften keine signifikanten Unterschiede auf (Tab. 25).

Tabelle 25: Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie im 1. bis 3. Erntejahr, VS Dornburg 2016 bis 2018

Herkunft	Wuchshöhe (cm)			TS-Gehalt (%)			TM-Ertrag (dt/ha)		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
NLC	278	278	289	26,7	21,9	24,6	153,7	180,9	145,7
USA 3	281	281	292	26,4	23,9	26,1	158,0	185,0	165,7
Kanada*	270	263	292	25,4	25,6	26,2	135,4	174,2	168,8
GD t, 5 %	10,9	14,2	10,5	0,85	1,50	1,12	12,9	11,5	29,2

* ohne Wiederholung

Im ersten Erntejahr 2016 wies die kanadische Herkunft mit 290 NI/kg oTS sehr hohe Methanausbeuten auf, so dass sich die Methanerträge beider neuen Herkünfte auf gleichem Level bewegten. Im zweiten Erntejahr bestätigte sich dies nur eingeschränkt (Tab. 26).

Tabelle 26: Biogas- und Methanausbeute (Bestimmung im HBT) sowie Methanertrag unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie im 1. Erntejahr, VS Dornburg 2016 und 2017

Herkunft	Biogasausbeute (NI/kg oTS)		Methanausbeute (NI/kg oTS)		Methanertrag (m³/ha)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
USA 3	470	497	258	273	4.084	5.057
Kanada	500	512	290	276	3.925	4.816

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich die beiden neuen Herkünfte sowohl in ertraglicher Hinsicht als auch in Bezug auf die Methanausbeuten im Bereich der bereits länger geprüften Abstammungen bewegen.

Herkunftsprüfung Anlage 2016

Ursprünglich war geplant, im Frühjahr 2016 eine Stammprüfung mit Zuchtmaterial von NLC anzulegen. Aufgrund der geringen Mengen und der niedrigen Keimfähigkeit des aus isolierten Pflanzen gewonnenen Saatguts war dies jedoch nicht möglich. Deshalb wurden nochmals das Ausgangsmaterial der Züchtungsarbeiten, Russland und Ukraine 1, die in 2015 nur unzureichend aufgelaufene kanadische Herkunft sowie unterschiedliche Partien der „Donau-Silphie“ im Vergleich zum Standard NLC gepflanzt.

Die Pflanzen wuchsen trotz der Trockenheit sehr gut an und entwickelten bis zum Herbst große Rosetten (Tab. 27). Auffallend war wieder der niederliegende Typ der Blattrosette der kanadischen Herkunft, der auflaufende Unkräuter sehr gut unterdrückte. Die ukrainische Herkunft fiel durch die intensive Anthocyanfärbung der Blätter auf. Die restlichen Herkünfte unterschieden sich morphologisch nicht voneinander und waren insgesamt relativ inhomogen.

Tabelle 27: Anwuchsrate, Wuchshöhe, Rosettendurchmesser und Blattzahl unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie, Bonitur am 10.10.2016, VS Dornburg 2016

Herkunft	Anwuchsrate (%)	Wuchshöhe (cm)	Rosettendurchmesser (cm)	Blattzahl
Russland	100	20,5	64,9	27
Ukraine 1	100	23,0	60,9	33
Kanada	100	20,0	72,3	24
NLC	100	23,3	68,7	29
Donau-Silphie F	100	26,1	66,9	35
Donau-Silphie M	100	24,3	75,6	34
Donau-Silphie E	100	24,2	73,8	31

Die im Herbst ermittelten Werte versprachen gute Erträge im ersten Erntejahr, was sich 2017 auch bestätigte. Der im Vergleich zu den restlichen Versuchen überdurchschnittliche Ertrag in beiden Erntejahren dürfte der Randwirkung der Mikroparzellen geschuldet sein. Signifikan-

te Unterschiede traten zwischen den Herkünften kaum auf, nur die kanadische Herkunft schnitt schlechter ab als das ertragsstärkste Prüfglied jeden Jahres. Leider bestätigte sich die Rangfolge der Prüfglieder 2018 nicht (Tab. 28). Allerdings lag die Saatware von NLC in beiden Jahren im oberen Ertragsbereich.

Tabelle 28: Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie im 1. und 2. Erntejahr, VS Dornburg 2017 und 2018

Herkunft	Wuchshöhe (cm)		TS-Gehalt (%)		TM-Ertrag (dt/ha)	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Russland	292	292	21,5	24,8	184,1	175,0
Ukraine 1	280	265	23,5	24,8	182,9	174,4
Kanada	269	264	23,7	25,5	170,5	154,6
NLC	271	279	23,2	25,0	188,3	186,5
Donau-Silphie F	286	273	23,9	24,0	188,6	160,9
Donau-Silphie M	278	276	23,9	23,6	194,2	152,4
Donau-Silphie E	284	268	24,1	24,6	192,9	169,6
∅	280	274	23,4	24,6	182,9	167,6
GD t, 5 %	11,6	12,2	1,70	0,94	23,2	25,8

II.1.1.3 Prüfung von Zuchtmaterial

In 2017 stand erstmals ausreichend Saatgut von Einzelpflanzennachkommenschaften (EPN) aus den Züchtungsarbeiten von NLC zur Verfügung. Insgesamt wurden 15 EPN ausgesät. Die PG 1 bis 9 stammten von Pflanzen der russischen Herkunft, PG 10 bis 15 von der ukrainischen ab. Als Standard diente die russische Herkunft. Die Anlage erfolgte in Mikroparzellen von 4,5 m² in vierfacher Wiederholung. Die Pflanzen entwickelten sich sehr gut, bereits Anfang August war der Bestandesschluss erreicht. Insgesamt waren die einzelnen Prüfglieder relativ heterogen, wobei sich das Zuchtmaterial nicht vom Standard ‚Russland‘ unterschied. Teilweise traten hinsichtlich der Wuchshöhe, des Rosettendurchmessers und der Blattzahl signifikante Unterschiede auf (Tab. 29).

Tabelle 29: Anwuchsrate, Wuchshöhe, Rosettendurchmesser und Blattzahl unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie, Bonitur am 15.09.2017, VS Dornburg 2017

PG	Anwuchsrate (%)	Wuchshöhe (cm)	Rosettendurchmesser (cm)	Blattzahl	Homogenität* 1 bis 9
1	100	51,2	75,8	37,1	6
2	100	53,4	73,2	37,0	6,5
3	100	52,8	76,6	36,3	5,5
4	100	58,5	78,1	39,4	5
5	100	49,6	75,4	41,2	5
6	100	50,0	77,4	37,6	5
7	100	49,7	77,2	39,3	5
8	100	51,9	72,0	38,9	6
9	100	47,6	75,1	38,4	3
10	100	44,1	75,3	39,2	4,5
11	100	41,8	76,3	43,1	6
12	100	43,2	76,2	45,3	6,5
13	100	43,7	76,1	44,4	4,5
14	100	47,6	75,7	46,9	4,5
15	100	51,1	76,7	45,3	4,5
Standard (Russland)	100	51,8	77,9	46,4	4,5
GD t, 5 %		5,9	3,3	6,4	

* 1 = homogen, 9 = heterogen

Im ersten Ertragsjahr 2018 waren zwischen den EPN deutliche Unterschiede festzustellen. Einzelne Prüfglieder lagen tendenziell unter bzw. über dem Standard. Allerdings wiesen nicht die EPN mit den größten Rosetten bzw. meisten Blättern im ersten Jahr im Folgejahr auch

den höchsten Biomasseertrag auf (Tab. 30). Im Mittel war der Ertrag der von der russischen Herkunft abstammenden EPN mit 153,5 dt TM/ha höher als der der ukrainischen EPN mit 138,5 dt TM/ha und auch höher als die Biomasse des Standards.

Tabelle 30: Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag unterschiedlicher Einzelpflanzennachkommenschaften der Durchwachsenen Silphie im 1. Erntejahr, VS Dornburg 2018

Herkunft	Wuchshöhe (cm)	TS-Gehalt (%)	TM-Ertrag (dt/ha)
1	280	26,1	149,2
2	278	26,6	149,5
3	274	26,8	132,7
4	267	26,6	153,6
5	269	26,2	170,3
6	282	27,4	147,6
7	271	25,9	154,0
8	262	26,3	152,0
9	272	26,6	172,6
10	268	26,7	129,5
11	260	27,6	134,3
12	244	26,7	132,6
13	254	26,4	138,5
14	265	26,7	174,6
15	278	26,6	121,4
Standard (Russland)	266	26,7	141,4
∅	268	26,6	147,1
GD t, 5 %	14,6	0,98	33,8

Zur Verifizierung der Ergebnisse des ersten Jahres sind weitere Untersuchungen erforderlich. Es ist vorgesehen, den Versuch aus Landesmitteln weiterzuführen und das Zuchtmaterial zu erhalten.

II.1.1.4 Prüfung in-vitro-vermehrter Einzelpflanzen

Ein im Teilvorhaben 2 vom Institut für Gemüsezüchtung bearbeiteter Unterauftrag beschäftigte sich mit der Erarbeitung eines Verfahrens zur in-vitro-Vermehrung der Durchwachsenen Silphie. Drei der auf diese Art erzeugten Klone wurden 2017 auf dem Versuchsfeld in Dornburg in Mikroparzellen gepflanzt. Die Pflanzung erfolgte mit Ende Juni relativ spät und die Pflanzen blieben bezüglich der Entwicklung ihrer Blattrosette deutlich hinter der benachbarten Prüfung der Einzelpflanzennachkommenschaften zurück. Dementsprechend niedrig waren auch die Erträge des ersten Erntejahres 2018, die mit 130 dt TM/ha im Versuchsmittel hinter den restlichen Versuchen zurückblieben. Auffallend war bei allen drei Prüfgliedern die geringe Wuchshöhe von nur etwas über 2 m (Tab. 31). Ob dies an der Auswahl des Ausgangsmaterials für die in-vitro-Vermehrung oder am Entwicklungsrückstand durch die späte Pflanzung lag, kann nur in der Weiterführung des Versuchs geklärt werden.

Tabelle 31: Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag durch in-vitro-Vermehrung erzeugter Stämme der Durchwachsenen Silphie im 1. Erntejahr, VS Dornburg 2018

Herkunft	Wuchshöhe (cm)	TS-Gehalt (%)	TM-Ertrag (dt/ha)
IGZ 1	202	25,7	123,8
IGZ 2	201	27,1	122,3
IGZ 3	215	26,7	151,6
∅	205	26,5	130,2
GD t, 5 %	8,2	0,99	21,1

II.1.1.5 Organisch-mineralische Düngung

In dem Versuch wurden seit 2013 sechs unterschiedliche Varianten mit mineralischer, organischer bzw. organisch-mineralischer Düngung verglichen. Im 1. Versuchsjahr 2013 trat im gesamten Versuch starkes Lager auf, das die Ernte und Auswertung des Versuches erschwerte. Die Erträge der Varianten lagen auf relativ gleichem Niveau, lediglich zwischen der mineralisch mit stabilisiertem Dünger gedüngten und der frühen Gärrestdüngung waren signifikante Unterschiede feststellbar, wobei das organisch gedüngte Prüfglied dem mineralisch gedüngten überlegen war. In den Folgejahren traten kaum noch signifikante Unterschiede auf. Die Erträge der Varianten lagen im Mittel der Jahre relativ dicht beieinander. Interessant war, dass die mit Gärrest gedüngten Varianten mit geringerer Gesamt-N-Menge meist Erträge auf dem gleichen Level wie die auf einen N-Sollwert von 150 kg/ha gedüngten Varianten erreichten, was auf eine gute Nährstoffaufnahme aus dem Gärrest schließen lässt (Tab. 32 und 33).

Tabelle 32: Düngungsvarianten, ausgebrachte N-Mengen sowie N-Hinterlassenschaft bei Durchwachsener Silphie, VS Dornburg 2013 bis 2016

PG	Variante	Ausgebrachte N-Düngung (kg/ha)				N-gesamt (N _{min} + Düngung) (kg/ha)				N _{min} nach Ernte, 0–60 cm, (kg/ha)			
		2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016
1	N-Sollwert 150 kg/ha, mineralisch als KAS	134	134	134	85	150	150	150	150	20	16	20	7
2	N-Sollwert 150 kg/ha, mineralisch stabilisiert	134	134	134	70	150	150	150	149	20	20	17	12
3	N-Sollwert 150 kg/ha (50 m ³ Gärrest/ha + min.)	90 + 44	120 + 15	120 + 15	70 + 20	150	151	151	151	20	16	19	1
4	50 m ³ Gärrest (März/April)	90	120	120	70	90	136	136	146	20	16	15	10
5	50 m ³ Gärrest stabilisiert (März/April)	90	120	120	70	90	136	136	129	20	16	14	3
6	25 m ³ Gärrest (März/April) + 25 m ³ Gärrest (April/Mai)	45 + 45	58 + 65	60 + 45	45 + 54	90	123	121	161	16	16	17	9

Tabelle 33: Einfluss der Düngung auf Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag bei Durchwachsener Silphie, VS Dornburg 2013 bis 2016

PG	Variante	Wuchshöhe (cm)				TS-Gehalt (%)				Ertrag (dt TM/ha)			
		2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016
1	N-Sollwert 150 kg/ha, mineralisch als KAS	308	306	268	290	20,9	21,2	22,1	23,4	193,4	174,9	215,6	195,0
2	N-Sollwert 150 kg/ha, mineralisch stabilisiert	304	318	272	290	21,0	21,5	23,0	23,5	178,5	197,7	209,5	184,9
3	N-Sollwert 150 kg/ha (50 m ³ Gärrest/ha + min.)	303	307	275	289	21,5	21,4	22,8	22,8	206,0	207,9	197,8	185,5
4	50 m ³ Gärrest (März/April)	299	300	262	283	20,3	22,3	22,4	23,6	211,2	204,9	204,1	167,2
5	50 m ³ Gärrest stabilisiert (März/April)	292	299	260	274	22,4	21,4	22,6	23,5	205,8	171,9	193,0	170,7
6	25 m ³ Gärrest (März/April) + 25 m ³ Gärrest (April/Mai)	192	307	267	274	21,6	21,0	22,6	23,6	198,2	172,8	217,1	166,5
	GD t, 5 %	8,8	8,9	6,5	10,6	1,2	1,0	0,8	0,7	23,3	30,0	19,6	25,5

Der Versuch wurde 2017 mit vergleichbaren Düngungsstufen fortgesetzt. Jedoch erfolgte eine zweischnittige Nutzung. Die Gesamt-Düngermengen wurden zu je 50 % zu Vegetationsbeginn und nach dem ersten Schnitt appliziert. Bei Prüfglied 6 kam eine einschnittige Ernte zum ortsüblichen Termin zur Anwendung, um einen Vergleich hinsichtlich der Erträge und Qualitäten zu gewährleisten. Die Varianten, N-Mengen und N-Hinterlassenschaft nach Ernte beinhaltet Tabelle 34.

Tabelle 34: Düngungsvarianten, ausgebrachte N-Mengen sowie N-Hinterlassenschaft bei zweischnittiger Nutzung von Durchwachsener Silphie, VS Dornburg 2017

PG	Variante	Ausgebrachte N-Düngung (kg/ha)	N-gesamt (N _{min} + Düngung) (kg/ha)	N _{min} nach Ernte, 0–60 cm, (kg/ha)
1	N-Sollwert 75 kg/ha im April + 75 kg/ha nach dem 1. Schnitt mineralisch als KAS	72 + 75	153	4
2	N-Sollwert 75 kg/ha im April + 75 kg/ha nach dem 1. Schnitt mineralisch stabilisiert	72 + 75	157	18
3	25 m ³ Gärrest im April + KAS auf 150 kg/ha nach dem 1. Schnitt	60 + 75	160	5
4	25 m ³ Gärrest im April + 25 m ³ Gärrest nach dem 1. Schnitt	60 + 55	119	1
5	25 m ³ Gärrest stabil. im April + 25 m ³ Gärrest nach dem 1. Schnitt	60 + 55	124	5
6	25 m ³ Gärrest (März/April) + KAS auf 150 kg/ha im Mai	60 + 80	148	11

Die Erträge der Silphie waren bei zweischnittiger Nutzung, unabhängig von der Düngungsvariante, signifikant niedriger als bei einschnittiger Nutzung. Vor allem die niedrigen TS-Gehalte des ersten Schnittes lassen eine sichere Silierung ohne vorheriges Anwelken kaum zu (Tab. 35).

Tabelle 35: Einfluss der Düngung auf Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag bei zweischnittiger Nutzung von Durchwachsener Silphie, VS Dornburg 2017

PG	Variante	Wuchshöhe (cm)		TS-Gehalt (%)		Ertrag (dt TM/ha)		
		1. Schnitt	2. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	Gesamt
1	N-Sollwert 75 kg/ha im April + 75 kg/ha nach dem 1. Schnitt mineralisch als KAS	140	153	11,9	20,4	66,4	57,1	123,5
2	N-Sollwert 75 kg/ha im April + 75 kg/ha nach dem 1. Schnitt mineralisch stabilisiert	130	153	12,5	21,1	57,9	60,7	118,6
3	25 m ³ Gärrest im April + KAS auf 150 kg/ha nach dem 1. Schnitt	131	140	12,3	20,2	64,3	56,2	120,4
4	25 m ³ Gärrest im April + 25 m ³ Gärrest nach dem 1. Schnitt	125	138	12,7	20,5	54,0	53,4	107,3
5	25 m ³ Gärrest stabil. im April + 25 m ³ Gärrest nach dem 1. Schnitt	121	133	12,9	20,8	58,8	57,4	114,2
6	25 m ³ Gärrest (März/April) + KAS auf 150 kg/ha im Mai	268		23,6		181,5		181,5
	GD t, 5 %	53,2	11,8	4,3	0,6	48,2	22,4	28,2

Das Gasbildungspotenzial lag beim ersten Schnitt mit 526 NI/kg oTS Biogas bzw. 295 NI/kg oTS Methan im überdurchschnittlichen Bereich. Dies bestätigte sich beim zweiten Schnitt mit 497 NI/kg oTS Biogas bzw. 258 NI/kg oTS Methan leider nicht, so dass sich eine zweischnittige Ernte auch bezüglich der Gasausbeuten nicht lohnt.

II.1.1.6 Anbau unter Deckfrucht Mais

In Baden-Württemberg wurde in einem Praxisbetrieb ein Verfahren entwickelt, Silphie unter der Deckfrucht Mais zu etablieren. Hintergrund des Verfahrens ist es, das ertraglose Etablierungsjahr der Silphie durch den Silomaisertrag ökonomisch aufzuwerten. Gleichzeitig kann

die Beschattung durch den Mais ein besseres Kleinklima erzeugen und einer Spätverunkrautung vorbeugen. In Dornburg kam in 2015 ein Versuch zur Einzelkornsaat Silphie unter Mais zur Anlage, um das beschriebene Anbauverfahren unter wesentlich trockeneren Bedingungen in Thüringen zu testen. Im Versuch wurde die Silphie mit einem Ablageabstand von 12,2 cm und einem Reihenabstand von 50 cm am 11.05.2015 gesät. Dies entspricht einer Aussaatstärke von 16,4 Samen/m² bzw. ca. 3,0 kg/ha. Die Aussaat der Deckfrucht Mais, Sorte P7524 (S 200) erfolgte aufgrund tieferer Saatgutablage unmittelbar davor mit angestrebten Bestandesdichten von 4, 6 und 8 Pflanzen/m² im selben Reihenabstand zwischen die Silphiereihen. Ein Silphie-Prüfglied ohne Deckfrucht dient als Standard. Um bei den herrschenden trockenen Bodenbedingungen noch einen Kapillarschluss zu erreichen, erfolgte nach der Saat ein Walzengang. Im April fielen in Dornburg in 2015 nur insgesamt 21,3 mm Regen, davon 12,3 mm in der letzten Dekade. Bis zur Aussaat am 11.05. kamen noch einmal 6,5 mm Regen dazu. Der Mai blieb dann mit gesamt 12,9 mm extrem trocken. Erstaunlicherweise waren bis Ende Mai ca. 50 % der abgelegten Silphiesamen aufgelaufen. Eine zweite Auflaufwelle folgte nach ergiebigeren Niederschlägen im Juni, so dass Ende Juni ein Feldaufgang von ca. 80 % zu verzeichnen war. Unterschiede zwischen den Varianten bestanden nicht.



Abbildung 6: Versuch nach der Maisernte, Reinsaat rechts, VS Dornburg 2015, (Foto: TLL)

Im weiteren Jahresverlauf blieb es ebenfalls recht trocken, so dass die Reinsaat einen deutlichen Wachstumsvorsprung gegenüber den Varianten mit Mais aufwies. Zur Maisernte Ende August hatte PG 1 bereits den Bestandeschluss erreicht, während die Pflanzen in den Deckfruchtvarianten (PG 2 bis 4) wesentlich schwächer waren (Abb. 6).

Der Maisertrag folgte der Bestandesdichte und lag bei 80.000 Pfl./ha knapp unter dem Durchschnittsertrag am Standort in 2015, der 135 dt TM/ha betrug.

Bis zu Vegetationsende erfolgte noch ein Zuwachs in allen Varianten, ohne dass die Prüfglieder mit Deckfrucht den Entwicklungsrückstand aufholen konnten (Tab. 36).

Tabelle 36: Pflanzenentwicklung nach der Maisernte und zu Vegetationsende sowie Maisertrag im Versuch „Silphie unter Deckfrucht“, VS Dornburg 2015

Variante	Bestandesdichte Pfl./m ²	Bonitur am 31.08.2015			Bonitur am 13.10.2015			Ertrag Mais (dt TM/ha)
		Wuchshöhe (cm)	Durchmesser (cm)	Blattzahl	Wuchshöhe (cm)	Durchmesser (cm)	Blattzahl	
Reinsaat	12,1	23,2	51,1	4,9	23,6	61,4	6,8	-
Mais 4 Pfl./m ²	13,4	16,4	32,9	4,0	11,8	39,6	6,4	100,4
Mais 6 Pfl./m ²	12,5	15,4	27,6	3,5	10,9	38,1	6,3	114,9
Mais 8 Pfl./m ²	14,5	12,4	26,0	3,4	9,2	38,4	6,2	126,1
GD t, 5 %		6,0	15,0	1,4	8,0	16,2	1,9	12,9

Daraus resultierten im ersten Erntejahr 2016 deutlich weniger, dünnere Schosstriebe als bei der Reinsaat. Durch die geringere Bestockung schloss sich der Bestand erst wesentlich später, ein höherer Unkrautdruck war die Folge. Auch in der weiteren Entwicklung blieben die Deckfruchtvarianten hinter der Reinsaat zurück. Dies widerspiegelte sich in den Erträgen des ersten Erntejahres, in dem die Deckfruchtvarianten nur zwischen 56 und 68 % der Reinsaat erreichten. Durch den Ertrag des Maises in 2015 lagen die Gesamterträge aller Deckfruchtvarianten jedoch nach dem ersten Erntejahr über der Reinsaat. Dies änderte sich im zweiten Erntejahr. Durch die erneuten Mindererträge von mehr als 20 % gegenüber der Reinsaat lag diese nun nahezu gleichauf mit den Deckfruchtvarianten. 2018 erreichten alle Varianten erstmals die gleiche Ertragshöhe, wodurch sich an den Relationen hinsichtlich des Gesamtertrages im Vergleich zum Vorjahr nichts änderte (Tab. 37).

Tabelle 37: Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag von Durchwachsener Silphie bei Anlage unter Deckfrucht Mais, VS Dornburg 2016 bis 2018

Variante	Wuchshöhe (cm)			TS-Gehalt (%)			TM-Ertrag Silphie (dt/ha)			TM-Ertrag Mais (dt/ha) 2015	Gesamt-TM- Ertrag (dt/ha) 2015 bis 2018
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018		
Reinsaat	260	283	281	26,3	22,2	24,8	150,9	194,2	134,6	-	479,7
Mais 40.000 Pfl./m ²	241	277	278	23,8	22,3	25,1	84,3	146,3	136,1	100,4	467,1
Mais 60.000 Pfl./ha	213	272	278	24,6	22,3	23,9	90,3	144,0	123,6	114,9	472,7
Mais 80.000 Pfl./ha	203	274	278	25,6	22,9	24,5	102,8	155,4	134,8	126,1	519,0
GD t, 5 %	24,2	8,7	6,8	1,10	0,60	1,05	27,9	23,0	14,8	12,9	31,2

Insgesamt bestätigte sich die Vermutung, dass das Verfahren der Etablierung von Silphie unter Deckfrucht, das bereits in vorhergehenden Projekten mit Hirse geprüft wurde, unter den meist trockensten Bedingungen Mitteldeutschlands risikobehaftet ist.

II.1.1.7 Standortvergleich Durchwachsene Silphie bei Saat und Pflanzung

Im Rahmen der Kooperation der Landesanstalten der Länder im Bereich Pflanzenproduktion, Arbeitsgruppe „Kleine und mittlere Kulturen“, wurde 2013 in Thüringen (Dornburg), Bayern (Aholfing), Baden-Württemberg (Rheinstetten-Forchheim) und Hessen (Bad Hersfeld-Eichhof) ein Versuch zum Vergleich des Saat- und Pflanzverfahrens angelegt. Einheitliches Saat- und Pflanzgut stellte die TLL über NLC zur Verfügung. Der Versuch kam allerdings erst zwischen Anfang Juni und Anfang Juli an den einzelnen Standorten zur Anlage. Ursache hierfür war die extreme Nässe mit teilweisen Überflutungen, die eine frühere Saat bzw. Pflanzung verhinderte. Nach der Anlage setzte dann trockene Witterung mit überdurch-

schnittlichen Temperaturen ein. Während die Pflanzung überall, teilweise mit Beregnung, gelang, gab es beim gesäten Prüfglied gravierende Unterschiede, die sich in den Erträgen des ersten Erntejahres widerspiegelten. So erreichte die Saatvariante in Dornburg und Rheinstetten nahezu den Ertrag der Pflanzung, fiel dagegen im Eichhof und Aholting deutlich ab. Im zweiten Erntejahr 2015 glichen sich die Erträge beider Varianten im Eichhof weitgehend an. Der Unterschied in Aholting blieb weiterhin recht deutlich, indem die Saatvariante lediglich ca. 80 % der Pflanzung erreichte. In 2016 erreichte die Saatvariante in Aholting mehr als 90 % der Pflanzung, während der Ertrag dieser Variante in Hessen wieder auf 80 % abfiel. Für 2017 und 2018 liegen lediglich die Daten aus Dornburg und dem Eichhof vor. Während in Dornburg 2017 die Pflanzvariante der Saat überlegen war und 2018 beide Prüfglieder auf einem Niveau lagen, blieb am Eichhof die Pflanzung tendenziell besser (Tab. 38 bis 41).

Tabelle 38: Standortvergleich Silphie – TS-Gehalt zur Ernte und TM-Ertrag bei Einzelkornsaat und Pflanzung, Thüringen (VS Dornburg) 2014 bis 2018

Variante	TS-Gehalt (%)					TM-Ertrag (dt/ha)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Pflanzung	23,5	24,7	23,7	21,9	24,8	186,4	180,3	164,0	178,1	145,0
Saat	23,7	24,6	24,8	22,3	25,4	173,5	172,4	158,7	154,1	166,2
GD t, 5 %						19,9	10,4	9,5	16,5	24,1

Tabelle 39: Standortvergleich Silphie – TS-Gehalt zur Ernte und TM-Ertrag bei Einzelkornsaat und Pflanzung, Hessen (Eichhof) 2014 bis 2018

Variante	TS-Gehalt (%)					TM-Ertrag (dt/ha)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Pflanzung	25,8	27,3	24,0	23,4	30,6	212,3	115,3	210,6	156,4	129,4
Saat	26,7	28,6	23,9	23,0	30,5	128,9	111,7	168,3	141,2	118,8

Tabelle 40: Standortvergleich Silphie – TS-Gehalt zur Ernte und TM Ertrag bei Einzelkornsaat und Pflanzung, Baden-Württemberg (Rheinstetten) 2014 bis 2016

Variante	TS-Gehalt (%)			TM-Ertrag (dt/ha)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Pflanzung	24,4	31,9	30,2	120,0	132,0	117,8
Saat	24,6	32,7	30,1	108,0	135,2	126,0

Tabelle 41: Standortvergleich Silphie – TS-Gehalt zur Ernte (%) und TM Ertrag (dt/ha) bei Einzelkornsaat und Pflanzung, Bayern (Aholting) 2014 bis 2016

Variante	TS-Gehalt (%)			TM-Ertrag (dt/ha)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Pflanzung	27,2	33,0	29,0	100,1	141,4	157,2
Saat	26,3	30,9	31,4	68,7	119,2	144,6

Im Mittel der Versuchsjahre und Varianten erreichte Dornburg mit 168 dt TM/ha den höchsten Ertrag, gefolgt vom Eichhof mit 149 dt TM/ha. Die Standorte in Baden-Württemberg und Bayern blieben mit ca. 120 dt TM/ha darunter, was der geringeren Standortgüte geschuldet sein dürfte.

Beim Vergleich der Varianten ‚Pflanzung‘ und ‚Saat‘ schnitt die letztgenannte im Mittel der Jahre an zwei Standorten schlechter ab, in Dornburg und Rheinstetten wurden gleiche Ertragshöhen erreicht (Abb. 7).

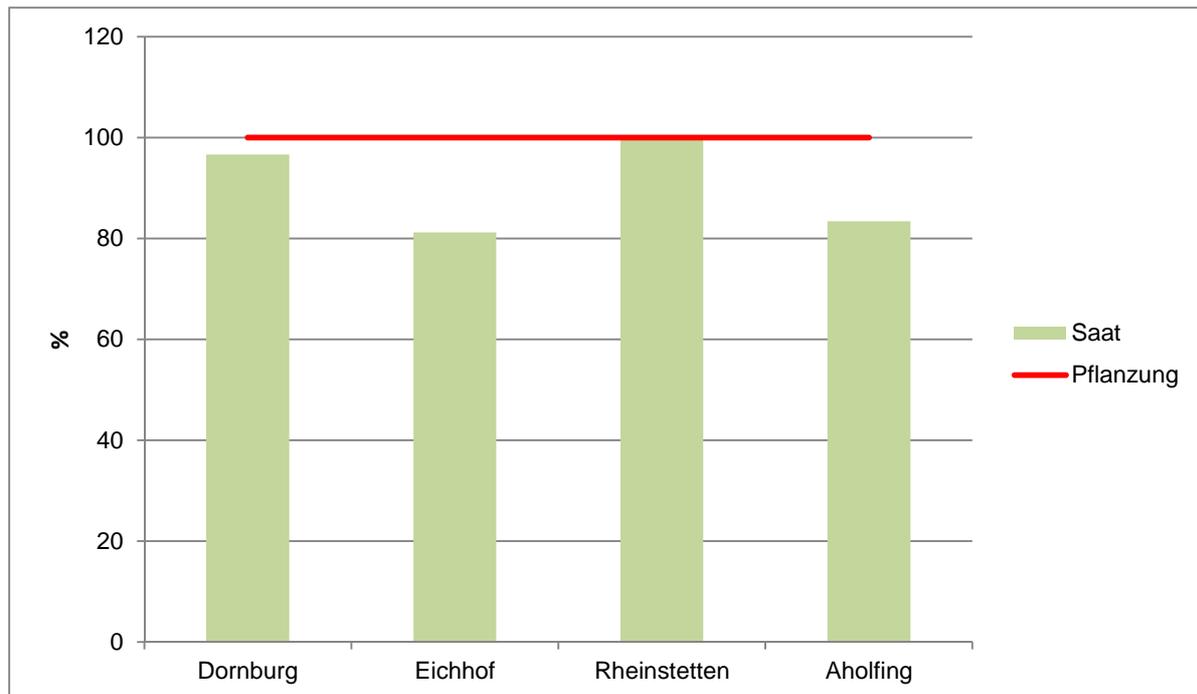


Abbildung 7: Relativträge der Saatvariante im Vergleich zur Pflanzung im Mittel der Erntejahre, VS Rheinstetten-Forchheim und Aholting, 2014 bis 2016, Eichhof und Dornburg 2014 bis 2018

Die Ursache für diese Unterschiede ist wahrscheinlich in der schlechteren Bestandesetablierung der Saatvariante durch die vorab beschriebenen Witterungsverhältnisse im Anlagejahr begründet. Bei günstigen Bedingungen zur Aussaat, einem ausreichendem Feldaufgang und der Bildung einer entsprechenden Blattrosette bis zum Herbst des Anlagejahres unterscheiden sich Saat und Pflanzung hinsichtlich ihres Ertragsvermögens nicht, wie die Ergebnisse in Thüringen und Baden-Württemberg belegen.

II.1.1.8 Prüfung unterschiedlicher Aussaatvarianten

Aussaatvarianten 2016

Im Versuch wurden die von der Universität Bonn modifizierte Amazone ED Einzelkornsämaschine (EKS) und die Parzelleneinzelkornsämaschine Wintersteiger der VS Dornburg eingesetzt. Bei Variation der Saattiefe (0,5 cm, 1,0 cm, 2,0 cm, 3,0 cm, Wintersteiger nur 0,5 cm und 2,0 cm) kam Saatware von NLC im Vergleich zu gecoatetem Saatgut (Variante K1: TKM = 61 g, Variante K2: TKM = 93 g) zur Aussaat. Das verwendete Saatgut war im vorherigen Berichtszeitraum bereits im Gewächshausversuch in ähnlichen Ablagetiefen geprüft worden. Es zeigte sich, dass, im Gegensatz zum Gewächshausversuch, im Freiland immer die Saatware von NLC die höchsten Feldaufgangsraten aufwies. Gleichzeitig bestätigte sich, dass bei der Silphiesaat eine flache Ablage für eine optimale Etablierung notwendig ist. Generell war die Feldaufgangsraten bei der Amazone EKS besser als bei der Wintersteiger (Tab. 42, Abb. 8).

Tabelle 42: Feldaufgangsrate (%) von Durchwachsener Silphie in Abhängigkeit von Ablagetiefe, Saatgutvariante und Sätechnik, VS Dornburg 2016

Saattiefe/Saatgut	NLC Amazone	Wintersteiger	K1 Amazone	Wintersteiger	K2 Amazone	Wintersteiger
0,5 cm	70,0	49,4	69,2	54,7	55,6	44,7
1,0 cm	68,1	-	65,1	-	48,1	-
2,0 cm	47,7	39,6	42,4	34,9	27,0	28,5
3,0 cm	44,0	-	30,9	-	26,	-

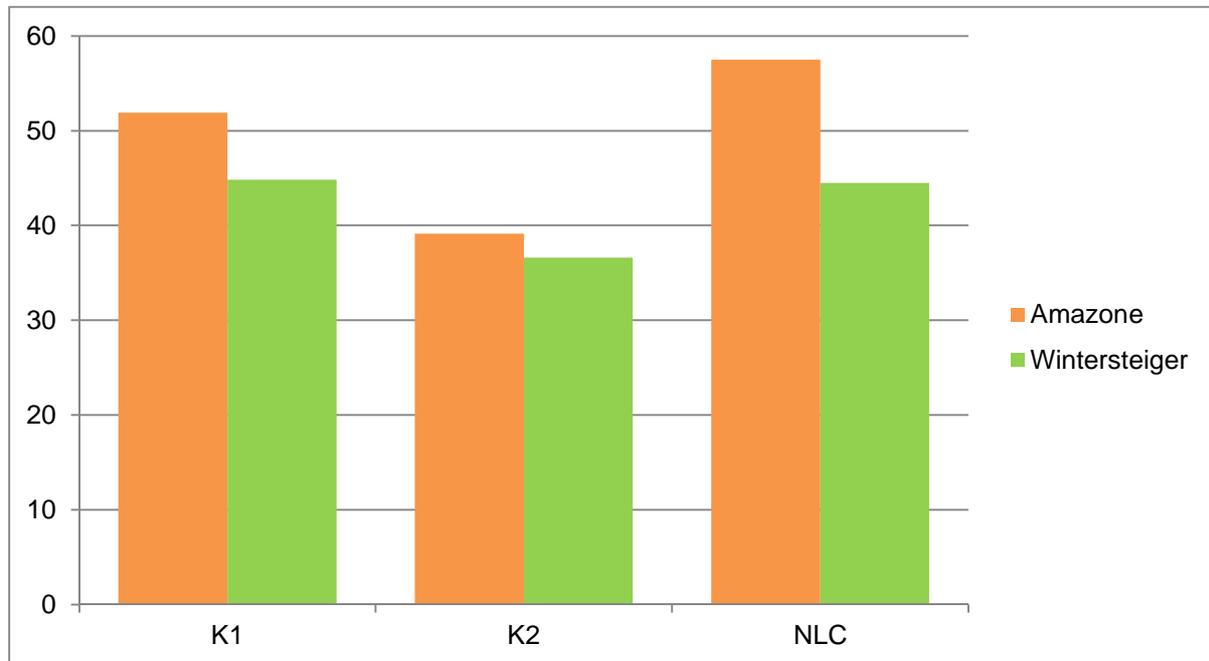


Abbildung 8: Feldaufgangsraten (%) der unterschiedlichen Saatgutvarianten in Abhängigkeit der verwendeten Sätechnik, VS Dornburg 2016

Bei der modifizierten Amazone waren eine deutlich gleichmäßigere Verteilung des Saatguts und wesentlich weniger Doppelbelegungen zu verzeichnen als bei der Wintersteiger EKS. Dies kann jedoch zumindest teilweise durch die verwendeten Säscheiben begründet sein. So kamen bei der Amazone Säscheiben mit 1,2 mm Lochung, bei der Wintersteiger Säscheiben mit 2,1 mm Lochung zum Einsatz.

Aussaatvarianten 2017

Bei der Wiederholung des Versuchs kamen wiederum die modifizierte EKS Amazone ED 302 (M1) sowie die Parzellen-EKS Wintersteiger (M2) der VS Dornburg zum Einsatz. Als weiterer Faktor (Faktor B) wurde die eine Hälfte des Versuchs intensiv mechanisch, mehrmals flach bis unmittelbar vor der Aussaat bearbeitet (B1). Der andere Teil blieb nach dem Einebnen im zeitigen Frühjahr liegen und ist dann etwa zwei Wochen vor der Aussaat mit 3,0 l/ha Roundup behandelt worden, um den Aufwuchs zu beseitigen (B2). Hintergrund war die Annahme, dass ohne die mechanische Bearbeitung die Bodenfeuchte besser erhalten bleibt und durch den chemisch abgetöteten Aufwuchs ein gewisser Schutz vor Wassererosion besteht. Insgesamt wurden drei verschiedene Saatgutvarianten getestet (Faktor S):

- vorbehandeltes Saatgut der Firma N.L. Chrestensen (S1)
- vorbehandeltes Saatgut der Firma N.L. Chrestensen + Bedeckung mit Perliten (S2)
- vorbehandeltes Saatgut der Firma N.L. Chrestensen mit Mykorrhizabelegung (S3)

Die Perlite- Abdeckung der Saatreihe wurde bereits am Institut für Landtechnik der Uni Bonn erfolgreich getestet. Die Sättiefe (Faktor T) der Varianten lag bei etwa 1,0 cm (T1) sowie 1,5 cm (T2).

Im Ergebnis des Versuchs ist ersichtlich, dass eine Herbizidbehandlung vor der Saat zu einem besseren Feldaufgang führen kann. Über alle Varianten hinweg lag der Feldaufgang bei der Normalsaat dabei tendenziell höher als bei der flacheren Saat (Abb. 9). Ein Starkregenereignis knapp drei Wochen nach der Saat führte zu Verschlümmungen, wodurch zudem einige Jungpflanzen herausgerissen oder verschüttet wurden. Ein Effekt der Bodenbearbeitung auf die Erosionsanfälligkeit konnte nicht festgestellt werden, da zur Spritzung des Totalherbizids nur wenig Aufwuchs vorhanden war.

Um den Keimvorgang in Trockenphasen zu beschleunigen, wurden in einigen Varianten die Saatzeilen mit Perliten abgedeckt, die wasseranziehend wirken und für eine leichte Bedeckung der Saatzeile und eine Verbesserung des Wasserhaushaltes sorgen. Nach der Saat blieb es jedoch ständig recht feucht, so dass ein positiver Effekt der Perlite-Bedeckung leider nicht festgestellt werden konnte. Gleiches gilt für die Behandlung des Saatgutes mit Mykorrhiza (Abb. 10).

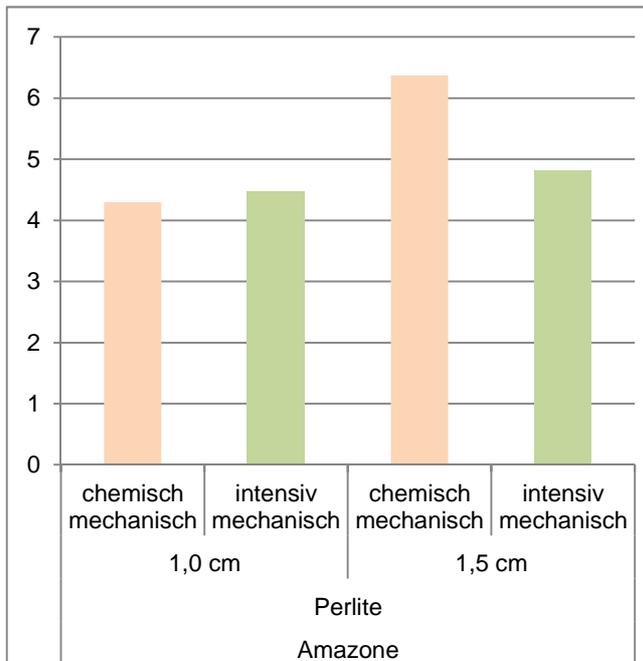


Abbildung 9: Pflanzen/m² in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Saattiefe, VS Dornburg 2017

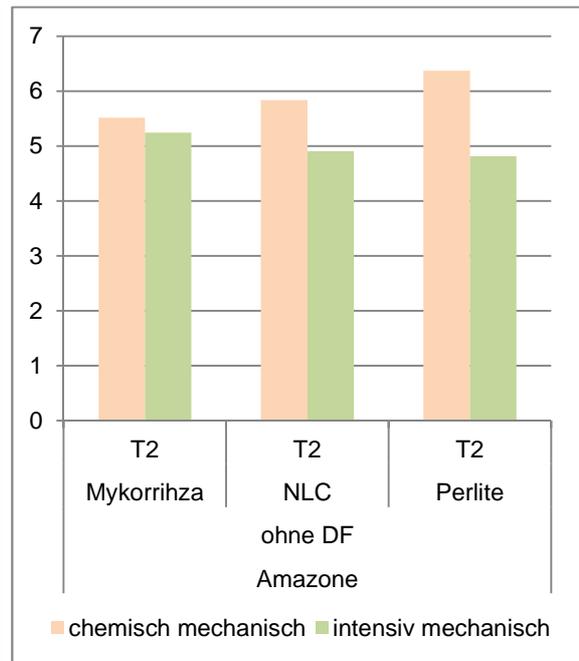


Abbildung 10: Pflanzen/m² in Abhängigkeit von der Saatgutvariante, VS Dornburg 2017

Im Ergebnis der Aussaatversuche mit behandeltem Saatgut ist festzustellen, dass eine Saatgutbehandlung, zumindest die im Projekt geprüften Varianten, wenig sinnvoll ist, da sich die Feldaufgangsraten nicht positiv verändert haben. Es ist eventuell möglich, durch die geringere Anzahl an Mehrfachbelegungen bei gecoatetem Saatgut die Saatstärke geringfügig zu reduzieren, jedoch dürften damit die Kosten, die die Behandlung beim Saatgutpreis ausmacht, kaum gedeckt werden.

II.1.1.9 Prüfung der Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden

Herbizidversuche 2015

In 2015 kamen in Dornburg, Großenstein und Erfurt (bei NLC) Herbizidversuche zur Anlage. Letztgenannter Versuch war aufgrund des schlechten Feldaufgangs nicht auswertbar.

Durch das niederschlagsarme Frühjahr lief die Kultur in Dornburg verzögert und versetzt auf. Die Standardmaßnahme mit Stomp Aqua im Voraufbau über den gesamten Versuch zeigte nur geringe Wirkung, da das Bodenherbizid durch den trockenen Boden nicht optimal wirken konnte. Dadurch waren die Unkräuter zum Zeitpunkt der ersten Nachaufbaubehandlung bereits zu groß. Die Varianten 2, 3 und 4 unterschieden sich kaum in ihrer Wirkung und zeigten auch im Vergleich zur Kontrolle kaum Wirksamkeit (Tab. 43).

Tabelle 43: Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie, VS Dornburg 2015

Versuchsglieder									
Anwendungsform	Spritzen		Spritzen						
Datum, Zeitpunkt	17.06.2015/NA		24.07.2015/NA						
BBCH (von/Haupt/bis)	12/13/14		14/16/18						
2 Boxer	3,0 l/ha								
3 Butisan	2,0 l/ha								
4 Quantum	2,0 l/ha								
5 Gardo Gold			4,0 l/ha						
Ergebnisse									
23.05.15									
Zielorganismus	NNNNN	TTTTT							
Symptom	DG	DG							
1 Kontrolle	0,0	1,0							
25.06.2015									
Zielorganismus	NNNNN	TTTTT	CHEAL	FUMOF	POLLA	HERBA	NNNNN	NNNNN	
Symptom	DG	DG	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	PHYTO	WD	
1 Kontrolle	5,0	14,0	2,0	8,0	2,0	2,0			
2 Boxer			0	20	0	80	15	15	
3 Butisan			40	0	20	80	5	5	
4 Quantum			40	0	20	60	0	0	
21.07.2015									
Zielorganismus	NNNNN	TTTTT	CHEAL	FUMOF	POLLA	HERBA	NNNNN		
Symptom	DG	DG	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	PHYTO		
1 Kontrolle	16,0	10,0	2,0	3,0	2,0	2,0			
2 Boxer			25	10	25	50	0		
3 Butisan			25	25	0	80	0		
4 Quantum			20	60	0	70	0		
30.07.2015									
Zielorganismus	NNNNN	TTTTT	CHEAL	FUMOF	POLLA	HERBA	NNNNN	NNNNN	
Symptom	DG	DG	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	PHYTO	WD	
1 Kontrolle	16,0	15,0	4,0	3,0	4,0	4,0			
2 Boxer			20	0	0	50	0	0	
3 Butisan			20	0	0	50	0	0	
4 Quantum			20	0	0	50	0	0	
5 Gardo Gold			20	0	0	50	40	40	
10.08.2015									
Zielorganismus	NNNNN	TTTTT	CHEAL	FUMOF	POLLA	HERBA	NNNNN	NNNNN	
Symptom	DG	DG	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	PHYTO	WH	
1 Kontrolle	19,0	18,0	5,0	3,0	5,0	5,0			
2 Boxer			0	0	0	20	0	0	
3 Butisan			0	0	0	20	0	0	
4 Quantum			0	0	0	20	0	0	
5 Gardo Gold			20	0	40	20	50	50	
01.09.2015									
Zielorganismus	NNNNN	TTTTT	CHEAL	FUMOF	POLLA	HERBA	NNNNN	NNNNN	
Symptom	DG	DG	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	PHYTO	WH	
1 Kontrolle	19,0	20,0	8,0	3,0	5,0	4,0			
5 Gardo Gold			0	0	40	20	20	20	

Für die Nachauflaufbehandlung mit Gardo Gold zum zweiten Termin Ende Juli waren die Temperaturen recht hoch, es war immer noch sehr trocken und die Unkräuter bereits zu groß. Die Silphie-Pflanzen wurden leicht ausgedünnt und zeigten zum Großteil die bekannten Blattdeformierungen und Nekrosen. Die Pflanzenverluste waren zum Großteil auf den Entwicklungsrückstand der später aufgelaufenen Pflanzen zurückzuführen, die zum Applikationstermin noch nicht das erforderliche 6-Blatt-Stadium erreicht hatten. Am 01.07 und 29.07. erfolgte ein Schröpfen des Versuchs, um der Silphie bessere Entwicklungsmöglichkeiten zu bieten.

Der Versuch wurde über Winter stehen gelassen, um auch den Austrieb der Silphie bei den spät behandelten Gardo-Gold-Varianten im Vergleich zur frühen Nachauflaufbehandlung einschätzen zu können. Die Zählung am 10.03.2016 ergab im Mittel des Versuchs eine Bestandesdichte von 72 Pflanzen/Parzelle. Mit nur 58 Pflanzen fiel die Gardo Gold-Variante gegenüber dem Versuchsmittel um ca. 20 % ab. Aufgrund der flächendeckend vorhandenen winterharten Unkräuter (Winterraps, Erdrauch, Ehrenpreis, Löwenzahn und Klatschmohn) ist die Applikation eines glyphosathaltigen Totalherbizids (Roundup) in unterschiedlichen Aufwandmengen (4,0 und 2,0 l/ha) sowie von Kerb Flo vorgenommen worden. Während Kerb Flo bei den bereits weit entwickelten Unkräutern keine Wirkung mehr erzielte, wirkte die Behandlung mit dem Glyphosat sehr gut. Allerdings zeigte die Silphie bei der höheren Aufwandmenge deutliche Chlorosen, die nicht zu tolerieren sind. Bei halber Aufwandmenge war die gleiche unkrautbekämpfende Wirkung zu verzeichnen, wohingegen die Silphie erheblich weniger Blattaufhellungen aufwies. Abgestorbene Silphiepflanzen waren in beiden Varianten ca. 3 Wochen nach der Applikation nicht zu finden. In stark verunkrauteten Beständen könnte demzufolge im zeitigen Frühjahr vor Austrieb der Silphie eine Behandlung mit Totalherbiziden in reduzierter Aufwandmenge in Betracht gezogen werden.

Auch in Großenstein war es sehr schwierig, einen Silphiebestand für die Prüfung zu etablieren. Die erste Ansaat lief aufgrund der Trockenheit und eine anschließend infolge von Starkniederschlägen verkrustete Oberfläche nicht auf. Die zweite Aussaat erfolgte Ende Mai. Hier lief nach 19 Tagen ein lückiger, für die Prüfung aber noch brauchbarer Bestand auf. Nach der Saat wurde die gesamte Versuchsfläche mit 3,5 l/ha Stomp Aqua behandelt. Mit dieser Maßnahme konnten, wie in vorherigen Prüfungen, die Unkräuter am Standort Großenstein während der Auflauf- und Jugendphase gut bekämpft werden. Zur Wirkungsbewertung waren auf der Versuchsfläche danach nur noch Ampferblättriger Knöterich und Kamille vorhanden. Die erste Nachauflaufbehandlung im Zweiblattstadium wurde planmäßig durchgeführt. Von der Aussaat bis zu dieser Maßnahme waren 43 Tage vergangen. Der lange Zeitraum verdeutlicht, dass die Nachauflaufbehandlung nur in einer Spritzfolge sinnvoll ist. Bei den in der Folge durchgeführten Bonituren auf Verträglichkeit waren keine Auffälligkeiten feststellbar. Die späte Behandlung mit Gardo Gold erfolgte im September, da erst zu diesem Zeitpunkt die geforderte Entwicklung von 6 bis 8 Blättern erreicht war. Sehr schnell nach der Behandlung waren deutliche Aufhellungen sichtbar, die im weiteren Verlauf in Nekrosen übergingen. Diese starke Schädigung der Pflanzen ist nicht vertretbar. Da zu den späten Boniturterminen die an den ersten beiden Terminen bewerteten Unkräuter bereits abgestorben waren, war eine Wirkungsbonitur nicht mehr möglich (Tab. 44).

Tabelle 44: Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie VS Großenstein 2015

Versuchsglieder						
Anwendungsform	Spritzen		Spritzen			
Datum, Zeitpunkt	09.07.2015/NA		09.09.2015/NA			
BBCH (von/Haupt/bis)	12/12/12		17/17/18			
Temperatur, Wind	14,2°C / 2,1m/s SW		14°C / 1,6m/s NO			
Blattfeuchte / Bodenfeuchte	trocken, trocken		trocken, trocken			
1 Kontrolle						
2 Boxer	3,0 l/ha					
3 Butisan	2,0 l/ha					
4 Quantum	2,0 l/ha					
5 Gardo Gold			4,0 l/ha			
Ergebnisse						
28.07.2015						
Zielorganismus	NNNNN	TTTTT	MATSS	POLLA	NNNNN	
Symptom	DG	DG	WIRK	WIRK	PHYTO	
1 Kontrolle	10,0	6,0	2,0	3,8		
2 Boxer			10	20	0	
3 Butisan			70	23	0	
4 Quantum			35	20	0	
21.08.2015						
Zielorganismus	NNNNN	TTTTT	MATSS	POLLA	NNNNN	
Symptom	DG	DG	WIRK	WIRK	PHYTO	
1 Kontrolle	25,0	7,0	2,0	4,8		
2 Boxer			0	33	0	
3 Butisan			80	30	0	
4 Quantum			68	20	0	
24.09.2015						
Zielorganismus	NNNNN	NNNNN	NNNNN	NNNNN		
Symptom	DG	PHYTO	AH	VAE		
1 Kontrolle	70,0					
2 Boxer		0	0	0		
3 Butisan		0	0	0		
4 Quantum		0	0	0		
5 Gardo Gold		32	25	7		
13.10.2015						
Zielorganismus	NNNNN	NNNNN	NNNNN	NNNNN		
Symptom	DG	PHYTO	AH	VAE		
1 Kontrolle	75,0					
2 Boxer		0	0	0		
3 Butisan		0	0	0		
4 Quantum		0	0	0		
5 Gardo Gold		61	38	24		

Herbizidversuche 2016

Im zweiten Projektjahr 2016 kam der Herbizidversuch nur in Dornburg zur Anlage. Aussaat und Voraufbehandlung verliefen optimal. Durch Niederschläge in den Tagen nach der Saat wirkten die Mittel gut. Die beste Verträglichkeit für die Silphiepflanzen und der sehr gute Bekämpfungserfolg von Stomp Aqua bei entsprechenden Boden- und Witterungsverhältnissen bestätigte sich erneut. Bei den Mitteln Proman und Quantum kam es zu einer Auflaufverzögerung und Ausdünnung der Pflanzen. Die Unkräuter wurden mittelstark bekämpft. Starke Schäden verursachte Sulcogan, welches zu einem kompletten Ausfall der Parzellen führte. Die Nachauflaufvariante mit Spectrum zeigte keine Wirkung auf die bereits sehr großen Unkräuter. Die Variante mit Banvel führte ebenfalls zum Totalschaden. Die Mittelkombination Stallion Syn Tec auf dem linken Rand verursachte, bedingt durch den Clomazoneanteil, Chlorosen an den älteren Blättern. Diese verwuchsen sich jedoch in Laufe der Entwicklung wieder. Fazit des Versuches ist, dass wiederum kein Mittel an die Wirkungserfolge von Stomp Aqua anknüpfen konnte (Tab. 45).

Tabelle 45: Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie VS Dornburg 2016

Versuchsglieder									
Anwendungsform		Spritzen			Spritzen			Spritzen	
Datum, Zeitpunkt		H1, VA			H2, NA1			H3, NA2	
BBCH (von/bis)					BBCH 11/13			BBCH 16/18	
Wasseraufwand l/ha		300 l/ha			300 l/ha			300 l/ha	
Terminbeschreibung		1. Behandlung VA			2. Behandlung			3. Behandlung	
1	Stomp Aqua	3,50 l/ha							
2	Proman	3,00 l/ha							
3	Quantum	3,00 l/ha							
4	Sulcogyn	3,50 l/ha							
5	Mais Banvel WG							0,50 kg/ha	
LR	Stallione SynTec	3,00 l/ha							
RR	Spectrum Plus Pack				1,2+3,0 l/ha				
Ergebnisse									
VGL	Präparate	Anwendung			Wirkungsgrad in % (UK = Deckungsgrad in %) 4. Bonitur: 04.08.				Phytotox in %
		l, kg/ha	Datum	ES	POLLA	CHEAL	FUMOF	HERBA	
1	Stomp Aqua	3,50	31.05.	VA	80	100	95	80	0
2	Proman	3,00	31.05.	VA	80	100	50	80	30 A
3	Quantum	2,00	31.05.	VA	40	40	85	50	40 A
4	Sulcogan	1,50	31.05.	VA	100	100	100	100	100
5	Mais Banvel M	0,50	12.07.	NA 2	100	100	100	100	100
LR	Stallion Syn Tec	3,00	31.05-	VA	70	100	95	85	95 BA
RR	Spectrum plus Pack	1,2 + 3,0	26.06.	NA1	0	0	0	0	0

Ergänzend zu dem vorab beschriebenen, vierfach wiederholten Versuch wurden in einem Tastversuch verschiedene Mittel, vorzugsweise Mais-Herbizide, im späten Nachauflauf getestet (Tab. 46). Die Applikation erfolgte am 16. und 17.08.2016 im 4- bis 6-Blattstadium der Silphie, die Bonitur der Wirkung und Verträglichkeit am 02.09.2016.

Tabelle 46: Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie Tastversuch VS Dornburg 2016

Mittel	Wirkstoff	Aufwandmenge (kg bzw. l/ha)	Verbale Einschätzung	Weitere Prüfung
Proman	Metobromoron	3,0	10 % Nekrosen der älteren Blätter, Schädigungen verwachsen sich, beginnender Neuaustrieb, kleinere Pflanzen weniger geschädigt	ja
Milagro Forte	Nicosulfuron	0,75	2 % Blattnekrosen, Aufhellungen im Vegetationskegel, kleinere Pflanzen weniger geschädigt	ja
Elumis	Nicosulfuron + Mesotrione	1,25	40 % Blattnekrosen der älteren Blätter, Aufhellungen im Vegetationskegel, 80 % Ausdünnung	nein
Elumis + Gardo Gold	Nicosulfuron + Mesotrione + Terbutylacin + S-Metolachlor	1,0 + 3,0	70 % Blattnekrosen der älteren Blätter, Aufhellungen im Vegetationskegel, 80 % Ausdünnung	nein
Cato	Rimsulfuron	0,05	2 % Blattnekrosen, geringfügige Aufhellungen, kaum Unterschiede zur uK	ja
Callisto	Mesotrione	1,5	55 % Blattnekrosen, starke Aufhellungen in Vegetationskegel, 80 % Ausdünnung	nein
Artett	Terbutylacin + Bentazon	5,0	30 % Blattnekrosen, geringe Aufhellungen, gute Unkrautwirkung, weitere Prüfung bei verringerter AWM	ja
Calaris	Terbutylacin + Mesotrione	1,5	90 % Blattnekrosen, Wirkung ähnlich Totalherbizid	nein
Gardo Gold	Terbutylacin + S-Metolachlor	4,0	25 % Blattnekrosen, Pflanzen treiben weiter, eingeschränkte Wirkung auf größere Unkräuter	nein
EFFIGO	Picloram + Clopyralid	0,35	mittelstarker Drehwuchs, leichte Aufhellungen, geringe Unkrautwirkung	nein
Tomigan 200	Fluroxypyr	0,9	starker Drehwuchs, Pflanzen liegen flach am Boden, sehr gute Unkrautwirkung, nicht tolerierbar	nein
Boxer	Prosulfocarb	3,0	1 bis 2 % Blattnekrosen, kaum Unterschiede zur uK	nein

Das Gros der geprüften Mittel verursachte starke Schäden an der Silphie, ohne die zu dem Zeitpunkt bereits relativ großen Unkräuter ausreichend bekämpfen zu können.

Herbizidversuche 2017

Auch 2017 wurde in Dornburg ein Herbizidversuch angelegt. Aussaat und Voraufbauverhandlung verliefen optimal. Durch Niederschläge in den Tagen nach der Saat wirkte Stomp Aqua im Voraufbau über alle Varianten hinweg gut. Leider verursachten alle Nachaufbauverhandlungen erhebliche Schäden in der Silphie, die nicht zu tolerieren sind (Tab. 47). Die Pflanzen der Prüfglieder 1 und 2 trieben im späteren Vegetationsverlauf zwar wieder aus, hatten aber einen erheblichen Entwicklungsrückstand.

Tabelle 47: Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie VS Dornburg 2017

Versuchsglieder					
Anwendungsform	Spritzen			Spritzen	
Datum, Zeitpunkt	H1, VA			H2, NA1	
BBCH (von/bis)				BBCH 12/13	
Wasseraufwand l/ha	300 l/ha			300 l/ha	
Terminbeschreibung	1. Behandlung VA			2. Behandlung NA	
	Prüfglied	Mittel	AWM	Mittel	AWM
	PG 1	Stomp Aqua	3,5 l/ha	Clentiga + Dash	1,0 l/ha + 1,0 l/ha
	PG 2	Stomp Aqua	3,5 l/ha	Harmony SX	7,5 g/ha + 0,3 l/ha
	PG 3	Stomp Aqua	3,5 l/ha	Elumis + Buctril	0,75 l/ha + 0,3 l/ha
	PG 4	Stomp Aqua	3,5 l/ha	Sulcogan + Bromoctril EC	1,0 l/ha + 0,5 l/ha
	PG 5	Stomp Aqua	3,5 l/ha	Laudis	1,5 l/ha
	PG 6	Stomp Aqua	3,5 l/ha	Mais Ter Power	1,0 l/ha
	PG 7	Stomp Aqua	3,5 l/ha	Pixxaro	0,5 l/ha
Ergebnisse					
PG	Präparate	Wirkungsgrad in % (UK = Deckungsgrad in %) Bonitur: 26.06.			Phytotox in %
		POLCO	SONAR	HERBA	
1	Clentiga + Dash	0	0	100	80 % Blattnekrosen 100% Schädigung
2	Harmony SX	62	50	100	100 % Nekrosen, 100 % Herzblattschäden
3	Elumis + Buctril	60	0	100	100 % A
4	Sulcogan + Bromoctril EC	80	0	100	100 % A
5	Laudis	60	60	100	100 % A
6	Mais Ter Power	90	60	100	100 % WD, Nekrosen
7	Pixxaro	90	60	100	100 % WD, Pflanzen gedreht

Analog zum Vorjahr wurden in einem Tastversuch wiederum verschiedene Mittel, vorzugsweise Mais-Herbizide, im späten Nachaufbau getestet (Tab. 48). Die Applikation erfolgte am 24.07.2017 im 4- bis 6-Blattstadium der Silphie, die Bonitur der Wirkung und Verträglichkeit erstmalig am 08.08., letztmalig am 18.10.2017. Die meisten der geprüften Mittel verursachte starke Schäden an der Silphie, ohne die zu dem Zeitpunkt bereits relativ großen Unkräuter ausreichend bekämpfen zu können. Die in den Prüfgliedern 1, 2, 3 und 15 applizierten Herbizide vertragen die Silphie zu diesem Anwendungszeitpunkt jedoch sehr gut, so dass hier eine weitere Prüfung sinnvoll sein könnte.

Tabelle 48: Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie
Tastversuch VS Dornburg 2017

PG	Mittel	Wirkstoff	Aufwandmenge (kg bzw. l/ha)	Verbale Einschätzung	Note 18.10.17	Weitere Prüfung
1	Principal + Milagro Forte	Rimsulfuron, Nicosulfuron + Nicosulfuron	0,09 + 0,7	Sehr gute, saubere Bestände aber geringe Wuchsdepressionen, Aufhellung der Herzblätter, 100/30%	1	ja
2	Artett	Terbuthylacin, Bentazon	3,5	Sehr sauber, wie PG 1 Aufhellung der Herzblätter, Chlorosen 80/30 %	1	ja
3	Artett + Milagro Forte	Terbuthylacin, Bentazon + Nicosulfuron	2,5 + 0,7	Blattchlorosen 100/20 %	1	ja
4	Milestone	Propyzamid, Aminopyralid	1,5	Leichte Blattdeformation 100/50 %, Aufhellung-Chlorosen, später gut verwachsen	3	nein
5	Ariane C	Fluroxypyr, Florasulam, Clopyralid	1,0	Wuchsstörung, Verdrehung, 100/100% Wirkung Distel,	4	nein
6	Broadway + Netzmittel	Pyroxulam, Florasulam + Cloquintocet-Mexyl (Safener)	0,130 + 0,6	Blattflecken, Aufhellung der Herzblätter, 100/40 %	4	nein
7	Bromotril 225 EC	Bromoxynil (Octansäureester)	1,5	Blattverbrennungen- starke Schäden, 100/80%	4	nein
8	Peak	Prosulfuron	0,02	Partielle Blattschädigung 100/30%	10	nein
9	Debut	Triflursulfuron (Methylester)	0,03	Leichte Blattaufhellung	2	ja
10	Terano	Metosulam, Flufenacet	1,0	Leichte Chlorosen und Nekrosen an den jüngeren Blättern, 100/10%	5	nein
11	Sencor WG	Metribuzin	0,5	Aufhellung der gesamten Pflanze, Nekrosen, Blattdeformationen, 100/30%	7	nein
12	Falkon	Diflufenican, Penoxsulam	1,0	Starke Chlorosen 100/60%	2-3	ja
13	Husar Plus	Mefenpyr (Diethylester), Iodosulfuron (Methylester-Na), Mesosulfuron (Methylester-Na)	0,2	Sehr saubere Bestände, sehr gute Wirkung gegen SONOL/SONAR Blattdeformationen an jüngeren Blättern, Nekrosen an älteren Blättern	5	nein
14	BCP 259 H	Metobromuron	3,75	Blattaufhellung 100/100%	3-4	nein
15	Biathlon	Tritosulfuron	0,07	Teilchlorosen und Blattdeformationen, 100/30%	1	ja

Herbizidversuch 2018

Der Versuch wurde am 28.05.2018 angelegt und am gleichen Tag komplett mit 3,5 l/ha Stomp Aqua behandelt. Auf Grund der Trockenheit liefen nicht alle Pflanzen gleichmäßig auf. Angekeimte Körner vertrockneten wahrscheinlich bereits im Boden. Die etablierten Pflanzen entwickelten sich durch die fehlenden Niederschläge langsam. Am 27.06. wurden die NA-Behandlungen gespritzt, die Splittingvarianten erneut am 11.07.2018. Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Splittingvarianten keine bessere Wirkung als die volle Aufwandmenge zeigten. Beste Variante war das Prüfglied 6 (Adengo). Hier zeigte sich eine relativ gute Verträglichkeit kombiniert mit einer akzeptablen Wirkung. Alle anderen Mittel hatten stärkere Ausfälle, sowohl in der Wirkung, als auch in der Phytotoxizität. Die Ergebnisse sind jedoch immer im Zusammenhang mit der extremen Trockenheit zu sehen, die teilweise die Wirkung der

Bodenherbizide beeinträchtigte und bei den Silphiejungpflanzen eine Stress-Situation bedingte. Die Ergebnisse beinhaltet Tabelle 49.

Tabelle 49: Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie
VS Dornburg Abschlussbonitur am 22.08.2018

PG	Präparat	Termin/ Aufwandmenge (kg o. l/ha)		Pflanzenausfälle (%)	Wirkungsgrad (%)			Phytotox (%)
		NA1 BBCH 11 27.06.	NA2 BBCH 11-13 13.07.		POLLA	SOLNI	HERBA	
LR 1	Bandur		3,0		0	0	0	60/10 WD
LR 2	Goltix Super		3,0		0	0	0	0
1	Stomp Aqua			18	40	25	10	0
2	Tanaris	1,5		22	0	0	0	0
3	Debut (Safari) + Trend	0,06 + 0,5		24	5	0	0	5 WD
4	Motivell Forte	0,8		25	10	10	30	5 WD
5	Viper Compact	1,0		47	30	30	30	15 WD
6	Adengo	0,3		6	85	87	97	30 WD
7	Biathlon D + Dash	0,07 + 1,0		97	70	85	100	99 A
8	Broadway + Dash	0,1 + 1,0		22	45	70	90	100/50 WD
9	Aspect	1,5		26	70	70	100	0
10	Fuego	1,5		44	0	10	5	0
11	Primus	0,1		62	99	90	80	85A,100WD
12	Tanaris	0,75	0,75	31	0	0	0	0
13	Debut (Safari) + Trend	0,03 + 0,25	0,03 + 0,25	23	0	0	0	20 WD
14	Husar Plus	0,1	0,1	99	85	98	100	100 A
15	Viper Compact	0,5	0,5	29	10	45	50	10 WD
16	Adengo	0,2	0,2	23	100	100	100	90/50 WD
17	Biathlon D + Dash	0,035 + 0,5	0,035 + 0,5	90	90	90	100	99 A
18	Broadway + Dash	0,05 + 0,5	0,05g + 0,5	47	30	45	50	100/50 WD
19	Aspect	0,8	0,8	34	30	30	30	80/10 WD
20	Dual Gold	1,3		30	0	0	0	0
RR 1	Starane XL		1,0		100	100	100	100 A
RR 2	Callisto		1,0		10	20	30	0

Im Fazit der Untersuchungen ist festzustellen, dass eine sachgerechte Anwendung von Stomp Aqua im Voraufbau, gegebenenfalls kombiniert mit einer Maschinenhacke, bei durchschnittlichem Unkrautdruck und passenden Witterungs- und Bodenverhältnissen eine ausreichende Wirkung für eine erfolgreiche Etablierung der Silphie hat. Keines der weiteren geprüften Mittel reichte in Bezug auf Wirkung und Verträglichkeit an Stomp Aqua heran. Die Bekämpfungslücke von Unkräutern im späten Nachaufbau konnte, trotz umfangreicher Herbizidprüfungen, im Projekt nicht geschlossen werden.

II.1.2 Praxisversuche

Im Rahmen des Verbundvorhabens waren neben Feld-, Gewächshaus- und Laborversuchen auch Großflächenversuche in der landwirtschaftlichen Praxis geplant. Ziel hierbei war es, Erkenntnisse aus dem aktuellen sowie aus vergangenen Forschungsprojekten zur Durchwachsenen Silphie als auch gesammelte Erfahrungen zum Anbau der Silphie in die Praxis zu übertragen und zu überprüfen.

II.1.2.1 AP Ludwigshof 2009 bis 2018

In der Agrarprodukte Ludwigshof wurden im Jahr 2009 auf 2,11 ha (Trübeteich) und auf 1,78 ha (Holzweg) zwei Schläge mit Durchwachsener Silphie durch Pflanzung etabliert. Im Jahr 2011 wurde die Fläche „Trübeteich“ um 0,33 ha durch einen Aussaatversuch erweitert. In Tabelle 50 sind die Erträge beider Flächen aller Erntejahre zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 50: Erträge der Durchwachsenen Silphie
AP Ludwigshof 2010 bis 2018

Erntedatum	Fläche (ha)	TS-Gehalt (%)	FM-Ertrag (dt/ha)	TM-Ertrag (dt/ha)	Vergleichsertrag Mais (dt TM/ha)
12.10.2010	3,89	24,0	386,9	92,8	84,5
17.10.2011	3,89	31,0	254,5	78,9	136,6
23.08.2012	4,22	32,0	232,2	74,3	120,3
08.08.2013	4,22	25,0	504,7	126,2	93,2
19.09.2014	4,22	24,3	460,9	112,0	128,4
29.08.2015	4,21	30,0	326,6	98,0	113,9
31.08.2016	4,21	24,0	262,3	62,7	130,2
29.08.2017	4,21	23,5	449,1	105,5	160,5
23.08.2018	4,16	35,7	242,3	86,5	108,3
Ø		28,1	346,5	92,9	107,6

Im Mittel der Jahre lag der Gesamtertrag bei 93 dt/ha TM (346 dt FM/ha) bei durchschnittlich 28 % TS. Diese Ergebnisse sind im Vergleich zu den Maiserträgen am Standort, der ca. 10 dt TM/ha mehr erreichte, zufriedenstellend. Dabei ist zu beachten, dass die Maisanbaufläche im Betrieb zwischen 285 und 490 ha jährlich umfasst und der Mais in der Regel auf besseren Standorten angebaut wird als die Silphie. Die niedrigen Erträge der Silphie in den Erntejahren 2015 und 2016 sind auf die anhaltende Trockenheit und die geringe Wasserspeicherefähigkeit des schlechten Standorts zurückzuführen. Im überdurchschnittlich feuchten Jahr 2017 konnten auf den leichten Standorten in Rockendorf verhältnismäßig hohe Erträge eingefahren werden. Auch 2018 war der Silphieertrag in Anbetracht der extrem trockenen Witterung ansprechend.

2.1.2.2 Praxisversuch 2015

Silphieanbau in der Garben GbR auf Gut Siegersleben

Ähnlich wie in Thüringen, herrschte auch in der Gegend um Magdeburg eine teils extreme Dürre. Zwar war das Frühjahr im Gegensatz zum Standort Dornburg noch von mäßigen Niederschlägen gekennzeichnet, ab Mitte Mai setzte jedoch auch hier anhaltende Trockenheit mit sehr geringen Niederschlagsmengen ein. Die Silphie ist am 15.05.2015 mit einer Zuckerrüben-Einzelkornsämaschine mit 2,1 mm Lochscheiben bei 45 cm Reihenabstand und etwa 22 cm in der Reihe in feuchten Boden gesät worden. Nach der Saat war es längere Zeit trocken und der Auflauf verzögerte sich. Bei einer ersten Bonitur fünf Wochen nach der Saat waren nur wenige Pflanzen aufgelaufen bei bereits hohem Unkrautdruck. Die Voraufaufbehandlung mit Stomp Aqua konnte das starke Vorkommen von Amarant, Hirsearten und Ka-

mille nicht eindämmen, zumal der trockene Boden die Wirkung des Mittels gravierend einschränkte.

Bei der Bonitur Anfang August, knapp drei Monate nach der Aussaat, hatte sich ein sehr starker Unkrautbesatz entwickelt. Hauptunkräuter waren in erster Linie die Pflanzenarten, die bereits im Juni bonitiert wurden. Da einige Unkräuter das Blühstadium bereits erreicht hatten, ist ein Abmulchen der Fläche empfohlen worden, um den ohnehin nur wenigen Silphiepflanzen die Möglichkeit zu geben, sich bis zum Herbst noch zu entwickeln. In weiten Teilen war der Unkrautbestand so dicht und auch etwa 60 bis 80 cm hoch, dass kaum Wachstumsfaktoren (Licht, Wasser, Nährstoffe) bei der Silphie ankamen. Der unkrautärmere Bereich im unteren, vorderen Teil des Schlages wies einen zufriedenstellenden Bestand an Silphie auf. Hier stimmten die Pflanzenverteilung sowie die Anzahl der Pflanzen je qm und es waren kaum Fehlstellen zu verzeichnen.

Leider musste zur Vorwinterbonitur Anfang November festgestellt werden, dass der stark verunkrautete Schlag, trotz entsprechender Hinweise durch die TLL, nicht abgemulcht worden war. Die erste Generation Samenunkräuter, insbesondere Kamille und Amarant, waren vollständig abgereift und konnten erhebliche Mengen Unkrautsamen produzieren. Die zweite Generation Unkräuter (vorwiegend Kamille) bildete zwischen den Silphiepflanzen und den abgestorbenen Altunkräutern einen dichten grünen Teppich.

Bei Betrachtung des „besser“ etablierten Teilstücks des Gesamtschlages war festzustellen, dass die Silphie auch hier nur lückig aufgelaufen war. Optisch scheint ein direkter Zusammenhang zwischen dem vorhandenen Unkrautauflkommen und der Entwicklung der Silphiepflanzen zu existieren. Dort, wo zur Unkrautbonitur im Juni (ca. 5 Wochen nach der Saat) bereits eine Vielzahl kräftiger, etablierter Unkräuter vorhanden war, konnte sich die Silphie nur sehr schwach entwickeln und wurde über die gesamte Vegetationszeit hinweg durch die Unkräuter extrem beschattet und verdrängt. Man kann auf diesen Teilstücken von einem Totalausfall sprechen. In Teilbereichen, welche ein geringeres Unkrautsamenpotential aufwiesen, konnte sich die Silphie hingegen bis in den Spätherbst hinein verhältnismäßig gut entwickeln. Hierzu erfolgten in drei zufällig ausgewählten Blöcken Messungen und Bonituren. Es wurden je Block vier nebeneinander liegende Reihen im Abstand von 45 cm auf 9 m Länge hinsichtlich der Merkmale Pflanzenzahl, -abstand, Wuchshöhe, Rosettendurchmesser und Blattzahl untersucht (Tab. 51).

Tabelle 51: Boniturergebnisse vor Winter, Praxisanbau Siegersleben

	Abstand in der Reihe (cm)	Wuchshöhe (cm)	Durchmesser (cm)	Blattzahl
Mittelwert	71	12	52	7
Minimum - Maximum	8 - 262	3 - 27	14 - 102	1 - 23

Aus den mittleren Werten ergibt sich eine Bestandesdichte von ca. 3 Pflanzen/m², was theoretisch für einen vollen Silphiebestand ausreichen würde. Allerdings sind die Pflanzen sehr ungleichmäßig verteilt, so dass in 2016 kaum ein erntewürdiger Bestand zu erwarten ist. Der Praxisanbau in Siegersleben wurde aus diesen Gründen nicht weiter betreut.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Sätechnik nicht der alleinige Einflussfaktor für die optimale, zügige Etablierung von Silphiebeständen ist. Vielmehr kommt es auf die richtige Bodenvorbereitung, den Bodenzustand zur Aussaat sowie die Witterungsbedingungen vor und nach der Aussaat an. Des Weiteren stellt nach wie vor die Unkrautbekämpfung die Landwirte vor größere Herausforderungen, vor allem in trockenen Jahren, da hier die Applikation von Bodenherbiziden im Voraufbau nicht die gewünschte Wirkung zeigt. In Siegersleben wäre un-

bedingt eine weitere Behandlung notwendig gewesen, am besten mit Blattherbiziden, um den Unkrautdruck niedriger zu halten. Dies hätte auch mit mechanischen Maßnahmen, wie z. B. Hacken oder in späteren Stadien Mulchen erfolgen können. Gleichzeitig belegen die Ergebnisse auch, dass die Silphie im Etablierungsjahr eine erhöhte Aufmerksamkeit seitens des Landwirts erfordert.

II.1.2.3 Praxisversuche 2016

Anfang Dezember 2015 hatte die TLL gemeinsam mit der FNR eine Pressemitteilung zu den geplanten Praxisversuchen veröffentlicht. Unter dem Titel „Gesucht: Innovative Landwirte für den Silphieanbau – TLL will 2016 mit Praxisbetrieben kooperieren“ erschien die Meldung bundesweit in sämtlichen Agrarfachzeitschriften und wurde auch durch mehrere Organisationen, wie zum Beispiel den Fachverband Biogas, Beratungsstellen und Behörden, verbreitet. Unerwartet groß war das Interesse der Betriebe an der Durchwachsenen Silphie angesichts des aktuell geringen politischen Stellenwertes von Bioenergie in Deutschland. Der bisher verbreitete Einsatz der Silphie als Energiepflanze wurde um die Nutzung als Bienentracht- sowie Futterpflanze sowie durch ihren hohen Stellenwert als erosionsmindernde Staude auf Flächen ergänzt. Viele Betriebe sehen in dieser Kultur mittlerweile auch einen Beitrag zur Lösung Wildschweinproblematik, denn Silphie ist unattraktiv als Futterpflanze für Wildschweine und wird lediglich zur Deckung besucht.

Bundesweit haben sich ca. 100 landwirtschaftliche Betriebe teils mit, teils ohne gezielte Anbauabsichten für das Jahr 2016 auf den Aufruf gemeldet. Dabei waren die Betriebe bundesweit nicht gleichmäßig verteilt, sondern ließen Schwerpunkte in Nord- und Süddeutschland erkennen. Eine deutliche Anhäufung war in den Ländern Bayern (25) sowie Baden-Württemberg (19) zu verzeichnen. Aus Niedersachsen und Schleswig-Holstein wurden mit insgesamt 20 Betrieben ebenso viele wie im gesamten Gebiet der neuen Bundesländer registriert. Dies dürfte der unterschiedlichen Agrarstruktur in den Regionen geschuldet sein. Auch fünf Ökobetriebe bekundeten ihr Interesse an der Silphie.

Nach erfolgter Ausschreibung wurden insgesamt fünf Betriebe aus Bayern, Baden-Württemberg, Mecklenburg-Vorpommern sowie Nordrhein-Westfalen mit unterschiedlichen Standortbegebenheiten und technischen Voraussetzungen ausgewählt und der Anbau wissenschaftlich begleitet. In den Betrieben erfolgten Bonituren nach Aufruf im Zeitraum Juni/Juli und zu Vegetationsende im Oktober/November. Die Ergebnisse sind nachfolgend dargestellt.

Jürgen Wolfrum, Mussen (BY)

Der Landwirt Jürgen Wolfrum (BY) hat insgesamt vier Schläge mit Silphie bestellt, alle unter Deckfrucht Mais (Tab. 52).

Tabelle 52: Praxisanbau Betrieb Jürgen Wolfrum in Mussen (BY)

Maßnahme/Merkmal	Sikkenreuth (1ha)	Weissenfeld (0,4ha)	Kremsenfeld (0,4ha)	Langes Stück (0,4ha)
Düngung (30 m ³ Gärrest)	vor Saat, Einarbeitung			
Aussaattermin	08.06.2016			
Saatstärke	2,5 kg/ha			
Herbizid Stomp Aqua (3,5 l/ha)	14.06.2016			
Pfl./m ²				
- 20.07.2016	11	7	6	10
- 18.11.2016	10	7	7	11
Blattzahl				
- 20.07.2016	2 (ES 12)	2 (ES 12)	2 (ES 12)	2 (ES 12)
- 18.11.2016	9 (ES 19)	9 (ES 19)	9 (ES 19)	9 (ES 19)
Wuchshöhe (cm)				
- 20.07.2016	9,9	9,1	8,4	8,5
- 18.11.2016	27,9	28,6	27,0	29,2
Deckungsgrad (%) Silphie				
- 20.07.2016	2,7	2,7	1,7	2,9
- 18.11.2016	65	65	60	70
Deckungsgrad (%) Unkraut				
- 20.07.2016	0,6	7,5	6,0	3,6
- 18.11.2016	11,4	10,6	9,6	7,8
Rosettendurchmesser (cm)				
- 18.11.2016	45,6	47,1	48,0	51,4

**Abbildung 11:** Silphie im 1- bis 2-Blattstadium unter Mais (Foto: TLL)

Die Aussaat der Silphie erfolgte mit der modifizierten Amazone ED 302 der Universität Bonn, unmittelbar nach der Maisaussaat. Da Mais auf 75 cm Reihenabstand, die Silphie hingegen am nächsten Tag auf 50 cm, versetzt, darüber gesät wurde, standen die Silphie- und Maisreihen nicht im selben Abstand zueinander. Die Silphiereihen in unmittelbarer Nähe zum Mais entwickelten sich erwartungsgemäß schlechter als solche in der Mitte zweier Maisreihen (Abb. 11), konnten sich aber aufgrund ausreichender Niederschläge in den Vegetationsmonaten sich gut etablieren.

Insgesamt ist die Etablierung im Praxisbetrieb Wolfrum sehr gut gelungen. Die Deckfrucht Mais beeinträchtigte die Silphie kaum und wirkte durch ihre Beschattung einer Spätverunkrautung entgegen. Aufgrund der Bestandesdichten und der erreichten Pflanzengrößen im Herbst war mit guten Erträgen in 2017 zu rechnen.

Bernd Dietel, Gottersdorf (BY)

In der Region Bayreuth legte ein weiterer Betrieb, Bernd Dietel in Gottersdorf, eine Fläche mit der Bonner Sätechnik an. Hier erfolgte die Aussaat ohne Deckfrucht. Wesentliche Daten und Ergebnisse des Anbaus beinhaltet Tabelle 53. Der Bestand entwickelte sich ähnlich wie der im vorher beschriebenen Betrieb. Auch hier hielt sich der Unkrautdruck in Grenzen, allerdings entwickelte sich wegen der Vorfrucht Klee ein etwas anderes Unkrautspektrum, wobei insbesondere Rotklee- und Weidelgrasdurchwuchs für Beeinträchtigungen in den Erntejahren sorgen könnten.

Tabelle 53: Praxisanbau Betrieb Bernd Dietel in Gottersdorf (BY)

Maßnahme/Merkmal	Gottersdorf
Düngung (20 m ³ Gärrest)	vor Saat, Einarbeitung
Aussaattermin	09.06.2016
Saatstärke	2,5 kg/ha
Herbizid Stomp Aqua (3,5 l/ha)	13.06.2016
Pfl./m ²	
- 20.07.2016	8
- 18.11.2016	6
Blattzahl	
- 20.07.2016	2 (ES 12)
- 18.11.2016	9 (ES 19)
Wuchshöhe (cm)	
- 20.07.2016	7,7
- 18.11.2016	27,9
Deckungsgrad (%) Silphie	
- 20.07.2016	3
- 18.11.2016	60
Deckungsgrad (%) Unkraut	
- 20.07.2016	2
- 18.11.2016	11
Rosettendurchmesser (cm)	
- 18.11.2016	45

Haus Düsse (NRW)

In Haus Düsse kamen zwei Flächen, einmal in Drillsaat (Abb. 12) und einmal in Einzelkornablage (Abb. 13), beide Varianten unter Deckfrucht Mais, zur Aussaat. Gesät wurden Mais und Silphie bei Einzelkornsaat gemeinsam in einem Arbeitsgang durch die Metzler und Brodmann KG auf jeweils 75 cm Reihenabstand. Die mechanische Drillsaat erfolgte im Getreideabstand unmittelbar nach Aussaat des Mais. Gravierende Unterschiede in der Pflanzenentwicklung wiesen die beiden Saatvarianten nicht auf, jedoch kam es bei Drillsaat zu einer insgesamt ungleichmäßigeren Pflanzenverteilung. Auch hier ist eine sehr gelungene Etablierung zu verzeichnen, wie Abbildung 14 verdeutlicht. Die anbautechnischen Daten und Boniturwerte beinhaltet Tabelle 54.



Abbildung 12: Drillsaat Haus Düsse, 22.07.2016 (Foto: TLL)



Abbildung 13: Einzelkornsaat Haus Düsse 20.07.2016 (Foto: TLL)

Tabelle 54: Praxisanbau Haus Düsse

Maßnahme/Merkmal	Drillsaat (1 ha)	Einzelkornsaat (1,1 ha)
Düngung (30 m ³ Gärrest)	50 kg/ha N vor Saat + 100 kg N/ha am 20.05.2016	
Aussaattermin	18.05.2016	
Saatstärke (kg/ha)	4,4	3,5
Herbizid Stomp Aqua (3,5 l/ha)	23.05.2016	
Pfl./m ²		
- 23.06.2016	14	9
- 20.10.2016	14	10
Blattzahl		
- 23.06.2016	1 (ES 11)	2 (ES 12)
- 20.10.2016	8 (ES 18)	9 (ES 19)
Wuchshöhe (cm)		
- 23.06.2016	9,8	12,0
- 20.10.2016	27,6	28,8
Deckungsgrad (%) Silphie		
- 23.06.2016	3	4
- 20.10.2016	55	40
Deckungsgrad (%) Unkraut		
- 23.06.2016	0	0,2
- 20.10.2016	0	1,5
Rosettendurchmesser (cm)		
- 20.10.2016	45	51

**Abbildung 14:** Einzelkornsaat Silphie nach Maisernte, Haus Düsse 20.10.2016 (Foto: TLL)**Dr. K.-H. Niehoff, Gut Bütow (MV)**

Der Standort Gut Bütow litt im Frühjahr unter starker Trockenheit, so dass ein unzureichender Aufgang der Silphie zu verzeichnen war. Durch die Trockenheit war die Wirkung des Voraufflaferbizids Stomp Aqua kaum erkennbar, was einen starken Unkrautdruck nach sich zog. Zum Zeitpunkt der Nachaufflaufbonitur Ende Juni liefen nach gefallenem Niederschlägen immer noch Silphiepflanzen auf, so dass eine ausreichende Bestandesdichte noch möglich schien. Allerdings bestätigte sich dies nicht und der Bestand wurde im Herbst umgebrochen.

Eine weitere Ursache für den schlechten Feldaufgang und das allgemein eher eingeschränkte Wachstum der Silphie könnte am Boden des Standortes liegen. Die Ergebnisse einer Bo-

denuntersuchung (0 bis 20 cm Tiefe) vom Juli 2016 sind in Tabelle 55 dargestellt. Hierbei wurden ein extrem sandiger Teilbereich (Nr. 1) sowie ein augenscheinlich besserer, humoser Teilbereich (Nr. 2) desselben Schlages hinsichtlich ihres Korngrößenspektrums und ihres Gehalts an Makronährstoffen analysiert und miteinander verglichen. Insbesondere der extrem niedrige pH-Wert beider Teilbereiche könnte, neben der Trockenheit am Standort, zu dem schlechten Feldaufgang infolge niedriger Keimraten beigetragen haben. Dadurch konnten sich standortangepasste Unkräuter (Hirsen, Knötericharten, etc.) stark vermehren und die Silphie- Keimlinge unterdrücken.

Tabelle 55: Ergebnisse der Bodenuntersuchung am Standort Bütow

Nr.	pH	Corg (%)	P			Mg	Grob- sand	Mittel- sand	Fein- sand	Grob- schluff			Ton	Ca g/kg
			(mg/100 g)							(%)				
1	4,3	2,04	8,2	8	5,5	1,3	30,1	59,9	4,7	1,2	1,1	2,7	0,52	
2	4,7	5,27	3,0	7	16,7	4,2	31,9	46,7	7,9	3,1	1,4	4,8	2,18	

Simon Steinberger, Burghausen (BY)

Ein anderes Extrem traf in Burghausen zu. Hier kam es im Frühjahr zu starken Überschwemmungen. Bis Juli fielen 850 mm Regen je m². Die Felder waren komplett überschwemmt und standen nach der Aussaat teilweise längere Zeit unter Wasser. Trotzdem liefen Silphiepflanzen auf, die für eine ausgeglichene Bestandesetablierung über den gesamten Schlag aber nicht ausreichten. Einige Bereiche waren gut etabliert, auf Teilstücken, wo das Wasser länger stand, wuchs nahezu nichts. Auch hier musste im Herbst zur Abschlussbonitur eine Umbruchsentscheidung gefällt werden.

II.1.2.4 Praxisversuche 2017

Im Ergebnis eines erneuten Ausschreibungsverfahrens sind insgesamt acht Betriebe bundesweit ausgewählt worden, in denen ab Mai 2017 Aussaatversuche durchgeführt wurden. Es kamen sowohl Drill- als auch Einzelkornsämaschinen zum Einsatz bei Aussaat mit und ohne Deckfrucht. Im Laufe der Vegetation erfolgten Bonituren durch die TLL.

Dietrich Schmidt (BY)

Der Landwirt Dietrich Schmidt (BY) hat insgesamt zwei Schläge mit Silphie bestellt, beide unter Deckfrucht Mais (Tab. 56).

Tabelle 56: Praxisanbau Betrieb Dietrich Schmidt, Bad Rodach (BY)

Maßnahme/Merkmal	Reithfeld (0,78 ha)	Oberau (1,34 ha)
Düngung (17 m ³ Gärrest)	40 kg/ha N vor Saat im Herbst des Vorjahres + 146 kg N/ha mineralisch am 26.04. bzw. 27.04. 2017	
Aussaattermin	25.04.2017	
Saatstärke (kg/ha)	4,0	
Herbizid Stomp Aqua (4,4l/ha)	27.04.2017	
Schneckenkorn	5 kg/ha am 08.05.2017	
Pfl./m ²		
- 24.07.2017	12	10
- 20.10.2017	13	12
Blattzahl		
- 24.07.2017	4 (ES 14)	4 (ES 14)
- 20.10.2017	8 (ES 18)	9 (ES 19)
Wuchshöhe (cm)		
- 24.07.2017	24,8	26,0
- 20.10.2017	31,6	29,3
Deckungsgrad (%) Silphie		
- 24.07.2017	40	43
- 20.10.2017	58	50
Deckungsgrad (%) Unkraut		
- 24.07.2017	10	12
- 20.10.2017	15	14
Rosettendurchmesser (cm)		
- 20.10.2017	58	56

Die Aussaat der Silphie erfolgte mit einer Monosem- Einzelkornsämaschine des Lohnunternehmers Energiepark Hahnennest GmbH & Co. KG aus Baden-Württemberg. Damit wurden Mais und die Silphie auf 75 cm Reihenabstand, um jeweils 37,5 cm versetzt mit abwechselnd befüllten Saatgutbehältern in einem Arbeitsgang gesät (Abb. 15). Das spart eine zweite Überfahrt und die Reihen sind gleichmäßig verteilt.

Insgesamt gelang die Etablierung im Praxisbetrieb Schmidt sehr gut. Die Deckfrucht Mais beeinträchtigte die Silphie kaum und wirkte durch ihre Beschattung einer Spätverunkrautung entgegen. Aufgrund der Bestandesdichten und der erreichten Pflanzengrößen im Herbst war mit guten Erträgen in 2018 zu rechnen (Abb. 16).



Abbildung 15: Bestand unter Hitzestress (Juni)
(Foto: Dietrich Schmidt)



Abbildung 16: Bestand nach der Maisernte
am 12.09.2017 (Foto: TLL)

Im Jahr 2018 litt jedoch der Standort ebenfalls unter der extremen Dürre, so dass die Silphie erst relativ spät die Reihen schließen und sich deshalb Unkraut ausbreiten konnte. Die fehlenden Niederschläge und der Konkurrenzdruck durch das Unkraut schlugen sich in den Erträgen nieder (Tab. 57). In der Hoffnung auf ein feuchtes Winterhalbjahr ist damit zu rech-

nen, dass die Bestände im nächsten Jahr bessere Erträge liefern, auch weil sie 2018 tiefreichende Wurzeln ausgebildet haben sollten.

Tabelle 57: Praxisanbau Betrieb Dietrich Schmidt, Bad Rodach (BY)

Maßnahme/Merkmal	Reithfeld (0,78 ha)	Oberau (1,34 ha)
Erntetermin	20.08.2018	05.09.2018
Erntemenge	7,83 to TM/ha	5,3 to TM/ha
Trockensubstanz	36 %	30 %

Ökobetrieb Rittergut Esbeck (NI)

Die standörtlichen Gegebenheiten des Standorts im Leinetal bei Alfeld in Südniedersachsen und die agrotechnischen Daten des Praxisanbaus beinhaltet Tabelle 58.

Tabelle 58: Praxisanbau Betrieb Esbeck

Maßnahme/Merkmal	Varrigsen
Düngung (40 t Stallmist)	Herbst des Vorjahres
Aussaattermin	03.05.2017
Saatstärke	4,0 kg/ha
Pfl./m ²	
- 22.06.2017	5
- 17.11.2017	6
Blattzahl	
- 22.06.2017	2 (ES 12)
- 17.11.2017	3 (ES 13)
Wuchshöhe (cm)	
- 22.06.2017	11,7
- 17.11.2017	15,9
Deckungsgrad (%) Silphie	
- 22.06.2017	3
- 17.11.2017	9
Deckungsgrad (%) Unkraut	
- 22.06.2017	45
- 17.11.2017	58
Rosettendurchmesser (cm)	
- 17.11.2017	25

Die Region litt im Frühjahr unter starker Trockenheit, so dass ein schlechter Aufgang der Silphie zu verzeichnen war. Zudem wies die Fläche einen starken Unkrautdruck auf, der unzureichend beseitigt wurde. Die Aussaat erfolgte in Reinsaat durch die Energiepark Hahnen-nest GmbH & Co. KG. Zum Zeitpunkt der Nachauflaufbonitur Ende Juni liefen nach gefallenen Niederschlägen immer noch Silphiepflanzen auf, so dass eventuell eine ausreichende Bestandesdichte möglich schien. Nach vergeblichen Handjäteaktionen wurde die Fläche gemäht und das Mähgut abgefahren. Durch die notwendige Mahd konnte die Silphie im Herbst das Rosettenstadium nicht mehr erreichen. Der Bestand wurde daraufhin 2018 umgebrochen.

Landhof Lindenberg, Zehrental (ST)

Der ökologische Ackerbaubetrieb im Norden Sachsen-Anhalts wirtschaftet auf einem extremen Sandstandort mit sehr niedrigen Jahresdurchschnittsniederschlägen. Der Betrieb ist vielseitig aufgestellt und hatte bereits vor Beginn der Aussaatversuche positive Erfahrungen im Silphieanbau auf kleinstem Maßstab gesammelt. Die Erkenntnis war, dass die Silphie sich recht gut auf dem Sandboden gegen andere Kräuter behaupten kann, insofern die Pflanze etabliert ist. Aus dieser Anregung heraus kam die Entscheidung zum Anbau der Silphie im Jahr 2017. Der Bestand lief aufgrund periodischer Frühjahrstrockenheit nur schlecht und ungleichmäßig auf und wurde vom Unkraut überwachsen. Die Reihen waren nicht mehr er-

kennbar, was eine maschinelle Hacke unmöglich machte. Durch die starke Konkurrenz waren die Pflanzen im Herbst relativ klein. Trotzdem wurde beschlossen, den Bestand stehen zu lassen (Tab. 59).

Tabelle 59: Praxisanbau Landhof Lindenberg

Maßnahme/Merkmal	(1,00 ha)
Düngung (über die Fruchtfolge)	40 kg/ha N über die Vorfrucht Lupinen 400 dt Stallmist zur Vorfrucht Winterroggen
Aussaattermin	28.04.2017
Saatstärke (kg/ha)	3,5
Pfl./m ²	
- 23.06.2017	1,1
- 17.11.2017	1,5
Blattzahl	
- 23.06.2017	2 (ES 12)
- 17.11.2017	5 (ES 15)
Wuchshöhe (cm)	
- 23.06.2017	9,7
- 17.11.2017	12,9
Deckungsgrad (%) Silphie	
- 23.06.2017	3
- 17.11.2017	7
Deckungsgrad (%) Unkraut	
- 23.06.2017	55
- 17.11.2017	68
Rosettendurchmesser (cm)	
- 17.11.2017	15

Im Dürrejahr 2018 starben kleinere Pflanzen völlig ab und die größeren verloren aufgrund der Trockenheit Blätter. Eine Ernte konnte nicht stattfinden, da es kaum Zuwachs gab und selbst das Unkraut komplett verbrannte (Abb. 17 und 18).



Abbildung 17: Detailaufnahme am 22.06.2018
(Foto: TLL)



Abbildung 18: Bestand am 22.06.2018 im 1. Erntejahr (Foto: TLL)

Simon Steinberger, Burghausen (BY)

Wie bereits 2016 beteiligte sich der Junglandwirt Simon Steinberger auch 2017 an den Praxisversuchen im Projekt.

Das Silphiefeld wurde im Herbst 2016 gepflügt. Der März war ausgesprochen trocken, der April dagegen nass und auch kalt. Vor der Saat wurden 25 m³ Gärrest ausgebracht. Die Bodenbearbeitung erfolgte am 24.05.2017 mit einer Lemken Saatbettkombination. Am 26.05.2017 wurde erst der Mais mit 50.000 Kö./ha, im Anschluss dann die Silphie mit 2,9 kg/ha mit einer Einzelkornsämaschine Monosem gesät. Zur Unkrautbekämpfung kamen im Voraufbau Stomp Aqua 3,5 l/ha und im Nachaufbau Gardo Gold 4,0 l/ha zur Anwendung. Aufgrund der in der Region herrschenden Vorsommertrockenheit lief die Silphie nur unzureichend auf (Tab. 60). Es regnete im Etablierungsjahr nur immer sehr kleine Mengen, die

vom Blattwerk des Maises aufgefangen und an dessen Wurzel geleitet wurden, so dass die Silphie kaum nennenswerte Niederschlagsmengen abbekam. Der Ertrag der Maisdeckfrucht lag bei 105 dt TM/ha. Da nach der Maisernte kaum noch Silphiepflanzen auf der Fläche zu finden waren, wurde der Bestand im Herbst 2017 umgebrochen.

Tabelle 60: Praxisanbau Simon Steinberger, Burghausen

Maßnahme/Merkmal	Linnerfeld (1,00 ha)
Düngung 25 m ³ /ha Gärrest	135 Kg N, 75 Kg P, 160 Kg K
Aussaattermin	26.05.2017
Saatstärke (kg/ha)	2,9
Herbizid Stomp Aqua (4,4l/ha) VA	27.05.2017
Herbizid Gardo Gold (4 l/ha) NA	05.07.2017
Pfl./m ²	
- 02.07.2017	2,1
- 29.09.2017	2,5
Blattzahl	
- 02.07.2017	3 (ES 13)
- 29.09.2017	7 (ES 17)
Wuchshöhe (cm)	
- 02.07.2017	11,7
- 29.09.2017	16,7
Deckungsgrad (%) Silphie	
- 02.07.2017	8
- 29.09.2017	14
Deckungsgrad (%) Unkraut	
- 02.07.2017	25
- 29.09.2017	38
Rosettendurchmesser (cm)	
- 29.09.2017	35

Otto Ludolf, Dahlenburg (NI)

Im Anbaujahr 2017 wurde eine Fläche von insgesamt 1,0 ha, welche sich auf einem Teilstück eines 2,2 ha Schlages befand, mit Durchwachsener Silphie mittels Drillsaat bestellt. Die Silphie lief teilweise sehr inhomogen auf und erreichte den Bestandesschluss im Herbst des Anlagejahres nicht (Tab. 61).

Tabelle 61: Otto Ludolf, Dahlenburg

Maßnahme/Merkmal	Dornbusch (1,00 ha)
Düngung 15 m ³ /ha Gärrest	Zur Zwischenfrucht vorher
Düngung 30 m ³ /ha Gärrest	15.04.2017
Aussaattermin	24.05.2017
Saatstärke (kg/ha)	2,9
Herbizid Stomp Aqua (3,5/ha) VA	29.05.2017
Pfl./m ²	
- 23.06.2017	3,2
- 17.11.2017	3,5
Blattzahl	
- 23.06.2017	1 (ES 11)
- 17.11.2017	9 (ES 19)
Wuchshöhe (cm)	
- 23.06.2017	7,7
- 17.11.2017	15,5
Deckungsgrad (%) Silphie	
- 23.06.2017	3
- 17.11.2017	12
Deckungsgrad (%) Unkraut	
- 23.06.2017	7
- 17.11.2017	21
Rosettendurchmesser (cm)	
- 17.11.2017	30

Norbert Renner, Bad Rodach (BY)

Der Landwirtschaftsbetrieb Renner besitzt eine eigene Biogasanlage und hat im Jahr 2017 eine knapp 5 ha große Fläche mit eigener Sämaschine mit Durchwachsener Silphie unter Deckfrucht Silomais etabliert. Eine Zusammenstellung der durchgeführten Maßnahmen sowie Boniturergebnisse beinhaltet Tabelle 62.

Tabelle 62: Norbert Renner, Bad Rodach

Maßnahme/Merkmal	Silberleite (4,68 ha)
Düngung 15 m ³ /ha Gärrest	20.04.2017
Düngung mineralisch 340 kg/ ha 39/6	10.05.2017
Düngung mineralisch 100 kg/ ha DAP	11.05.2017
Aussaattermin	11.05.2017
Saatstärke (kg/ha)	3,1
Herbizid Stomp Aqua (3,5/ha) VA	17.05.2017
Pfl./m ²	
- 24.07.2017	3,8
- 22.11.2017	3,5
Blattzahl	
- 24.07.2017	4 (ES 14)
- 22.11.2017	9 (ES 19)
Wuchshöhe (cm)	
- 24.07.2017	17,7
- 22.11.2017	28,5
Deckungsgrad (%) Silphie	
- 24.07.2017	12,7
- 22.11.2017	26,6
Deckungsgrad (%) Unkraut	
- 24.07.2017	6,9
- 22.11.2017	14,8
Rosettendurchmesser (cm)	
- 22.11.2017	34,8

Durch mehrere aufeinander folgende Starkregenereignisse in den Monaten Mai und Juni wurden erhebliche Mengen an Keimlingen bzw. Jungpflanzen über weite Teile des Ackers verfrachtet. Daraufhin erfolgten partiell Nachpflanzungen per Hand. Trotzdem wies der Bestand teils erhebliche Lücken auf (Abb. 19). Es traten vor allem Knötericharten, Hirsen und Melde als Leitunkräuter im Feld auf. Im Jahr 2018 trat eine starke Verunkrautung, insbesondere mit Kamille auf, sodass der Bestand im Juni mit einem 11 m Butterfly-Mähwerk abgemäht wurde. Aufgrund der Trockenheit im Jahr 2018 konnte die Silphie nach dem Schnitt nur zögerlich austreiben (Abb. 20).



Abbildung 19: Bestand zu Vegetationsende am 22.11.2017 (Foto: TLL)



Abbildung 20: Bestand am 31.08.2018, ca. 2 Monate nach dem 1. Schnitt (Foto: TLL)

Willi Indlekofer, Klettgau (BW)

Die Aussaat der Silphie erfolgte mit einer Monosem- Einzelkornsämaschine des Lohnunternehmers Energiepark Hahnennest GmbH & Co. KG aus Baden-Württemberg. Damit wurden



Abbildung 21: Silphiebestand unter Maisdeckfrucht am 25.07.2017 (Foto: TLL)

Mais sowie die Silphie auf 75 cm Reihenabstand, um jeweils 37,5 cm versetzt mit abwechselnd befüllten Saatgutbehältern in einem Arbeitsgang gesät. Insgesamt ist die Etablierung im Praxisbetrieb sehr gut gelungen. Die Silphie lief bis auf wenige Lücken relativ gleichmäßig auf und entwickelte sich unter der Deckfrucht Mais trotz der großen Sommertrockenheit zufriedenstellend. Die Deckfrucht Mais beeinträchtigte die Silphie kaum und wirkte durch ihre Beschattung einer Spätverunkrautung entgegen (Abb. 21).

Insgesamt hielt sich die Verunkrautung bis auf einige Stellen, an denen Ackerwinde auftrat, in Grenzen. Aufgrund der Bestandesdichten und der erreichten Pflanzengrößen im Herbst 2017 war mit guten Erträgen in 2018 zu rechnen (Tab. 63).

Tabelle 63: Willi Indlekofer, Klettgau 2017

Maßnahme/Merkmal	Aggensell (1,20 ha)
Grundbodenbearbeitung	Mit Pflug im Herbst 2016
Düngung 35 m ³ /ha Gärrest	30.03.2017, danach mit Kultiege eingearbeitet
Düngung 200 kg/ha Kali60	01.04.2017
Düngung 150 kg/ha Harnstoff	21.04.2017, Einarbeitung mit Kreiselegge
Düngung 150 kg/ha KAS	18.05.2017
Aussaattermin	22.04.2017
Saatstärke Silphie (kg/ha)	4,8
Saatstärke Mais (Geox Duo)	60.000 Kö/ha
Herbizid Stomp Aqua (4,4l/ha) VA	02.05.2017
Herbizid Arrat (Windenbekämpfung)	Mit Rückenspritze im Juni
Schneckenkorn 5kg/ha	11.05.2017
Pfl./m ² Silphie	
- 25.07.2017	8,7
- 22.11.2017	9,5
Blattzahl	
- 25.07.2017	5 (ES 15)
- 22.11.2017	9 (ES 19)
Wuchshöhe (cm)	
- 25.07.2017	26
- 22.11.2017	38
Deckungsgrad (%) Silphie	
- 25.07.2017	41
- 22.11.2017	68
Deckungsgrad (%) Unkraut	
- 25.07.2017	1
- 22.11.2017	6
Rosettendurchmesser (cm)	
- 22.11.2017	55

Im Frühjahr 2018 wurde der Bestand mit Stickstoff gedüngt. Dabei wurde Mineraldünger verwendet, weil sich die Wirkung von Bodenherbiziden nach einer organischen Düngung verschlechtern kann. Da nach Vegetationsbeginn auch verschiedene Unkräuter zu sehen waren, kamen die in Tabelle 64 aufgeführten Bodenherbizide zum Einsatz.

Aufgrund der ausgeprägten Sommertrockenheit (ab Juni hat es kaum geregnet; erst Ende August konnten nennenswerte Niederschläge registriert werden) blieb die Erntemenge hinter den Erwartungen zurück. Die Pflanzen an den flachgründigen Stellen auf dem Feld waren deutlich kleiner als die Pflanzen über tiefgründigerem Boden und bei der Ernte bereits verdorrt. Ansonsten erreichten die Pflanzen eine Wuchshöhe von 2,4 m zur Ernte (Abb. 22). Da kaum lagernde oder abgeknickte Pflanzen vorhanden waren, konnte der Bestand problemlos mit einem praxisüblichen Maisgebiss geerntet werden. Insgesamt ist festzuhalten, dass die Etablierung trotz der extrem trockenen zwei Jahre in dieser Region recht zufriedenstellend verlief.

Tabelle 64: Willi Indlekofer, Klettgau 2018

Maßnahme/Merkmal	Aggensell (1,20 ha)
Düngung 35 m ³ /ha Gärrest Schleppschuhausbringung Düngung 200 kg/ha KAS	21.04.2018 (8,4 %TS) (6,8 kg/ m ³ N ges., 2,7 kg/m ³ P ₂ O ₅ , 4,7 kg/m ³ K ₂ O) 22.03.2018
Herbizid Stomp Aqua (2,5/ha) und Spectrum (1,25 l/ha)	07.04.2018
Wuchshöhe (cm)	
- 13.08.2018	214
Ernte am 21.08.2018	118 dt TM/ ha bei 30 %TS



Abbildung 22: Bestand kurz vor der Ernte (Foto: TLL)

AG „Bergland“ Clausnitz e. G. (SN)

Im rauen Klima des Erzgebirges wirtschaftet der ca. 2.000 ha große Betrieb, der über eine eigene Biogasanlage verfügt. Erfahrungen im Silphieanbau lagen bereits von einem durch Pflanzung etablierten Bestand vor. In 2017 erfolgte erstmals die Anlage eines Bestandes durch Aussaat unter Deckfrucht Silomais. Die durchgeführten Maßnahmen und Boniturergebnisse sind Tabelle 65 entnehmen.

Tabelle 65: AG „Bergland“ Clausnitz e. G., 2017

Maßnahme/Merkmal	Kreuztanne rechts (1,464 ha)
Grundbodenbearbeitung	Schwere Scheibenegge auf 10 cm am 23.09.2016
Bodenbearbeitung	Kurzscheibenegge flach am 01.04.2017 Feingrubber auf 8 cm am 01.04.2017
Saatbettbereitung	Grubber am 17.05.2017
Wiesenwalze	Nach der Saat 17.05.2017
Düngung 31,8 m ³ /ha Gärrest vor der Saat	16.05.2017
Ausgebrachte Nährstoffe:	
- Stickstoff	67 kg/ha
- Phosphor	46kg/ha
- Kalium	116 kg/ha
- Magnesium	48 kg/ha
- Kalzium	82 kg/ha
- Schwefel-I	41 kg/ha
Aussaattermin	17.05.2017
Saatstärke Silphie (kg/ha)	3,4
Saatstärke Mais (Yukon)	60.000 Kö/ha
Herbizid Roundup PowerFlex	(3,75 l/ha) 05.05.2017
Herbizid (Stomp Aqua)VA	2,0 l/ha am 22.05.2017
Herbizid (Stomp Aqua)NA	1,5 l/ha am 26.06.2017
Pfl./m ² Silphie	
- 26.06.2017	5,7
- 09.11.2017	6,3
Blattzahl	
- 26.06.2017	3 (ES 13)
- 09.11.2017	7 (ES 17)
Wuchshöhe (cm)	
- 26.06.2017	18
- 09.11.2017	27
Deckungsgrad (%) Silphie	
- 26.06.2017	28
- 09.11.2017	48
Deckungsgrad (%) Unkraut	
- 26.06.2017	6
- 09.11.2017	24
Rosettendurchmesser (cm)	
- 09.11.2017	39

Nach der Maisernte am 27.09.2017 mit 141 dt TM/ha wurde der Bestand am 12.10. 2017 gemulcht, weil er stark verunkrautet war. Die im Jahr 2018 durchgeführten Maßnahmen sind in Tabelle 66 aufgeführt. Leider blieb der Ertrag der Silphie, aufgrund der Verunkrautung und der Trockenheit in 2018, deutlich hinter den Erwartungen.

Tabelle 66: AG „Bergland“ Clausnitz e. G., 2017

Maßnahme/Merkmal	Kreuztanne rechts (1,464 ha)
Düngung 37 m ³ /ha Gärrest	05.04.2018
Güllefass mit Breitverteiler	
Ernte am 27.08.2018	25 dt TM/ ha bei 30 %TS

Die Ergebnisse der Praxisversuche zeigen, dass die Sätechnik nicht der alleinige Einflussfaktor für die optimale, zügige Etablierung von Silphiebeständen ist. Vielmehr kommt es auf die richtige Bodenvorbereitung, den Bodenzustand zur Aussaat sowie die Witterungsbedingungen vor und nach der Saat an. Des Weiteren stellt nach wie vor die Unkrautbekämpfung die Landwirte vor größere Herausforderungen, vor allem in trockenen Jahren, da hier die Applikation von Bodenherbiziden im Voraufbau nicht die gewünschte Wirkung zeigt. Unter solchen Umständen sind auch mechanischen Maßnahmen, wie z. B. Hacken oder in späteren Stadien Mulchen, durch den Landwirt in Betracht zu ziehen. Insgesamt unterstreichen

die Ergebnisse, dass die Silphie im Etablierungsjahr eine erhöhte Aufmerksamkeit seitens des Landwirts erfordert.

II.1.3 Gewächshaus- und Laborversuche

II.1.3.1 Prüfung von vorbehandeltem Saatgut

Gewächshausversuch 2015

Problematisch bei der Aussaat der Silphie sind die unregelmäßige Saatgutform und die damit verbundene schlechte Fließfähigkeit. Dadurch kommt es in der Sämaschine zu Verstopfungen und bei Einzelkornaussaat zu Fehlstellen bzw. Mehrfachbelegungen. Im Rahmen des Projektes wurde vorbehandelte Saatware der NLC durch die Kwizda agro AG, einem österreichischen Dienstleistungsunternehmen für Saatgutoptimierung, mit zwei Coating-Varianten behandelt. Ziel war es, den technischen Anforderungen an das Saatgut gerecht zu werden, ohne Keimfähigkeit und Triebkraft im Vergleich zur handelsüblichen Saatware zu verschlechtern. Diese wies eine Keimfähigkeit von 94 % und ein TKG von 18 g auf. Durch die Behandlung erhöhte sich das TKG bei Variante 1 auf 61 g, bei Variante 2 auf 93 g. Die Saatgutform wurde deutlich gleichmäßiger (Abb. 23), was sich auf die Ablage mit praxisüblicher Sätechnik positiv auswirken dürfte. Bei der Untersuchung im Labor verringerte sich die Keimfähigkeit durch das Coating bei beiden Varianten um ca. 10 %.



Abbildung 23: Coating-Varianten im Vergleich zur Saatware NLC (Foto: TLL)

Entscheidend ist jedoch der Feldaufgang, bei dem auch die Triebkraft des Saatguts eine wesentliche Rolle spielt. Deshalb wurde am 10.08.2015 ein Gewächshausversuch angelegt, bei dem die drei Saatgutvarianten (Saatware NLC, Kwizda Variante 1 und Variante 2) in den Ablagetiefen 0,5 cm, 1,0 cm, 2,0 cm und 3,0 cm in vier Wiederholungen geprüft wurden. Dazu erfolgte eine Ablage von je 100 Samen in Saatschalen mit einem Gemisch aus Felderde (65 %) und Blumenerde (35 %), um möglichst realistische Bedingungen zu simulieren. Die Temperaturen im Gewächshaus schwankten zwischen 20 und 27 °C. Nach Auflaufen der ersten Keimlinge wurden diese täglich ausgezählt und nach der Zählung entfernt. Etwa vier Wochen nach der Aussaat war der Aufgang abgeschlossen. Generell bestätigte der Versuch die relativ schlechte Triebkraft der Silphie, was an den verminderten Aufgangsraten bei Ablagetiefen unter 1,0 cm zu erkennen ist. Es zeigte sich, dass die behandelte Variante 1 in

allen Ablagetiefen besser bzw. analog zur Saatware auflief. Variante 2 fiel bei der tiefsten Ablage gegenüber der Saatware deutlich ab (Tab. 67).

Tabelle 67: Ergebnisse des Aussaatversuchs absolut und relativ zur Saatware der NLC zur Endauszählung, Gewächshausversuch Dornburg 2015

Variante	0,5 cm		1,0 cm		2,0 cm		3,0 cm	
	abs.	rel. (%)						
Saatware NLC	87	100	88	100	66	100	63	100
Kwizda Variante 1	92	107	83	105	73	110	63	100
Kwizda Variante 2	87	101	92	104	66	99	51	81

Bei Betrachtung der Werte der täglichen Auszählung fällt auf, dass das behandelte Saatgut der Variante 1 bei allen Ablagetiefen schneller auflief als die Saatware, Variante 2 dagegen geringfügig langsamer (Abb. 24).

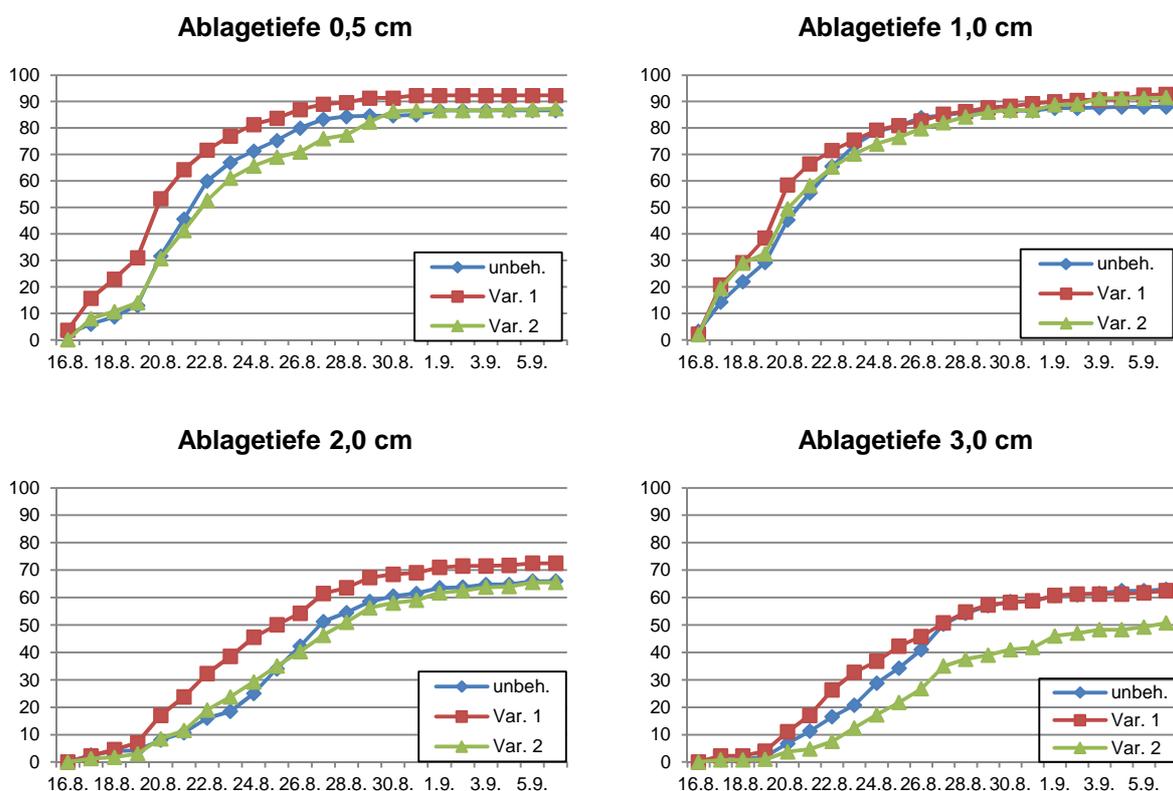


Abbildung 24: Aufgangsraten (%) der geprüften Saatgutchargen bei unterschiedlichen Ablagetiefen, Gewächshausversuch Dornburg 2015

Im Ergebnis des Versuchs ist festzustellen, dass die Saatgutbehandlung durch das Coating Variante 1 einen positiven Einfluss auf die Aufgangsrates der Silphie hatte. Auch die stärkere Umhüllung des Saatguts, Variante 2, wirkte sich bei flacherer Ablage nicht negativ aus.

Nach den durchaus vielversprechenden Ergebnissen wurde behandeltes Saatgut beider Varianten im Vergleich zur Saatware in 2016 im Parzellenversuch geprüft, wo sich die Ergebnisse leider nicht bestätigten.

Gewächshausversuch 2017

In einem weiteren Versuch wurde vorbehandelte Saatware der NLC durch die SUET Saat- und Erntetechnik GmbH mit einer Inkrustierung (Variante 2 - TKG 28,8 g) und zwei Pillierun-

gen (Variante 3 - TKG 28,1 g; Variante 4 - TKG 59,3 g) versehen. Ziel war es wiederum, die technische Eignung des Saatguts, ohne negative Auswirkungen auf Keimfähigkeit und Triebkraft, zu verbessern. Als Vergleich diente die handelsübliche Saatware (Variante 1) der NLC. Diese wies ein TKG von 18 g auf. Die Saatgutform wurde durch die Behandlungen deutlich gleichmäßiger, was sich auf die Ablage mit praxisüblicher Sätechnik positiv auswirken sollte.

Die vier Saatgutvarianten wurden im Gewächshaus in Saatschalen in drei Ablagetiefen (1 cm, 2 cm und 3 cm) ausgesät. Der Versuch war vierfach wiederholt, bei je 100 Samen je Wiederholung.

Die Aufgangsraten des Versuchs bestätigten die Ergebnisse der vorherigen Untersuchungen bezüglich der Triebkraft der Silphie, indem die Keimung mit steigender Ablagetiefe schlechter wurde. Gleichzeitig zeigte sich, dass die Umhüllung des Saatguts vor allem bei tieferer Ablage zu deutlich schlechteren Ergebnissen im Vergleich zur Saatware der NLC führte (Abb. 25).

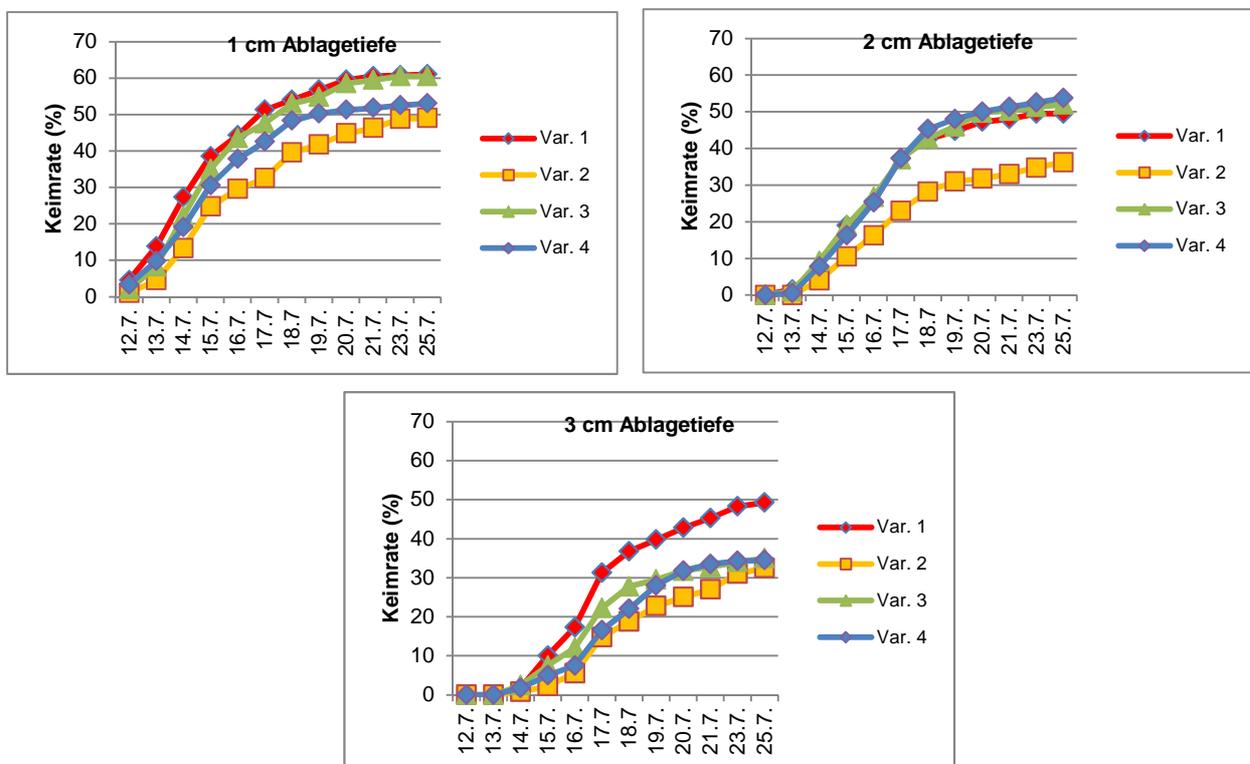


Abbildung 25: Aufgangsrate von Durchwachsener Silphie in Abhängigkeit von Saatgutbehandlung und Ablagetiefe, Gewächshausversuch 2017

Bei Betrachtung der bisherigen Ergebnisse zur Saatgutbehandlung ist eine derartige Maßnahme nicht zu empfehlen. Durch die Behandlung verteuert sich das bereits preisintensive Silphiesaatgut und das Risiko der Bestandesetablierung erhöht sich durch die sinkenden Aufgangsraten bei ungenauer bzw. zu tiefer Ablage. Diese negativen Aspekte wiegt eine eventuelle Einsparung von Saatgut durch geringere Mehrfachbelegungen nicht auf.

II.1.3.2 Laborversuch zur Ermittlung der optimalen Keimtemperatur

Die optimale Keimtemperatur einer Kultur lässt Rückschlüsse auf die zu empfehlende Saatzeit zu. Aus den bisherigen Erfahrungen aus den Feldversuchen war bekannt, dass Durchwachsene Silphie bereits bei Temperaturen ab 5 bis 10 °C keimt. Die Keimfähigkeitsbestimmung bei Durchwachsener Silphie nach ISTA-Vorgaben im Labor erfolgt bei 20 °C. Exakte Untersuchungen zur Ermittlung der optimalen Keimtemperatur gab es bisher jedoch nicht. Deshalb kam 2016 ein Laborversuch zu dieser Thematik zur Anlage.

Der Versuch wurde in Standardkeimdosens aus durchsichtigem Kunststoff auf Filterpapier im Saatgutlabor der TLL durchgeführt. Einen Überblick über die geprüften Varianten gibt Tabelle 68. Die Prüfung erfolgte über vier Wochen vom 29.01. bis 01.03.2016 in drei Wiederholungen á 100 Samen. Neben der handelsüblichen Saatware von NLC kamen zwei weitere Saatgutchargen, die zuvor ebenfalls mit Gibberellinsäure zur Brechung der Dormanz behandelt worden waren, zur Prüfung.

Tabelle 68: Varianten des Laborversuchs zur Ermittlung der optimalen Keimtemperatur
Saatgutlabor Jena 2016

Variante	Temperatur (° C)	Beleuchtungsdauer (h)
1	6 bis 9	0
2	9 bis 10	8
3	15	8
4	20	8
5	20 (8 h)/30 (16 h)	8 bei 30 °C

Es zeigte sich, dass die Keimung umso schneller erfolgte, je höher die Temperatur gewählt war. So war bei der Saatware bei einer Wechseltemperatur von 20/30 °C nach fünf Tagen die Keimung nahezu abgeschlossen, bei der Temperatur von 20 °C erfolgte nach einer Woche kein weiterer Anstieg der Keimrate. In den Temperaturbereichen 6 bis 9 °C bzw. 9 bis 10 °C begann die Keimung erst 10 Tage nach Versuchsbeginn (Abb. 26). Die Beleuchtung hatte keinen erkennbaren Einfluss auf die Schnelligkeit der Keimung und die Keimrate.

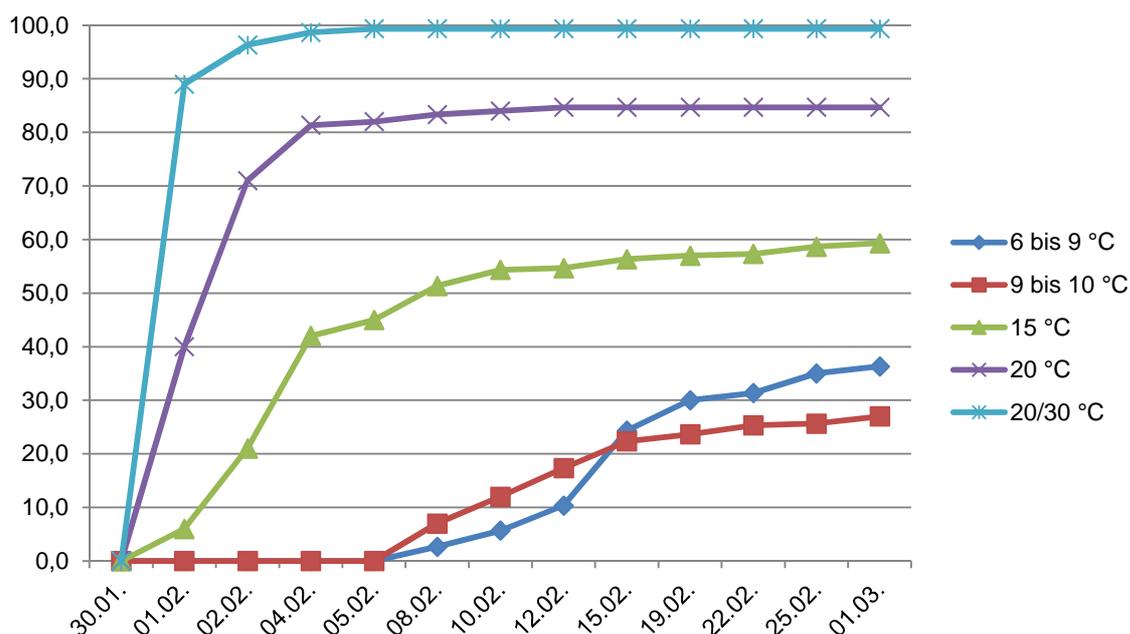


Abbildung 26: Keimraten (%) von Silphie-Saatware in Abhängigkeit von der Temperatur
Laborversuch Jena 2016

Insgesamt blieben die Werte der niedrigeren Temperaturstufen nach vierwöchiger Versuchsdauer auf sehr niedrigem Niveau. Während sich auf den Samen bei 15 °C teilweise Schimmelpilze angesiedelt hatten, wirkten die der Varianten 1 und 2 sehr gesund. Um die Lebensfähigkeit der nicht gekeimten Samen zu prüfen, wurden die Schalen der Varianten 1 bis 3 nach der Zählung am 01.03. in den Temperaturbereich 20/30 ° überführt. Innerhalb von drei Tagen stieg die Keimrate von Variante 1 auf 100 %, die von Variante 2 auf 99 % an. Bei den verpilzten Samen des 15 °C-Temperaturbereichs erfolgte in einer Woche ein Anstieg um 13 %, so dass letztlich eine Keimrate von 73 % erreicht wurde.

Die zwei weiteren geprüften Saatgutchargen wiesen analoge Ergebnisse auf. Allerdings lag hier die Keimfähigkeit insgesamt auf einem etwas niedrigeren Niveau als bei der Saatware von NLC. Einen Überblick über die Keimraten im Mittel der drei Saatgutchargen gibt Abbildung 27. In die Darstellung ging auch der Anstieg der Keimraten der niedrigen Temperaturbereiche nach Erhöhung der Temperatur ein.

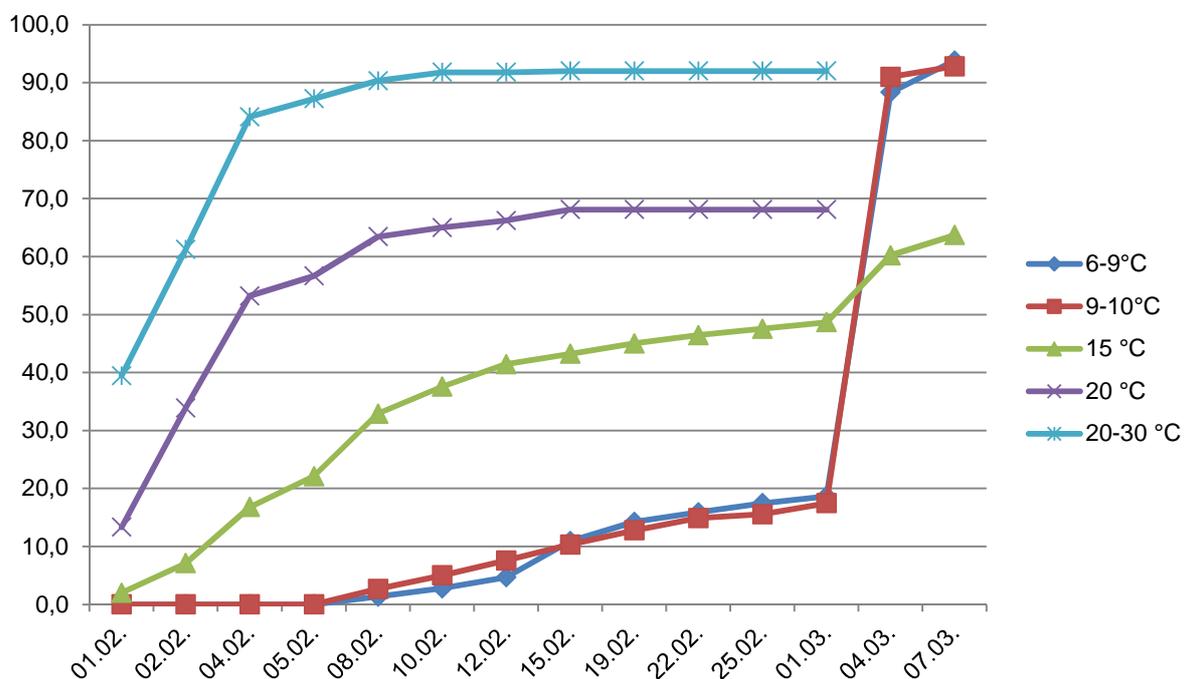


Abbildung 27: Keimraten (%) von Silphie in Abhängigkeit von der Temperatur, Mittel dreier Saatgutchargen, Laborversuch Jena 2016

Die Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass die optimale Keimtemperatur von Silphie bei mindestens 20 °C liegt. Für einen schnellen Feldaufgang sind deshalb Aussaattermine im Mai anzustreben. Allerdings scheint der Samen auch bei niedrigeren Temperaturen lange lebensfähig zu bleiben, so dass bei früherer Saat bzw. niedrigeren Bodentemperaturen bei einem Anstieg der Temperatur noch mit einem guten Aufgang zu rechnen ist.

II.1.4 Weitere Untersuchungen

Im Verlauf der Untersuchungen stellte sich wiederholt die Frage, welche Pflanzenbestandteile die höchsten Biogas- bzw. Methanausbeuten bedingen und ob es diesbezüglich nachweisbare Unterschiede zwischen phänotypisch unterschiedlichen Pflanzen gibt.

Deshalb wurden im August 2016 aus der russischen Herkunft eine dickstänglige, breitblättrige Pflanze und eine dünnstänglige mit schmalen Blättern sowie eine Pflanze mit intensiver Anthocyanfärbung aus der ukrainischen Herkunft ausgewählt. Nach einer Separierung in Blätter-, Stängel- und Blütenanteile sowie entsprechender Vermessung und Wägung erfolgte eine Silierung der einzelnen Bestandteile zur nachfolgenden Untersuchung der Biogas- und Methanausbeuten im HBT. Die Ergebnisse beinhaltet Tabelle 69.

Tabelle 69: Merkmale separierter Einzelpflanzen, VS Dornburg 2016

Merkmal	Russland: dickstänglig, breitblättrig	Russland: dünnstänglig, schmalblättrig	Ukraine: anthocyangefärbt
Stängelzahl	19	23	15
Stängeldurchmesser (cm)	1,9	1,4	1,3
Stängellänge (cm)	273	237	253
Trockenmasse Ganzpflanze (g)	2516	2448	1202
Biogas Ganzpflanze, berechnet (NI/kg oTS)	460	482	536
Methan Ganzpflanze, berechnet (NI/kg oTS)	277	279	304
Stängel			
- Trockenmasse (g)	1606	1676	769
- TS-Gehalt (%)	25,6	24,2	26,6
- Anteil an Ganzpflanze (%)	63,8	68,5	64,0
- Biogas (NI/kg oTS)	470	500	550
- Methan (NI/kg oTS)	287	300	319
Blatt			
- Trockenmasse (g)	690	596	290
- TS-Gehalt (%)	29,5	29,1	27,5
- Anteil an Ganzpflanze (%)	27,4	24,3	24,2
- Biogas (NI/kg oTS)	410	410	490
- Methan (NI/kg oTS)	250	217	269
Blüte			
- Trockenmasse (g)	221	176	143
- TS-Gehalt (%)	22,5	20,0	26,0
- Anteil an Ganzpflanze (%)	8,8	7,2	11,8
- Biogas (NI/kg oTS)		550	
- Methan (NI/kg oTS)		291	

Es zeigte sich, dass die Stängel durchgängig deutlich höhere Gasausbeuten lieferten als die Blätter. Das ist wegen des hohen Stängelanteils, der ca. zwei Drittel des Gesamtertrages ausmacht, durchaus positiv zu bewerten. Die Methanausbeuten der Blüten lagen ebenfalls über den Blättern, fallen aber aufgrund ihrer geringen Anteile an der Ganzpflanze weniger stark ins Gewicht. Interessant war, dass die dünnstänglicheren Pflanzen aus Russland und der Ukraine im Stängel höhere Methanwerte aufwiesen als die dickstänglige russische, was eventuell an den geringeren Ligninanteilen liegen könnte. Insgesamt schnitt die anthocyangefärbte ukrainische Silphie am besten ab. Für gesicherte Aussagen wäre jedoch eine Wiederholung der Untersuchungen bei wesentlich größerem Probenumfang erforderlich. Dies war aufgrund des begrenzten Budgets im Projekt leider nicht möglich.

II.1.5 Ökonomische Bewertung des Anbaus

Im Rahmen des Projektes wurde die 2013 erstellte „Leitlinie zu effizienten und umweltgerechten Erzeugung von Durchwachsener Silphie“ sowohl bezüglich der Beschreibung der einzelnen Verfahrensschritte des Anbaus als auch der ökonomischen Kenndaten aktualisiert (http://www.tll.de/www/daten/publikationen/leitlinien/II_silphie.pdf). Nachfolgend ist die Verfahrensbewertung dargestellt.

Die ökonomische Bewertung des Anbaus erfolgte auf Basis der bisherigen Versuchsergebnisse, der betreuten Praxisflächen sowie der telefonischen Befragung der Silphieanbauer. Vergleichbare Verfahrensschritte bzw. Arbeitsgänge lehnen sich an die „Betriebswirtschaftlichen Richtwerte Silomaisproduktion“ (Degner, 2016, <http://www.thueringen.de/th9/tll/>), die auf KTBL-Daten und eigenen Berechnungen basiert, an. Für die Kalkulationen sind die Produktionsbedingungen von Thüringen auf 20 ha Schlaggröße mit 100 % Pachtflächenanteil unterstellt worden.

Die Nutzungsdauer der mehrjährigen Pflanze wurde mit zehn Jahren im unteren Bereich der zu kalkulierenden Ertragsjahre gewählt. Dazu ist noch ein Jahr für die Bestandesetablierung (ohne Ertrag) hinzuzurechnen. Die Ertragshöhe von 130 dt TM/ha (mittlerer Ertrag) bzw. 160 dt TM/ha (hoher Ertrag) basiert auf den durchschnittlichen Praxis- und Parzellenerträgen und bewegt sich dabei im Bereich des Silomais. Für die Kalkulation wurde des Weiteren für den Praxisertrag eine landwirtschaftliche Vergleichszahl von 45 bzw. 55 (hoher Ertrag) herangezogen. Gleiches gilt für die Ackerzahl. Die Unterteilung in Nutzungs- und Erntejahre resultiert daraus, dass die Durchwachsene Silphie im Anlagejahr keinen Ertrag bildet. Die relativ hohen Anlagekosten sind kapitalisiert mit 5 % verzinst und auf die 10 Erntejahre aufgeteilt. Unterschiede in der Höhe ergeben sich aus dem unterschiedlichen Pachtansatz der beiden Ertragsstufen.

Hinsichtlich der Verwertungsvarianten ist der übliche Leistungsübergang frei Biogasanlage abgebildet worden (Tab. 70 und 71).

Tabelle 70: Parameter für die Produktion von Silphiesilage als Gärs substrat, Mittelwerte für 10 Erntejahre

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

Tabelle 71: Leistungen der Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat, Mittelwert für 10 Erntejahre

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

Die Anlage von Silphiebeständen erfolgte anfänglich durch Pflanzung. Dieses Verfahren ist für Kleinstflächen, ehemalige Brachflächen sowie ökologisch wirtschaftende Betriebe nach wie vor empfehlenswert. In den letzten Jahren hat sich zunehmend die Bestandesetablierung durch Aussaat etabliert. Aus diesem Grund werden die Kosten für die Anlage getrennt nach den Varianten „Pflanzung“ (II.1.5.1) und „Aussaat“ (II.1.5.2) betriebswirtschaftlich dargestellt. Als dritte Variante ist das Verfahren der „Aussaat unter Silomais“ (II.1.5.3) bewertet. Die sich für die Anlage ergebenden Kosten werden in die betriebswirtschaftlichen Richtwerte für die Varianten „Pflanzung“ als auch „Aussaat“ für die Folgejahre übernommen.

II.1.5.1 Etablierung durch Pflanzung

Um die Kosten für die Anlage eines Silphiebestandes durch Pflanzung detailliert erfassen zu können, sind, neben den Versuchsergebnissen, die realen Aufwendungen verschiedener Praxisschläge und das Anlagejahr gesondert berechnet worden. In die in Tabelle 72 dargestellte Kalkulation gingen dabei eine zweimalige Bodenbearbeitung im Frühjahr, Pflanzgutkosten von 0,09 €/Pflanze bei 40 000 Pflanzen/ha sowie die Pflanzung selbst mit 500 €/ha Lohnarbeit ein. Des Weiteren wurden eine Düngung von 50 kg N/ha, ein zweimaliger Herbizideinsatz sowie eine Maschinenhacke auf 50 % der Fläche für die Bekämpfung von Problemunkräutern kalkuliert. Die Aufwendungen für die Reinhaltung der Bestände sind für normalen Unkrautdruck und wüchsige Witterungsbedingungen kalkuliert, können bei ungünstigen Bedingungen aber auch höher sein.

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

Tabelle 72: Richtwerte für Herstellungskosten von Silphieflächen (Pflanzung) bei zwei Intensitätsstufen, Anbaugeschäft

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

Die Kosten für die Bestandesanlage gingen in die ökonomische Bewertung des Verfahrens ein. Die Berechnung der Düngerkosten erfolgte anhand der ermittelten mittleren Entzüge von 0,88 kg N/dt TM, 0,18 kg P/dt TM, 1,86 kg K/dt TM und 0,34 kg Mg/dt TM als Mineraldüngung für die Erntejahre. Da ab dem zweiten Anbaujahr ein Herbizideinsatz in der Regel nicht mehr erforderlich ist und nur in Ausnahmefällen erfolgt, wurden hier nur minimale Kosten veranschlagt (Tab. 73).

Tabelle 73: Richtwerte für Herstellungskosten Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat (Pflanzung) bei zwei Intensitätsstufen Mittelwerte für zehn Erntejahre

Position		ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag	
Jahresertrag TM zur Ernte	Trockenmasse des Futtermittels	dt _{TM} /ha	130	160	
	Futtermittel frei Krippe bzw. Maul	dt/ha	114	140	
		dt/ha	438	538	
Direktkosten	Pflanzgut	€/ha	0	0	
	Düngemittel	€/ha	282	347	
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	23	23	
	Konservierung	€/ha	39	48	
	Summe	€/ha	343	417	
Arbeits erledigungskosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	83	96	
	Kraft- und Schmierstoffe	l/ha	93	109	
	Kraft- und Schmierstoffe	€/l 0,70	€/ha	65	76
	Maschinenvermögen	€/ha	1 829	2 079	
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,81	0,99	
	AfA Maschinen	€/ha	164	183	
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	10,8	13,1	
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	2,5	2,5	
	Personalkosten	10,12 €/h Ne- benk. 50 %	€/ha	202	236
	Lohnarbeit	€/ha	0	0	
Summe	€/ha	513	591		
Arbeits erl. inkl. L+V	Summe	€/ha	604	697	
Kosten für Zahlungsanspr.		€/ha			
Gebäude	Vermögen	€/ha	3 216	3 958	
	Unterhaltung	€/ha	48	58	
	AfA (ant.Neuwert)	100 % 20 J. NND	€/ha	161	198
	Summe	€/ha	208	256	
Flächenkosten	Pacht	€/BP 3,60	BP	45	55
			€/ha	162	198
Sonstige	Berufsgenossenschaft	€/ha	5	5	
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	65	65	
	Summe	€/ha	70	70	
Kosten für Bestandesetablierung		€/ha	534	538	
Kosten für Gärproduktlagerung		€/ha	54	67	
Summe Kosten		€/ha	1 975	2 244	
		€/dt _{TM}	17,40	16,00	
Nettowert Nährstoffrücklieferung mit Futteran- satz	BGA	€/ha	62	75	
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung		€/ha	1 913	2 169	
		€/dt _{TM}	16,80	15,50	
Flächenzahlungen (dar. Zahlungsansprüche)	265 0 % Mod.	€/ha	265	265	
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung und Flächenzahlungen		€/ha	1 648	1 904	
		€/dt _{TM}	14,50	13,60	
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlungen und Nutzungskosten		€/ha	1 768	2 024	
	Gewinnbeitrag von Marktfrüchten 120 €/ha	€/dt _{TM}	15,50	14,50	
Kapitalbindung	50 % Sachanl. 60 % var. Ko+ Pers.	€/ha	2 956	3 533	
Zinsansatz	3,0 %	€/ha	89	106	
Herstellungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung und Zinsan- satz		€/ha	1 857	2 130	
		€/dt	4,20	4,00	
		€/dt _{TM}	16,30	15,20	
Methanherzeugungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung und Zinsansatz		€/m ³ _{CH₄}	0,65	0,60	
Rohstoffkosten BGA	38 % elektr. Wirkungsgrad	ct/kWh _{Strom}	17,00	15,90	

Weitere Arbeitsgänge, die sich im Wesentlichen auf Ernte und Konservierung beschränken, entsprechen weitgehend der Silomaisproduktion unter den Bedingungen Thüringens. Innerhalb der Gebäudekosten wirkt der geringere TS-Gehalt im Vergleich zu Mais kostenstei-

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

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

II.1.5.2 Etablierung durch Saat

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

Abweichend von der Pflanzung gingen in die Berechnung der Aufwendungen für die Bestandesanlage Saatgutkosten von 400 €/kg bei einem Saatgutbedarf von 3,0 kg/ha ein, was 30 % der Kosten für das Silphiepflanzgut entspricht. Als Drilltechnik wurde eine Einzelkornsämaschine, wie sie für die Maisaussaat üblich ist, veranschlagt. Da die Silphiejungpflanzen sich relativ langsam entwickeln, liegen der Berechnung zwei Herbizidmaßnahmen und eine Maschinenhacke zugrunde. Aufwendungen für eine Handhacke wurden nicht berechnet. Sie könnten aber auf Teilflächen mit Problemunkräutern erforderlich werden. Alle weiteren Maßnahmen und Unterstellungen entsprechen denen der Pflanzung. Mit dem Ersatz der Pflanzung durch Saat reduzieren sich die Anlagekosten auf 1 890 bei mittlerem bzw. 1 916 €/ha bei hohem Ertragsniveau und liegen bei ca. 40 % der Kosten für Pflanzung. Die Aufwendungen für die Bestandesetablierung belaufen sich somit bei zehn Erntejahren auf 205 bzw. 209 €/ha (Tab. 74).

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

Diese Anlagekosten gingen wiederum in die Berechnung der Kosten der Nutzungsjahre ein. Da die weiteren Unterstellungen weitgehend gleichblieben, verringerte sich die Summe der Kosten um die Differenz zur Pflanzung entsprechend auf 1 594 (mittlerer Ertrag) bzw. 1 852 €/ha (hoher Ertrag). Dies ergibt Kosten von 14 bzw. 13,20 €/dt TM. Unter Berücksichtigung der Gärrestrückführung, der Flächenzahlungen und des Zinsansatzes entstehen somit Kosten von 12,80 bzw. 3,30 €/dt FM bei mittlerem sowie 12,20 bzw. 3,20 €/dt FM bei hohem

Ertragsniveau (Tab. 75), womit die Silphie bei Saat bei einer Nutzungsdauer von zehn Ernten um ca. 20 % besser abschneidet als das Pflanzverfahren.

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

Tabelle 74: Richtwerte für Herstellungskosten von Silphieflächen (Aussaart) bei zwei Intensitätsstufen, Anlagejahr

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

Tabelle 75: Richtwerte für Herstellungskosten Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat (Aussaart) bei zwei Intensitätsstufen, Mittelwerte für zehn Erntejahre

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

II.1.5.3 Etablierung durch Saat unter Deckfrucht Mais

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

Die Anrechnung der einzelnen Verfahrensschritte erfolgte zu jeweils einer Kultur. So gingen die Arbeitsgänge der Bodenbearbeitung und der Aussaat mittels Einzelkornsämaschine in einem Arbeitsgang zulasten der Silphie. Gleiches gilt für die Ausbringung der Pflanzenschutzmittel und die Kosten für den Herbizideinsatz. Aufwendungen für Insektizide, die im Mais erforderlich sind, wurden dem Mais angerechnet. Die Berechnung der spezifischen Düngerkosten im Mais erfolgte anhand der Entzugswerte, wobei 75 % als Gülledüngung (Innenumsatz) in Lohnarbeit und 25 % als Zukauf mineralischer Düngemittel kalkuliert wurden. Die Ausbringung der Düngemittel liegt beim Mais. Die Düngerkosten von 35 €/ha, die die Silphie benötigt, verblieben in der Kostenkalkulation der Silphie. Um dem erhöhten Etablierungsrisiko für die Silphie Rechnung zu tragen, wurde die Saatstärke auf 3,50 kg/ha erhöht, die Kosten für mechanische Pflegemaßnahmen entfielen.

Bei Zugrundelegung dieser Prämissen belaufen sich die Herstellungskosten von Mais als Deckfrucht für die Silphie auf 1 028 €/ha bzw. 11,40 €/dt TM (Tab. 76).

Unter Berücksichtigung der Ertragsdifferenz zum üblichen Anbau liefert der Silomais demzufolge einen Erlösbeitrag zur Silphieanlage von 0,42 €/dt FM bzw. 119 €/ha, der von den Kosten der Silphieetablierung abzuziehen ist. Aufgrund der höheren Saatmenge und der Mehrkosten der auf den Mais abgestimmten Herbizide, macht sich dieser Erlösbeitrag, trotz geringerer spezifischer Arbeitserledigungskosten, in den Anlagekosten nicht positiv bemerkbar. Der Aufwand für die Bestandesetablierung (abgezinst) steigt im Vergleich zur Reinsaat um ca. 5 € auf 210 €/ha bei mittlerem und 214 €/ha bei hohem Ertrag (Tab. 77).

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

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

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

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

Tabelle 76: Richtwerte für Herstellungskosten von Silomais als Deckfrucht zur Silphie

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

Tabelle 77: Richtwerte für Herstellungskosten von Silphieflächen (Aussaat) mit Deckfrucht Mais bei zwei Intensitätsstufen, Anlagejahr

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

II.2 Verwertung

Während der Projektlaufzeit ist der Anbauumfang der Durchwachsenen Silphie bundesweit auf mehr als 2.000 ha angestiegen. Damit ist es gelungen, sie als ertragreiche, anspruchslose Biomassepflanze in größerem Umfang in die landwirtschaftliche Praxis einzuführen. Aus Unternehmen, welche bereits Durchwachsene Silphie anbauen, kommt eine überwiegend positive Resonanz. Zudem besteht ein starkes Interesse seitens der Imker und Bürger, die in der Silphie eine vielversprechende Bereicherung der Kulturlandschaft sehen.

Eine wesentliche Grundlage für die Erhöhung des Anbauumfangs ist die sichere Bereitstellung ausreichender Mengen an hochqualitativem Saatgut, was durch die N. L. Chrestensen GmbH gewährleistet werden kann. Züchterisch verbessertes Pflanzenmaterial bietet weitere

Chancen für eine höhere Effizienz des Anbaus, wobei im Rahmen des abgeschlossenen Projektes, aufgrund der Mehrjährigkeit und des Fremdbestäubercharakters der Pflanze, lediglich erste Selektionszyklen möglich waren. Das Zuchtmaterial steht für eine Weiterführung der Arbeiten zur Verfügung.

Die energetische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturen wird kurz- und mittelfristig ihre Bedeutung behalten, zumal die Bioenergiegewinnung einen erheblichen Anteil an den erneuerbaren Energien innehat. Durch die Diversifizierung der Arten kann Monokultur bzw. Fruchtfolgeproblemen entgegengewirkt und durch eine Erhöhung der Artenvielfalt die Attraktivität des Agrarraumes erhöht werden. In dem abgeschlossenen Projekt sind wichtige Voraussetzungen für die großflächige Einführung der Durchwachsenen Silphie in die Landwirtschaft geschaffen worden und es ist gelungen, die Etablierung in der Praxis zu begleiten. Das Problem der gleichmäßigen Saatgutausbringung bei der Saat ist durch die Prüfung praxisüblicher Technik durch Landtechnikexperten im Rahmen des Projektes gelöst worden. Mit den Projektarbeiten konnte das Risiko, dass mit der Einführung einer neuen Kultur für den Landwirt verbunden ist, vermindert werden.

Die bereits länger genutzten Bestände dienen auch der agrarökologischen Bewertung der Durchwachsenen Silphie und trugen mit ihrer positiven Wirkung zu der Entscheidung bei, die Silphie ab 2018 im Greening mit einem Gewichtungsfaktor von 0,7 anzurechnen.

II.3 Erkenntnisse von Dritten

Während der Projektlaufzeit wurden und werden vom BMEL über den Projektträger FNR zwei weitere Vorhaben, die sich mit der Silphie beschäftigten, gefördert. Dies war zum einen das Verbundvorhaben „Agrarökologische Bewertung der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) als eine Biomassepflanze der Zukunft“ mit den Teilvorhaben 1: „Ober- und unterirdische Biodiversität in Beständen der Durchwachsenen Silphie“, bearbeitet durch das Institut für Biodiversität des Johann Heinrich von Thünen-Instituts und Teilvorhaben 2: „Wasserhaushalt und Ökophysiologie der Durchwachsenen Silphie“, angesiedelt im Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde des Julius-Kühn-Instituts in Braunschweig. Ziel des Projekts war es, den Einfluss der Durchwachsenen Silphie auf Biodiversität und ökosystemare Dienstleistungen zu quantifizieren sowie deren Wasserhaushalt unter verschiedenen Standortbedingungen zu untersuchen und vergleichend zu beurteilen. Im Teilvorhaben 1 wurden die ober- und unterirdische Biodiversität mit Schwerpunkt auf funktionelle Komponenten erfasst und quantifiziert. Im Fokus standen die Silphie selbst sowie die Interaktionen zwischen Silphiebeständen und anderen Feldkulturen in der Umgebung. In Teilprojekt 2 ging es um die Erweiterung des Wissens bezüglich Wasserhaushalt und Ökophysiologie, wie beispielsweise darum, den Wasserverbrauch der Dauerkultur Durchwachsene Silphie im Vergleich zu anderen wichtigen Biogaspflanzen zu beurteilen, die Wassernutzungseffizienz auf Einzelblattenebene sowie auf Bestandesebene zu ermitteln, den Evapotranspirationskoeffizienten der Durchwachsenen Silphie abzuschätzen und den Wurzelapparat in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte zu charakterisieren. Die Ergebnisse dienen zur Optimierung des Anbausystems der Silphie aus agrarökologischer Sicht und zur Lieferung von Argumenten für die breitere Einführung der Silphie als Energiepflanze. Das Verbundvorhaben endete 07/2015 und die Berichte der beiden Teilvorhaben sind veröffentlicht.

Das aktuell noch laufende Projekt „Silphie-Dauerkulturen: Ein Beitrag zum Wasser- und Bodenschutz“ baut in gewisser Weise auf Teilvorhaben 2 des vorab beschriebenen Projektes

auf. Ziel des Projektes ist es, den Daueranbau von Durchwachsener Silphie als eine alternative Energiepflanze in seiner Wirkung auf die natürlichen Ressourcen Wasser und Boden mit dem Anbau von Mais und Feldgras zu vergleichen und zu bewerten. Dabei geht es insbesondere um die Abschätzung der Einträge von Stickstoff in das Grundwasser, die Beurteilung des Gefährdungsgrads für Bodenabträge bei Starkregen und die Wirkung auf Struktur und Infiltrationsleistung des Bodens. Mit Hilfe von Passivsammlern und Erosionsfallen werden in Durchwachsener Silphie, Silomais und Luzerne- bzw. Feldgras Nitrat- und Ammoniumverluste aus Versickerung und Oberflächenabfluss mit und ohne simulierten Starkregen gemessen. Außerdem erfolgen vergleichende Bodenuntersuchungen durch Bestimmung von Trockenrohdichte, Aggregatstabilität, Gesamtkohlen- und -stickstoffgehalt sowie Infiltrationskapazität. Am Ende des Versuchs ist in allen Versuchsvarianten die Entnahme von Bohrkernen geplant, um den Tiefgang und die Verteilung der Wurzeln im Bodenprofil zu ermitteln sowie eine abschließende Beurteilung der Stickstoffausträge auch unterhalb des Wurzelraumes zu ermöglichen.

Das abgeschlossene Verbundvorhaben „Ermittlung von Humusbedarfskoeffizienten für Energiepflanzenarten und Energiepflanzenproduktionssysteme“ hatte das Ziel, die Humuswirkung von Energiepflanzenarten und Energiepflanzen-Anbausystemen zu untersuchen, für die noch keine Humusbedarfskoeffizienten vorhanden waren. Dies betraf neben Sorghumhirse in Haupt- und Zweitfruchtstellung, Ganzpflanzengetreide und verschiedene Mischfrüchte auch die Durchwachsene Silphie. Dazu sollten Primärdaten zum Pflanzenbedingten Eintrag von organischem Kohlenstoff in den Boden und zur Humusreproduktionswirkung dieses C erhoben werden. Auf der Grundlage der Primärdaten und Modellierungsergebnisse war in Abstimmung mit der Expertengruppe des VDLUFA-Arbeitskreises Humusbilanzierung die Ermittlung der neuen Humusbedarfskoeffizienten vorgesehen. Für das durch das FG Pflanzenernährung und Düngung der Humboldt-Universität zu Berlin bearbeitete Teilvorhaben 1 „Quantifizierung des Kohlenstoffeintrages und der Humusersatzleistung“ ist der Abschlussbericht veröffentlicht worden.

Neben den durch das BMEL geförderten Projekten beschäftigen sich auch Ländereinrichtungen, vor allem Baden-Württemberg, Bayern und Hessen, versuchsseitig mit der Silphie. In mehreren universitären Einrichtungen laufen ebenfalls Untersuchungen zur Silphie, beispielhaft erwähnt seien hier die Arbeiten an den Universitäten in Bayreuth und Göttingen.

Seit 2016 legt die Metzler & Brodmann Saaten GmbH unter der Marke Donau-Silphie, beginnend in Baden-Württemberg, bundesweit Silphie-Bestände, meist mit dem im Betrieb entwickelten Verfahren unter Deckfrucht Mais, an. Dazu bietet das Unternehmen auch Anbauverträge an. Insgesamt konnte so bisher ca. 2.000 ha in der landwirtschaftlichen Praxis bundesweit etabliert werden.

Einen neuen Ansatz verfolgt das am Bioeconomy Science Center (BioSC) in Nordrhein-Westfalen angesiedelte Projekt „Spread“. Hier geht es primär um die Erforschung des Potentials der Silphie als nachwachsender Rohstoff für neue industrielle Anwendungen, wie z. B. der Herstellung von Leichtbeton, Schüttdämmung und Papier oder die Nutzung als Heilpflanze. Darüber hinaus erfolgen molekular-biologische Untersuchungen, die wertvolle Grundlagen für erfolgreiche Züchtungsarbeiten liefern können.

I.4 Veröffentlichungen

Während der Projektlaufzeit wurden die Ergebnisse zu verschiedenen Fachveranstaltungen, darunter zwei Fachgesprächen „Durchwachsene Silphie“ am 24.05.2016 und am 10.07.2018 in der TLL in Dornburg sowie in der landwirtschaftlichen Fachpresse vorgestellt. Des Weiteren erfolgte eine Präsentation der Silphieversuche zum jährlich im Juli stattfindenden Energiepflanzenfeldtag sowie bei diversen Feldführungen für Vertreter aus Praxis, Beratung sowie Wissenschaft und Forschung.

Veröffentlichungen:

- Biertümpfel, A.: Feldversuche mit der Becherpflanze (Silphium perfoliatum). Wie gelingt der Anbau in der Praxis. <http://www.thueringen.de/th9/tll/>
- Biertümpfel, A.: Biogaspflanzen entzaubert – ein Vergleich. In: KTBL-Schrift 512, FNR/KTBL-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“, 26./27.09.2017 in Bayreuth (2017), S. 185-194
- Biertümpfel, A.: Was können die Alternativen? In: DLG Mitteilungen, H. 4778, 10 (2017). S. 56-59
- Biertümpfel, A.: Biogassubstrate – was können die Alternativen? In: Bauernzeitung 58, 42. KW (2017), S. 12
- Biertümpfel, A.; Köhler, J.; Müller, R.: Neues von der Silphie. In: Biogas Journal 2 (2015), S. 42-43
- Biertümpfel, A.; Wagner, M.; Gödeke, K.: Prüfung der Anbau- und Verwertungseignung alternativer Biogaspflanzen unter Thüringer Bedingungen. Abschlussbericht (2015), 35 S. <http://www.thueringen.de/th9/tll/>
- Biertümpfel, A.; Köhler, J.; Reinhold, G.; Götz, R.; Zorn, W.: Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Durchwachsener Silphie, 23 S. <http://www.thueringen.de/th9/tll/>
- Biertümpfel, A.; Bischof, R.; Eckner, J.; Freund, D.; Graf, T.; Ormerod, C.; Rudel, H.; Werner, A.: Feldversuchsbericht 2014 und 2015 Ölfrüchte und Nachwachsende Rohstoffe. In: <http://www.thueringen.de/th9/tll/> (2016), 45 S.
- Graf, T.; Biertümpfel, A.: Was können die Alternativen? In: Bauernzeitung, 20. KW (2016), S. 10-12
- Köhler, J.: Die Landesanstalt für Landwirtschaft informiert: Mehr Silphieflächen durch Aussaat etabliert. In: Bauernzeitung 56, 22. KW (2015), S. 12
- Köhler, J.: Aussaatverfahren für die Becherpflanze – Was ist zu beachten. <http://www.thueringen.de/th9/tll/>
- Köhler, J.: Die Landesanstalt für Landwirtschaft informiert: Durchwachsene Silphie 2015 mancherorts besser als Mais. In: Bauernzeitung 56, 43. KW (2015), S. 12
- Köhler, J.: Anbauanleitung: Aussaat von Durchwachsener Silphie <http://www.chrestensen.de/durchwachsene-silphie.html>
- Köhler, J.: Die Landesanstalt für Landwirtschaft informiert: Praxisanbau Durchwachsene Silphie – Große Resonanz auf Silphie-Aufruf – über 100 interessierte Landwirte bundesweit. In: Bauernzeitung 57, 17. KW (2016), S. 12
- Köhler, J.: Säen statt pflanzen. In: Bauernzeitung 57, 27. KW (2016), S. 21-23

- Köhler, J.: Die Landesanstalt für Landwirtschaft informiert: Durchwachsene Silphie – ein Beitrag zur Biodiversität. In: Bauernzeitung 58, 19. KW (2017), S. 12
- Köhler, J.: Sauberer Schnitt. In: Bauernzeitung 58, 38. KW (2017), S. 13
- Köhler, J.: Praxiserfahrungen zur Silphieaussaat überwiegend positiv. In: Bauernzeitung 58, 41. KW (2017), S. 12
- Köhler, J.; Biertümpfel, A.: Merkblatt: Anbautelegramm Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*). <http://www.thueringen.de/th9/tll/>
- Köhler, J.; Biertümpfel, A.: Durchwachsene Silphie – Anbauoptimierung, Sätechnik und Züchtung, Teilvorhaben 1: Verbesserung des Anbauverfahrens unter Einbeziehung optimierter Sätechnik, Betreuung des Praxisanbaus und Prüfung von Selektionsmaterial, Gesamtkoordination. In: Jahresbericht 2015, Schriftenreihe Heft 1 (2016), S. 125-127
- Köhler, J.; Biertümpfel, A.: Durchwachsene Silphie – Anbauoptimierung, Sätechnik und Züchtung, Teilvorhaben 1: Verbesserung des Anbauverfahrens unter Einbeziehung optimierter Sätechnik, Betreuung des Praxisanbaus und Prüfung von Selektionsmaterial, Gesamtkoordination. In: Jahresbericht 2016, Schriftenreihe Heft 1 (2017), S. 111-113
- Köhler, J.; Biertümpfel, A.: Durchwachsene Silphie – Anbauoptimierung, Sätechnik und Züchtung, Teilvorhaben 1: Verbesserung des Anbauverfahrens unter Einbeziehung optimierter Sätechnik, Betreuung des Praxisanbaus und Prüfung von Selektionsmaterial, Gesamtkoordination. In: Jahresbericht 2017, Schriftenreihe Heft 1 (2018), S. 69-71
- Köhler, J.; Biertümpfel, A.: Die Landesanstalt für Landwirtschaft informiert: Durchwachsene Silphie: Heute schon an morgen denken. In: Bauernzeitung 57, 40. KW (2016), S. 12
- Köhler, J.; Biertümpfel, A.: Wie die Saat, so die Ernte – Erfolgreiche Etablierung Durchwachsender Silphie durch Aussaat. In: Journal für Kulturpflanzen, 68 (2016); S. 356-362
- Köhler, J.; Schäfer, A.: 13 Tipps zur Silphie-Saat. In: agrarheute PFLANZE + TECHNIK, April 2018; S. 48-51
- Köhler, J.; Biertümpfel, A.; Schäfer, A.; Rehse, C.: Durchwachsene Silphie – Anbauoptimierung, Sätechnik und Züchtung. In: KTBL-Schrift 508 Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven, S. 350-351
- Krähmer, A.; Biertümpfel, A.; Köhler, J.; Rehse, C.; Blüthner, W.-D.: Entwicklung einer NIRS-basierten Vorhersage für die Gasausbeutequalität von Durchwachsender Silphie (*Silphium perfoliatum* L.). In: 50. Vortragstagung DGQ 14./15.03.2016 in Berlin-Dahlem, S. 54-55
- von Buttlar, C.; Dickeduisberg, M.; Fritz, M.; Glauert, T.; Haag, J.; Köhler, J.; Kornatz, P.; Kräling, B.; Müller, J.; Prescher, A.-K.; Willms, M.: Gewässerschutz mit nachwachsenden Rohstoffen. Herausgeber FNR (2018), 68 S.

Vorträge:

A. Biertümpfel

- 13.01.2015: Informationsveranstaltung für Studenten der FH Jena in Dornburg/ Exoten im Bereich der Biogaskofermente
- 15.04.2015: Infotag zum Anbau der Becherpflanze (*Silphium perfoliatum*) in Bayreuth/ Feldversuche mit der Becherpflanze – Wie gelingt der Anbau in der Praxis

- 09.12.2015: Informationsveranstaltung für Studenten der FH Erfurt in Dornburg/ Alternative Kosubstrate für die Biogasproduktion
- 20.01.2016: Projekttreffen in Bonn / Versuchsergebnisse zur Durchwachsenen Silphie 2015
- 03.03.2016: Biogasfachtagung Thüringen in Alach/Welche Biogassubstrate haben in Thüringen Zukunft?
- 10.05.2016: Tagung „Durchwachsene Silphie: Eine Energiepflanze der Zukunft?“ in Braunschweig/ Perspektiven des Silphieanbaus
- 24.05.2016: Forum Durchwachsene Silphie in Dornburg/ Praxisanbau 2017 – Hinweise zum Ausschreibungsverfahren
- 06.07.2016: Energiepflanzenforum in Dornburg/ Versuche zu Energieholz und alternativen Energiepflanzen
- 07.07.2016: Energiepflanzenfeldtag in Dornburg/ Vorstellung der Versuchsergebnisse zu alternativen Energiepflanzen
- 20.07.2016: Infoveranstaltung für Landsenioren in Dornburg/Versuchsschwerpunkte bei NaWaRo
- 01.09.2016: Grünes Klassenzimmer in Dornburg/ Alternative Energiepflanzen
- 13.12.2016: Informationsveranstaltung für Studenten der FH Erfurt in Dornburg/ Alternative Biogassubstrate
- 13.06.2017: Feldtag Energiepflanzen in Grabsleben/ Ergebnisse zu Energiepflanzen
- 23.06.2017: Exkursion Studenten der Humboldt Universität in Dornburg/ Versuchsergebnisse zu KUP und Silphie
- 06.07.2017: Feldtag Nachwachsende Rohstoffe in Dornburg/ Vorstellung der Versuchsergebnisse zu Energiepflanzen und Energieholz
- 31.08.2017: Grünes Klassenzimmer in Dornburg/ Energiepflanzenanbau
- 27.09.2017: Fachkongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ in Bayreuth/ Biogaspflanzen entzaubert – ein Vergleich
- 14.12.2017: Informationsveranstaltung für Studenten der FH Erfurt in Dornburg/ Alternative Biogaspflanzen

J. Köhler

- 15.04.2015: Infotag zum Anbau der Becherpflanze (*Silphium perfoliatum*) in Bayreuth/ Aussaatverfahren für die Becherpflanze – Was ist zu beachten
- 02.07.2015: Energiepflanzenfeldtag in Dornburg/ Vorstellung der Versuche zur Durchwachsenen Silphie
- 10.09.2015: Feldtag in Dornburg/ Vorstellung der Versuche zu Durchwachsener Silphie
- 01.12.2015: Informationsveranstaltung in Münchberg/Hinweise zum Praxisanbau Durchwachsene Silphie 2016
- 09.05.2016: Tagung „Durchwachsene Silphie: Eine Energiepflanze der Zukunft?“ in Braunschweig/ Bestandesetablierung durch Aussaat
- 24.05.2016: Forum Durchwachsene Silphie in Dornburg/ Bestandesetablierung durch Aussaat
- 23.06.2016: Energiepflanzentag in Bad Sassendorf/ Vorstellung der Silphieversuche

- 07.07.2016: Energiepflanzenfeldtag in Dornburg/ Vorstellung der Versuche zur Durchwachsenen Silphie
- 08.09.2016: Mais-Feldtag in Heßberg/ Vorstellung der Versuche zu Durchwachsener Silphie
- 18.01.2017: Projekttreffen in Erfurt/ Verbundvorhaben Durchwachsene Silphie:- Ergebnisse und Zwischenstand der TLL
- 24.01.2017: Umweltcampus in Jena/Auswirkungen des Anbaus alternativer Energiepflanzen auf die Biodiversität am Beispiel der Durchwachsenen Silphie und Energieholz/Agroforstsystemen
- 13.06.2017: Feldtag Energiepflanzen in Grabsleben/ Ergebnisse zur Silphie
- 01.09.2017: 2.BioSC Spotlight: „Alternative Nutzungspfade der Durchwachsenen Silphie“ in Bonn/ Anbau von Silphie
- 26.10.2017: Infoveranstaltung zum Silphieanbau im LK Traunstein/ Durchwachsene Silphie- Erfolgreiche Etablierung durch Aussaat
- 10.11.2017: Multiplikatorenschulung für ehrenamtliche Imker-Berater in Jena/ Anbaudiversifizierung mit Durchwachsener Silphie - blühende Dauerkultur zur energetischen Nutzung
- 04.12.2017: Abschließendes Projekttreffen in Bad Hersfeld/Verbundvorhaben Durchwachsene Silphie:- Ergebnisse aus 2017

III. Zusammenfassung

Trotz der nicht optimalen Bedingungen für die Biogasbranche nach den Regelungen des EEG 2014 wächst die Anbaufläche der Durchwachsenen Silphie kontinuierlich weiter. Insgesamt stehen derzeit ca. 2.000 ha bundesweit im Feld. Verstärkte Zuwächse im Anbauumfang sind vor allem in Regionen mit hohen Viehbeständen, wie in Baden-Württemberg und Teilen Bayerns zu verzeichnen. Durch die im Projekt durchgeführten Versuche und Untersuchungen konnte dieser Trend forciert werden. Auch die Aufnahme der Silphie ins Greening ab 01.01.2018 mit einem Anrechnungsfaktor von 0,7 könnte für einen weiteren Anreiz bei interessierten Landwirten sorgen.

Während der Projektlaufzeit wurden insgesamt ca. 20 Parzellenversuche betreut und 14 Praxisversuche wissenschaftlich begleitet. Bei der Weiterführung der langjährigen Versuche in Thüringen war festzustellen, dass die Silphie an zwei Standorten im Mittel der bisher 14 Erntejahre höhere Erträge als der Silomais auf gleicher Fläche erreichte. So lagen die Versuchserträge in Dornburg, einem Gunststandort am Rand des Thüringer Beckens, mit 213 dt TM/ha ca. 13 % über dem Mais, der im Mittel der Jahre 191 dt TM/ha erreichte. In Heßberg, einem Vorgebirgsstandort, waren die Erträge mit 192 dt TM/ha bei der Silphie und 175 dt TM/ha bei Mais etwas niedriger, der Ertragsvorteil der Silphie betrug ca. 10 %. Ein Abwärtstrend der Erträge ist bisher nicht zu verzeichnen, was auf eine mögliche Nutzungsdauer von mehr als 15 Jahren schließen lässt.

Im Rahmen des Projektes wurde eine 2007 in Dornburg, Heßberg (TH), Bingen (RP) und Gülzow (MV) angelegte Herkunftsprüfung weiter betreut. Hier erreichte die Silphie im Mittel der Herkünfte und Jahre in Dornburg die höchsten Erträge, gefolgt von Heßberg, Bingen und Gülzow, was der Standortgüte geschuldet sein dürfte. Klare Tendenzen zur Standorteignung der einzelnen Herkünfte sind nicht erkennbar. Allerdings schnitt die nordamerikanische Herkunft überall am schlechtesten ab. Auch in diesem Versuch liegen die Erträge auf einem

stabilen Niveau. Ertragsschwankungen sind in der Regel auf die Jahreswitterung zurückzuführen. Ein Ertragsabfall bei zunehmender Nutzungsdauer ist nicht zu erkennen.

In 2013 kam in Dornburg eine Prüfung aller bis zu diesem Zeitpunkt verfügbaren Herkünfte der Durchwachsenen Silphie zur Anlage. Ziel war es, die bis dahin z. T. in unterschiedlichen Versuchen und Anlagejahren stehenden Herkünfte hinsichtlich ihrer Ertragsfähigkeit und Biogas-relevanten Inhaltsstoffe zu prüfen. Der Versuch entwickelte sich sehr gut und erreichte bereits im ersten Erntejahr 2014 gute Erträge. Der meist zu verzeichnende Ertragsanstieg vom ersten zum zweiten Erntejahr blieb 2015, wahrscheinlich aufgrund der Trockenheit, aus. Auch in 2016 lagen die Erträge auf einem ähnlichen Niveau, da sich das Wasserdefizit im Boden weiter erhöhte. Im Folgejahr 2017, das durch ausreichende Niederschläge gekennzeichnet war, stieg der Durchschnittsertrag etwas an, um dann in dem extrem trockenen Jahr 2018 wieder abzufallen. Die bereits 2014 festgestellten Ertragsunterschiede zwischen den Herkünften bestätigten sich tendenziell in den Folgejahren. Das Erntegut der Prüfglieder wurde in den Erntejahren bis 2017 hinsichtlich seiner Biogas-relevanten Inhaltsstoffe untersucht. Allerdings unterschieden sich die Herkünfte bezüglich der Biogas- und Methanausbeuten nur geringfügig, so dass der Methanertrag je Flächeneinheit weitgehend den Biomasseerträgen folgt. Aufgrund der Ergebnisse scheint die Auslese methanreicher Typen eher schwierig.

Im Frühjahr 2015 erfolgte die Pflanzung einer weiteren Herkunftsprüfung, da neues Originalsaatgut aus Kanada und den USA zur Verfügung stand. Als Standard diente die Herkunft NLC. Im ersten Erntejahr 2016 lagen die Erträge des Standards und der Herkunft USA mit ca. 155 dt TM/ha auf gleichem Niveau, der der kanadischen Herkunft mit 135 dt TM/ha etwas darunter. Dies bestätigte sich auch 2017. Im letzten Berichtsjahr erreichten alle Prüfglieder gleichhohe Erträge. Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich die beiden neuen Herkünfte sowohl in ertraglicher Hinsicht als auch in Bezug auf die Methanausbeuten im Bereich der bereits länger geprüften Abstammungen bewegen.

Ursprünglich war für 2016 die Anlage einer Stammprüfung mit erstem Zuchtmaterial der NLC geplant. Wegen der geringen Saatgutmengen und der niedrigen Keimfähigkeit des aus isolierten Einzelpflanzen gewonnenen Saatguts war dies jedoch nicht möglich. Deshalb wurden nochmals das Ausgangsmaterial der Züchtungsarbeiten und die im Vorjahr nur unzureichend aufgelaufene kanadische Herkunft sowie unterschiedliche Partien der „Donau-Silphie“ im Vergleich zum Standard NLC gepflanzt. Morphologisch waren im Etablierungsjahr kaum Unterschiede zu erkennen. Lediglich die kanadische und die ukrainische Herkunft fielen wieder durch ihre liegende Blattstellung bzw. die intensive Anthocyanfärbung auf. Bei der ersten Ernte 2017 lagen die Erträge der Prüfglieder weitgehend auf einem Niveau, lediglich die kanadische Herkunft wies einen signifikant niedrigeren Ertrag auf als die ertragsstärkste Donau-Silphie. Leider bestätigte sich die Rangfolge der Prüfglieder im Folgejahr nicht. Positiv zu bewerten ist die hohe Ertragsleistung der Saatware von NLC in beiden Jahren.

In 2017 stand erstmals ausreichend Saatgut von Einzelpflanzennachkommenschaften (EPN) aus den Züchtungsarbeiten von NLC zur Verfügung. Insgesamt wurden 15 EPN ausgesät. Als Standard diente die russische Herkunft. Die Pflanzen entwickelten sich sehr gut, bereits Anfang August war der Bestandesschluss erreicht. Insgesamt waren die einzelnen Prüfglieder relativ heterogen, wobei sich das Zuchtmaterial nicht vom Standard ‚Russland‘ unterschied. Im ersten Ertragsjahr 2018 waren zwischen den EPN deutliche Unterschiede festzustellen. Einzelne Prüfglieder lagen tendenziell unter bzw. über dem Standard. Im Mittel war der Ertrag der von der russischen Herkunft abstammenden EPN höher als der der ukraini-

schen EPN und auch höher als die Biomasse des Standards. Zur Verifizierung der Ergebnisse des ersten Jahres sind weitere Untersuchungen erforderlich. Es ist vorgesehen, den Versuch aus Landesmitteln weiterzuführen und das Zuchtmaterial zu erhalten.

Ein im Teilvorhaben 2 vom Institut für Gemüsezüchtung bearbeiteter Unterauftrag beschäftigte sich mit der Erarbeitung eines Verfahrens zur in-vitro-Vermehrung der Durchwachsenen Silphie. Drei der auf diese Art erzeugten Klone wurden 2017 auf dem Versuchsfeld in Dornburg in Mikroparzellen gepflanzt. Die Pflanzung erfolgte mit Ende Juni relativ spät und die Pflanzen blieben bezüglich der Entwicklung ihrer Blattrosette deutlich hinter der benachbarten Prüfung der EPN zurück. Gleiches galt für die Erträge des ersten Erntejahres 2018, die im Versuchsmittel unter denen der restlichen Versuche lagen. Ob dies an der Auswahl des Ausgangsmaterials für die in-vitro-Vermehrung oder am Entwicklungsrückstand durch die späte Pflanzung lag, kann nur in der Weiterführung des Versuchs geklärt werden.

In einem Versuch zur Wirkung organisch-mineralischer Düngung wurden seit 2013 sechs unterschiedliche Varianten mit mineralischer, organischer bzw. kombinierter Düngung verglichen. Im Versuch traten kaum Unterschiede zwischen den Prüfgliedern auf. Es war aber zu beobachten, dass die mit Gärrest gedüngten Varianten mit geringerer N-Gesamt-Menge ähnliche Erträge wie die auf einen N-Sollwert von 150 kg/ha gedüngten Prüfglieder erreichten, was für eine gute Verwertung der Gärreste durch die Silphie spricht. Im Jahr 2017 ist eine zweischnittige Nutzung der Silphie bei gleichem Düngungsregime durchgeführt worden. Die Düngung erfolgte in zwei Gaben zu je 50 % zu Vegetationsbeginn und nach dem ersten Schnitt. Es zeigte sich, dass die zweischnittige Nutzung der einschnittigen in ertraglicher Hinsicht signifikant unterlegen ist und bezüglich der Gasausbeuten nicht besser abschneidet. Aufgrund der geringen TS-Gehalte zur Ernte könnte sich zudem die Silierung schwierig gestalten, so dass eine zweischnittige Nutzung nicht empfehlenswert erscheint.

Im Frühjahr 2015 kam ein Versuch zur Aussaat von Silphie unter der Deckfrucht Mais in Dornburg zur Anlage. Ziel war es, das in Baden-Württemberg entwickelte Verfahren unter den wesentlich trockeneren Bedingungen Mitteldeutschlands zu testen. Bereits im Etablierungsjahr wiesen die Deckfruchtvarianten zu Vegetationsende einen deutlichen Entwicklungsrückstand gegenüber der Reinsaat auf. Im ersten Erntejahr 2016 bildeten die Deckfruchtvarianten weniger und schwächere Stängel aus als die Reinsaat, was einen späteren Bestandesschluss und einen höheren Unkrautdruck zur Folge hatte. In ertraglicher Hinsicht blieben die Deckfruchtvarianten zwischen 30 und 45 % hinter der Reinsaat zurück. In Summe der Maiserträge und der Silphieerträge im ersten Jahr übertrafen sie jedoch die Silphie-Reinsaat. Dies glich sich im zweiten Erntejahr aus, da die Deckfruchtvarianten wiederum Mindererträge realisierten und der Ertragsvorsprung durch den Mais aufgebraucht wurde. Im letzten Versuchsjahr 2018 lagen erstmals alle Varianten auf einem Niveau, so dass sich an den Relationen des Vorjahres nicht änderte. Insgesamt bestätigen die Ergebnisse die Annahme, dass das Verfahren unter den meist vorsommer-trockenen Bedingungen Mitteldeutschlands risikobehaftet ist.

Im Rahmen der Kooperation der Landesanstalten im Bereich Pflanzenproduktion, Arbeitsgruppe „Kleine und mittlere Kulturen“ wurde im Juni 2013 in Thüringen (Dornburg), Bayern (Aholting), Baden-Württemberg (Rheinstetten-Forchheim) und Hessen (Bad Hersfeld-Eichhof) ein Versuch zum Vergleich des Saat- und Pflanzverfahrens angelegt. Die Bestandesetablierung durch Pflanzung gelang an allen Standorten. Bei der Saat traten in einigen Versuchsstationen witterungsbedingte Probleme auf, ein Umbruch war jedoch nicht erforder-

lich. Seit 2014 erfolgten an allen Standorten eine Ertragerfassung und ein Austausch der Ergebnisse zwischen den Einrichtungen.

Im Frühjahr 2016 kam ein Aussaatversuch in Dornburg zur Anlage, in dem die von der Universität Bonn modifizierte Einzelkornsämaschine (EKS) Amazone ED und die Parzellen-Einzelkornsämaschine Wintersteiger der VS Dornburg unter Einbeziehung unterschiedlicher Ablagetiefen und Saatgutchargen verglichen wurden. Die EKS der Universität Bonn wies eine deutlich gleichmäßigere Verteilung des Saatguts und weniger Mehrfachbelegungen auf. Gleichzeitig bestätigte der Versuch die Notwendigkeit einer flachen Saatgutablage zur erfolgreichen Etablierung der Silphie. Das Saatgutcoating brachte keine Verbesserung im Vergleich zur Saatware von NLC. Der Versuch wurde 2017 in ähnlicher Form wiederholt, wobei, neben unterschiedlichen Ablagetiefen und Saatgutchargen, auch eine Mykorrhiza-Behandlung sowie verschiedene Saatbettbereitungen verglichen wurden. Ein Einfluss der Mykorrhiza-Sporen auf das Wachstum der Pflanzen konnte im Vegetationsverlauf nicht festgestellt werden. Ebenso brachte die Bedeckung mit Perliten keine nennenswerte Verbesserung im Vergleich zur normal gesäten Saatware von NLC. Aufgrund der durch ein Starkregenereignis erheblich beeinträchtigten Versuchspartellen musste der Versuch abgebrochen werden.

Insgesamt ist im Ergebnis der Aussaatversuche mit behandeltem Saatgut festzustellen, dass sich durch die Behandlung die Feldaufgangsraten nicht positiv veränderten. Es ist eventuell möglich, durch die geringere Anzahl an Mehrfachbelegungen die Saatstärke geringfügig zu reduzieren, jedoch dürften damit die Kosten, die die Behandlung bei Saatgutpreis ausmacht, kaum gedeckt werden.

Während der Projektlaufzeit kamen insgesamt fünf Herbizidversuche sowie zwei Tastversuche zur Anlage. Leider konnte keines der in die Prüfung einbezogenen Mittel an die Kulturverträglichkeit von Stomp Aqua, das eine Zulassung in Silphie besitzt, anknüpfen. Das Ziel, ein oder mehrere Herbizide für den Nachauflauf mit einer ausreichenden Kulturverträglichkeit und einer zufriedenstellenden Unkrautwirkung zu finden, wurde nur teilweise erreicht.

Ein weiterer Schwerpunkt im Projekt bildeten die Anlage und Betreuung von Praxisversuchen zur Durchwachsenen Silphie. Dazu wurden die 2009 bzw. 2011 angelegten Praxisflächen der AP Ludwigshof weiter begleitet. Die Silphie erreichte an dem trockenen Standort in allen Jahren zufriedenstellende Erträge. Nachdem 2015 ein Praxisversuch im Projekt zur Anlage kam, sind 2016 nach Durchführung eines Interessenbekundungs- und Ausschreibungsverfahrens Aussaatversuche in fünf Praxisbetrieben in Bayern, Baden-Württemberg, Mecklenburg-Vorpommern und Nordrhein-Westfalen durchgeführt worden, die die TLL fachlich betreut und ausgewertet hat. Die Untersuchungen wurden 2017 in acht weiteren Betrieben bundesweit fortgesetzt.

Des Weiteren erfolgten im ersten und im dritten Projektjahr Untersuchungen zur Saatgutoptimierung der Durchwachsenen Silphie. Ziel war es, die Fließfähigkeit des unregelmäßig geformten Saatguts zu verbessern, ohne dessen Keimfähigkeit und Triebkraft zu mindern. Dazu wurde vorbehandelte Saatware der NLC durch Dienstleistungsunternehmen für Saatgutoptimierung gecoatet, inkrustiert bzw. pilliert. Dies führte zu einer gleichmäßigeren Saatgutform und einem höheren TKG. Bei Triebkrafttests im Gewächshaus mit unterschiedlicher Erdbedeckung zeigten sich jedoch differenzierte Ergebnisse. Insbesondere bei tieferer Ablage schnitten die vorbehandelten Varianten schlechter ab als die Saatware von NLC, so dass derartige Maßnahmen nicht empfehlenswert sind.

Die optimale Keimtemperatur lässt Rückschlüsse auf die günstigste Saatzeit zu. Da zur Silphie bisher nur empirische Ergebnisse vorlagen, wurde ein entsprechender Versuch mit fünf Varianten im Labor angelegt. Es zeigte sich, dass die optimale Temperatur für die Keimung bei mindestens 20 °C liegt. Allerdings bleiben die Samen bei niedrigeren Temperaturen lange lebensfähig, so dass bei ungünstigen Bedingungen zur Aussaat bei einem Anstieg der Temperatur noch mit einem guten Aufgang zu rechnen ist. Die Versuche bestätigten die Empfehlung, Silphie im Mai auszusäen.

Des Weiteren erfolgten im zweiten Projektjahr Untersuchungen zu Biogas- und Methanausbeuten in unterschiedlichen Pflanzenteilen sowie morphologisch unterschiedlichen Pflanzentypen. Es zeigte sich, dass die Stängel, die etwa zwei Drittel des Biomasseertrages ausmachen, höhere Methanausbeuten liefern als die Blätter. Hohe Gehalte weisen auch die Blüten auf. Diese fallen aber wegen der geringen Gewichtsanteile weniger stark ins Gewicht. Zur Verifizierung der Ergebnisse wären deutlich umfangreichere Untersuchungen erforderlich.

Im letzten Projektjahr erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Referat 620 „Betriebswirtschaft“ der TLL eine Aktualisierung der 2013 erarbeiteten „Leitlinie zur effizienten und umweltgerechten Erzeugung von Durchwachsener Silphie“ sowohl bezüglich der einzelnen Verfahrensschritte des Anbaus wie auch der ökonomischen Kenndaten. Betrachtet wurden die Bestandesetablierung durch Pflanzung, durch Saat sowie durch Aussaat unter Deckfrucht Mais, jeweils getrennt für das Anlage- und die Folgejahre. Die Leitlinie bietet interessierten Landwirten die Möglichkeit, sich einen Überblick über das Anbauverfahren sowie die entstehenden Kosten zu verschaffen (http://www.tll.de/www/daten/publikationen/leitlinien/ll_silphie.pdf).

Generell ist festzustellen, dass im Anbauverfahren der Durchwachsenen Silphie durchaus noch Optimierungsmöglichkeiten bestehen. Die hohen Aufwendungen insbesondere zur Bestandespflege und Unkrautbekämpfung sind maßgeblich der bevorzugten Nutzung von Rest- und Splitterflächen, die vorher nur eingeschränkt bzw. extensiv landwirtschaftlich genutzt wurden, geschuldet. Auch die mechanische Pflege verursacht hohe Kosten, die bei Verfügbarkeit entsprechender Herbizide, durch die Auswahl geeigneter Flächen sowie die Ausschöpfung der agrotechnischen Möglichkeiten bei der Flächenvorbereitung, z. B. falsches Saatbett, verringert werden können. Zudem sind bei der ökonomischen Bewertung die ökologischen Vorteile der Silphie, wie z. B. Einschränkung von Wind- und Wassererosion, nicht berücksichtigt worden. Auch eine mit dem Silphieanbau verbundene Honigproduktion könnte zu erheblichen Mehreinnahmen führen. Dies gilt ebenso für die kontinuierliche Verbesserung der Bodenflora und -fauna im Vergleich zu Mais.