

Abschlussbericht

Verbundvorhaben: Erhöhung des Leistungspotenzials und der Konkurrenzfähigkeit der Durchwachsenen Silphie als Energiepflanze durch Züchtung und Optimierung des Anbauverfahrens

Teilvorhaben 2: „Optimierung des Anbauverfahrens und Bereitstellung von Selektionsmaterial“

Projekt-Nr.: 99.05

FKZ-Nr.: 22012809

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

Langtitel: **Verbundvorhaben: Erhöhung des Leistungspotenzials und der Konkurrenzfähigkeit der Durchwachsenen Silphie als Energiepflanze durch Züchtung und Optimierung des Anbauverfahrens**
Teilvorhaben 2: Optimierung des Anbauverfahrens und Bereitstellung von Selektionsmaterial

Kurztitel: Durchwachsene Silphie

Projektleiter: Dipl. -Ing. agr. Andrea Biertümpfel

Abteilung: Pflanzenproduktion und Agrarökologie

Abteilungsleiter: stellv. Dr. Martin Farack

Laufzeit: 01.04.2010 bis 30.04.2013

Zuwendung durch: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V als Projektträger des BMELV

Bearbeiter: Dipl.-Ing. agr. Andrea Biertümpfel
Dipl.-Ing. (FH) Michael Conrad

Juni 2013

Dr. Armin Vetter
(Stellv. 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.

Inhalt

	Seite	
I	Ziele des Vorhabens	5
I.1	Aufgabenstellung	5
I.2	Planung und Durchführung des Vorhabens	6
I.2.1	Anbautechnische Versuche	6
I.2.2	Witterungsbedingungen während der Projektlaufzeit 2010 bis 2012	7
I.2.3	Praxisversuche	9
I.2.4	Telefonische Befragung der Silphieanbauer	10
I.2.5	Selektionsversuche	11
I.2.6	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	Anbautechnische Versuche	12
II.1.1	Einfluss des Erntetermins bei langjähriger Nutzungsdauer	12
II.1.2	Gestaffelte Erntetermine	14
II.1.3	Prüfung unterschiedlicher Herkünfte	18
II.1.3.1	Mehrortige Herkunftsprüfung	18
II.1.3.2	Prüfung weiterer Herkünfte	23
II.1.3.3	Untersuchungen zur Methanausbeute (Durchfluss- und Batchversuche an der Universität Hohenheim)	26
II.1.4	Prüfung unterschiedlicher Silphiearten	30
II.1.5	Prüfung unterschiedlicher Bestandesdichten	30
II.1.6	Anbau unter Deckfrucht	32
II.1.7	Prüfung unterschiedlicher Pflanz- bzw. Saatzeiten	34
II.1.8	Einsatz von Biogasgülle	39
II.1.9	Prüfung unterschiedlicher Saatgutvorbehandlungsvarianten	40
II.1.10	Versuche zu Verträglichkeit und Wirkung von Herbiziden	44
II.2	Praxisversuche	52
II.3	Telefonische Befragung der Silphieanbauer	56
II.4	Bereitstellung von Selektionsmaterial	59
II.5	Ökonomische Bewertung	61
II.5.1	Ökonomische Bewertung – Etablierung durch Pflanzung	63
II.5.2	Ökonomische Bewertung – Etablierung durch Saat	66
II.6	Verwertung der Ergebnisse	69
II.7	Arbeiten von Dritten	71
II.8	Publikationen zu den Ergebnissen	71
III	Zusammenfassung	74

I Ziele des Vorhabens

I.1 Aufgabenstellung

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

Nach Erhebungen des Fachverbandes Biogas wurden in Deutschland 2008 etwa 3 900 Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von ca. 1 400 MW betrieben. Bis zum Jahr 2012 hat sich diese Zahl mit 7 500 Anlagen nahezu verdoppelt. Durch die steigende Zahl landwirtschaftlicher Biogasanlagen, aber auch die Bestrebungen zur Entwicklung effizienterer Technologien der Monofermentation ist ein stetig steigender Bedarf an pflanzlichen Kofermenten zu verzeichnen. Die derzeit als Koferment eingesetzten Pflanzen sind vorwiegend Mais, Getreide (Korn und Ganzpflanze) und Ackerfutter. Die notwendige Ausdehnung des Anbauumfangs kann bei getreidebetonten Fruchtfolgen zu Fruchtfolgeproblemen, wie einem verstärkten Auftreten von Fusariosen und damit Mykotoxinen im Erntegut, führen. In Maismonokulturen können Maiszünsler und Maiswurzelbohrer erhebliche Schäden verursachen. 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“ wurde die mehrjährige Pflanze auf ihre Eignung als Energiepflanze untersucht. Durch die mehrjährige Nutzung ergeben sich vielfältige ökonomische und ökologische Wirkungen.

Es zeigte sich, dass die Pflanze in der Lage ist, sowohl in ertraglicher Hinsicht als auch in Bezug auf die Gasproduktion, mit Mais zu konkurrieren. Der ausdauernde Korbblütler, der als Futterpflanze versuchsweise in der ehemaligen DDR zum Anbau kam, stellt zudem in der Fruchtfolge eine Alternative zu Mais und Getreide dar und trägt zur Bereicherung des Landschaftsbildes sowie zur Erhöhung der Biodiversität bei. Der landesweite Anbauumfang der Durchwachsenen Silphie in der landwirtschaftlichen Praxis betrug 2009 ca. 25 Hektar und ist während der Projektlaufzeit auf ca. 300 ha in 2012 angestiegen. Unterstützt wurde diese Entwicklung auch durch die 2012 in Kraft getretene Novelle des EEG, in der eine Deckelung des Maiseinsatzes auf 60 % des Substrateinsatzes und eine höhere Vergütung ausgewählter Substrate, darunter auch die Silphie, festgeschrieben ist.

Um jedoch eine weitere erfolgreiche Einführung und vor allem Anbauerweiterung in die landwirtschaftliche Produktion zu gewährleisten, war es dringend erforderlich, das Anbauverfahren zu optimieren. Insbesondere der Entwicklung von Drill- bzw. Einzelkornsäverfahren kam besondere Bedeutung zu, da zahlreiche Betriebe die hohen Aufwendungen bei der Pflanzung scheuen bzw. nicht über die entsprechende technische Ausrüstung verfügen. Hierzu war es vor allem notwendig, passende Lösungen zur chemischen Unkrautbekämpfung bzw. praxistaugliche Varianten der chemisch-mechanischen Bestandespflege zu erarbeiten. Außerdem war es wichtig, ausreichende Flächen zur Saatgutproduktion anzulegen bzw. vorerst Praxisschläge zur Gewinnung von Saatgut zu nutzen und erste Ansätze einer maschinellen Saatguternte zu entwickeln, da die manuelle Ernte zu zeit- und kostenintensiv sowie zu wenig ergiebig ist.

Ein weiterer Schwerpunkt des Projektes war die Bestandesführung älterer angelegter Versuche. Hier galt es vor allem, Aussagen zur möglichen Nutzungsdauer treffen zu können und die Pflanzen optimal mit Nährstoffen zu versorgen. Bei letztgenanntem Punkt wird besonde-

res Augenmerk auf die Verwendung von Gärresten bzw. Biogasgülle gelegt, um mineralische Düngemittel einzusparen und so das Produktionsverfahren ökonomischer gestalten zu können.

In Zusammenarbeit mit dem Projektpartner N. L. Chrestensen GmbH (NLC) erfolgte im Rahmen des Projektes eine züchterische Bearbeitung der Pflanze, mit dem Ziel, ein homogeneres, blattreiches, lignin- und aschearmes Pflanzenmaterial zu selektieren, das neben einer verbesserten anbautechnischen Eignung möglicherweise höhere Biogasausbeuten in der Biogasanlage verspricht. Die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) fungierte in diesem Punkt hauptsächlich als Lieferant vielversprechenden Ausgangsmaterials.

I.2 Planung und Durchführung des Vorhabens

I.2.1 Anbautechnische Versuche

Die Versuche befanden sich überwiegend in verschiedenen Regionen Thüringens mit Schwerpunkt in Dornburg. Gleichzeitig wurde die bundesweite Herkunftsprüfung, die im Rahmen des vorhergehenden Projektes „Optimierung des Anbauverfahrens für Durchwachsene Silphie als Kofermentpflanze in Biogasanlagen sowie Überführung in die landwirtschaftliche Praxis“, begonnen wurde, weitergeführt. Die einbezogenen Standorte verfügen über teilweise recht unterschiedliche klimatische und Boden-Verhältnisse (Tab. 1) und lassen so gewisse Rückschlüsse zur Standorteignung für den Silphieanbau zu.

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	8,3	583
Heißberg (Thür. Vorgebirge)	Bergton-Staugley	Lehm-Ton	43	380	7,1	760
Großenstein (Thür. Lösshügelland)	Löss-Parabraunerde	Lehm	51 bis 58	300	7,8	608
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
Kirchengel (Thür. Ackerebene)	Löss-Rendzina	Lehm	60 bis 65	305	7,8	568

Im Projekt wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Versuche bearbeitet. Alle Versuche kamen auf ortsüblichen Parzellengrößen zwischen 10 und 15 m² in vierfacher Wiederholung zur Anlage. Nach der Ernte und Ertragerfassung erfolgte die Bestimmung der biogasrelevanten Inhaltsstoffe Asche, Lignin und acid-detergent-fibre (ADF) im getrockneten bzw. im silierten Erntegut. Da hier in der Regel Mischproben der Prüfglieder analysiert worden sind, war eine statistische Verrechnung nicht möglich. An ausgewählten Proben wurden die Biogas- und Methanausbeuten im Hohenheimer Biogasertragstest (HBT) bestimmt sowie Proben unterschiedlicher Herkünfte der Ernte 2011 und 2012 in Batchtests auf ihren Gasertrag hin untersucht. Letztgenannte Untersuchungen führte die Universität Hohenheim durch. Zur statistischen Verrechnung der Versuchsergebnisse kam das Programm SPSS zur Anwendung.

Tabelle 2: Bearbeitete Versuchsfragestellungen 2010 bis 2012

Versuchsfrage	Versuchsorte	Varianten	Laufzeit
Erntetermin/ Nutzungsdauer	Dornburg	3 Erntetermine, 1 Herkunft	2004 bis 2012
	Heßberg	8 Erntetermine, 1 Herkunft	2010 bis 2012
Herkunftsprü- fung	Dornburg	5 Herkünfte (USA, Norddeutschland, Rohrbach, Russland, Berlin)	2007 bis 2012
	Gülzow	4 Herkünfte (USA, Norddeutschland, Rohrbach, Russland)	2007 bis 2012
	Bingen	3 Herkünfte (USA, Norddeutschland, Rohrbach)	2007 bis 2012
Artenvergleich	Heßberg	3 Arten (<i>S. perfoliatum</i> , <i>S. trifoliatum</i> , <i>S. laciniatum</i>)	2008 bis 2011
Bestandesdichte	Dornburg	3 Pflanzvarianten (50 x 50 cm, 50 x 75 cm, 75 x 75 cm)	2007 bis 2011
Pflanz- /Saattermin	Großenstein	4 Pflanz- und Saattermine	2009 bis 2012
	Dornburg	3 Pflanz- und Saattermine	2010 bis 2012
Anbau unter Deckfrucht	Dornburg	2 Deckfrüchte (ohne Deckfrucht, Deckfrucht Sudangras, Deckfrucht Zuckerhirse)	2007 bis 2011
	Dornburg	1 Deckfrucht (ohne Deckfrucht, Deckfrucht Sudangras)	2008 bis 2012
Aussaat	Dornburg	3 Saatgutpartien (Vorbehandlung), 2 Saatstärken	2010
Düngung	Dornburg	3 Varianten (mineralisch, organisch, kombiniert)	2009 bis 2012
Bestandesetab- lierung	Dornburg	5 Varianten (Pflanzung/Aussaat nach Winterzwischenfrucht Futterroggen, Landsberger Gemenge und Wintertriticale-Ganzpflanze)	2012
Herbizidverträ- glichkeit	Dornburg	5 bis 8 Varianten bei Aussaat	2010 bis 2012
	Kirchengel	8 Varianten bei Aussaat	2010 bis 2011
	Großenstein	8 Varianten bei Aussaat	2012
	Dornburg	5 Varianten bei Pflanzung	2012

I.2.2 Witterungsbedingungen während der Projektlaufzeit 2010 bis 2012

Die drei Projektjahre waren durch recht unterschiedliche Witterungsverläufe gekennzeichnet. Das Jahr 2010 war insgesamt recht kühl und an allen Versuchsstandorten im Vergleich zum langjährigen Mittel zwischen 0,1 und 1,0 °C zu kalt. Die niedrige Jahresmitteltemperatur resultierte aus einem zu kalten Januar, einem extrem kalten Mai sowie einem unterdurchschnittlich temperierten Herbst. Auf den kalten und nassen Mai folgte ein extrem warmer und trockener Juni. Hitze und Trockenheit hielten bis in die letzte Julidekade an. Danach folgten wiederum starke Niederschläge, teilweise fielen mehr als 200 % der üblichen Regenmengen im August/September. Insgesamt war das Jahr 2010 an allen Versuchsstandorten, mit Ausnahme von Heßberg, zu feucht.

Im Gegensatz dazu war das Jahr 2011 recht warm und die Jahresmitteltemperatur lag an allen Versuchsstandorten zwischen 0,9 und 1,6 °C über dem langjährigen Mittel. Die hohen Durchschnittstemperaturen resultierten vor allem aus zu warmen Wintermonaten und einem warmen April und Mai. Sommer und Herbst waren weitgehend normal temperiert bzw. eher etwas zu kühl. Sehr ungleichmäßig fiel in 2011 die Niederschlagsverteilung aus. Nach den reichlichen Schneefällen im Dezember 2010, die durch die Schneeschmelze erst im Januar in den Boden eindringen und die zusätzlichen Niederschläge im Januar 2011 war der Boden nach dem Winter gut mit Wasser versorgt. Anschließend folgte eine bis Juni andauernde Trockenperiode, in der nur maximal 20 mm Regen/Monat fielen. Durch die gleichzeitig recht hohe Strahlungsintensität führte dies zu einer starken Austrocknung des Bodens und zu einer eingeschränkten Verfügbarkeit des ausgebrachten mineralischen Düngers. Die im Juni und Juli gefallenen, zumindest im Osten Deutschlands reichlichen Niederschläge minderten auf den besseren Standorten die Trockenschäden und begünstigten die Sommerungen, insbesondere den Mais. Aufgrund der durchschnittlich feuchten Witterung im September konnte die Ernte der Silphie termingerecht erfolgen. Wegen der geringen Niederschläge im Herbst,

vor allem im November, blieb das Jahr jedoch an allen Standorten im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten zu trocken.

Auch das Jahr 2012 fiel im Vergleich zum langjährigen Mittel an allen Standorten etwas zu warm aus. Allerdings lagen die Jahresmitteltemperaturen durchgängig unter denen des Vorjahres, was vor allem dem extrem kalten Februar geschuldet war. Insbesondere auf den Thüringer Standorten fielen die Tagesdurchschnittstemperaturen teilweise auf unter -18 °C. Trotzdem traten auch am Standort Heßberg, wo im Gegensatz zu Dornburg und Großenstein die Schneebedeckung fehlte, keine Auswinterungsschäden bei der Silphie auf. Wie bereits im Vorjahr war an allen Standorten eine starke Frühjahrs- und Vorsommertrockenheit zu verzeichnen. Erst im Juni/Juli fielen ergiebige Niederschläge, es folgte ein wiederum zu trockener August. Auch im Herbst konnte die negative Wasserbilanz nicht ausgeglichen werden, so dass es in Großenstein und vor allem in Gülzow auch im Jahresdurchschnitt zu trocken blieb.

Eine Zusammenfassung der Witterungsdaten der Jahre 2010 bis 2012 beinhalten die Tabellen 3 und 4.

Tabelle 3: Monatsmitteltemperaturen im Vergleich zum langjährigen Mittel
VS Dornburg, Heßberg, Großenstein, Bingen, Gülzow 2010 bis 2012

	Dornburg				Heßberg				Großenstein				Bingen				Gülzow			
	\bar{x}	10	11	12	\bar{x}	10	11	12	\bar{x}	10	11	12	\bar{x}	10	11	12	\bar{x}	10	11	12
Jan.	-0,8	-4,4	1,1	1,6	-1,9	-4,6	-1,0	0,8	-1,3	-5,5	0,2	1,0	1,2	-1,6	2,2	3,9	0,1	-4,4	1,4	2,0
Feb.	0,0	0,1	1,0	-3,9	-0,8	-1,8	-0,6	-4,1	-0,6	-1,3	-0,9	-4,4	2,3	1,6	3,2	-0,5	0,5	-0,7	0,6	-0,9
März	3,4	4,7	4,6	7,0	2,4	2,7	4,0	5,4	2,8	3,7	4,5	6,6	5,6	6,3	7,2	8,6	3,5	4,6	4,0	6,8
April	7,2	8,6	11,6	8,6	6,5	7,5	10,1	7,3	7,0	8,3	11,2	8,0	9,4	10,7	13,5	9,6	7,3	8,3	11,5	7,9
Mai	12,2	10,5	14,3	14,8	11,2	9,9	12,7	13,6	11,6	10,3	13,7	14,2	13,9	12,3	15,8	16,4	12,3	10,3	13,8	13,9
Juni	15,4	16,8	17,0	15,8	14,8	16	16,0	14,9	15,3	16,5	16,8	15,7	17,0	18,5	18,7	17,0	15,3	16,3	16,8	15,3
Juli	17,2	20,8	16,6	18,0	16,0	19,2	15,3	16,7	16,7	20,7	16,4	18,0	18,6	21,8	17,9	19,3	17,4	21,7	17,3	18,1
Aug.	17,0	16,7	18,2	19,0	15,2	15,4	17,0	17,4	16,3	16,8	18,6	19,1	18,1	18,5	19,3	20,8	17,1	17,6	17,6	18,2
Sept.	13,8	12,4	15,4	13,9	12,0	10,8	13,9	12,1	13,2	12,2	15,7	14,1	14,7	13,8	16,5	15,0	13,4	13,2	14,9	14,1
Okt.	9,2	7,9	9,2	8,3	7,6	6,4	7,7	6,7	8,6	7,5	9,2	8,2	10,0	9,4	10,4	9,4	9,0	8,8	10,0	9,3
Nov.	4,1	4,4	3,4	4,9	2,8	4,1	2,4	3,7	3,7	4,0	3,7	4,7	5,1	7,7	4,9	5,9	4,2	4,7	4,6	5,6
Dez.	0,7	-4,8	3,8	1,3	0,4	-4,9	2,6	0,4	0,4	-5,4	3,2	0,6	4,6	-1,5	5,1	3,2	1,4	-4,3	4,2	0,3
\bar{x}	8,3	7,8	9,7	9,1	7,1	6,7	8,3	7,9	7,8	7,3	9,4	8,8	9,9	9,8	11,2	10,7	8,4	8,0	9,7	9,2

Tabelle 4: Mittlere monatliche Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittel
VS Dornburg, Heßberg, Großenstein, Bingen, Gülzow 2010 bis 2012

	Dornburg				Heßberg				Großenstein				Bingen				Gülzow			
	\bar{x}	10	11	12	\bar{x}	10	11	12	\bar{x}	10	11	12	\bar{x}	10	11	12	\bar{x}	10	11	12
Jan.	32	33	36	73	59	34	72	90	37	24	28	60	38	24	24	55	37	18	37	59
Feb.	33	28	12	12	51	32	14	16	29	17	10	14	34	34	22	4	28	32	26	17
März	39	38	16	8	50	41	15	13	35	28	11	7	38	26	12	10	37	38	12	8
April	55	24	20	17	54	8	18	30	52	20	20	20	38	10	21	19	37	14	17	20
Mai	60	114	37	45	60	77	8	66	64	94	54	44	51	117	14	56	49	75	36	21
Juni	78	13	108	109	77	11	119	124	80	26	90	66	59	55	65	87	70	33	82	35
Juli	57	108	140	82	78	135	82	96	74	103	108	100	56	63	44	52	60	55	198	32
Aug.	68	156	61	55	79	148	82	50	68	165	49	42	53	122	99	49	61	148	118	34
Sept.	42	70	65	37	59	45	76	66	48	89	85	51	40	54	38	32	52	77	26	37
Okt.	38	16	36	28	54	30	60	42	46	17	39	33	42	24	18	55	41	34	29	50
Nov.	42	101	2	59	62	85	0	56	37	91	1	48	49	50	1	39	41	102	3	25
Dez.	40	84	50	69	77	59	116	107	38	42	44	47	39	51	87	70	46	25	74	47
Σ	584	785	582	594	760	705	662	754	608	717	537	532	537	630	443	528	559	651	658	385

Die wechselnden Witterungsbedingungen der einzelnen Jahre wirkten sich auf die etablierten Versuche kaum negativ aus. Auch die anhaltende Frühjahrstrockenheit der beiden letz-

ten Versuchsjahre beeinträchtigte das Wachstum der Silphiepflanzen kaum, da sie in der Lage sind, sich mit ihrem ausgedehnten Wurzelsystem auch Wasser- und Nährstoffreserven in tieferen Schichten zu erschließen. Ungünstig wirkten sich die Witterungsbedingungen auf die in 2011 und 2012 neu angelegten Versuche sowie die Herbizidversuche (Saat) aus. Hier war aufgrund der Trockenheit nur ein eingeschränkter Aufgang der Pflanzen zu verzeichnen, der die Bewertung der Versuche erschwerte.

I.2.3 Praxisversuche

In der Praxis wurden im Jahr 2010 drei Versuche betreut. Dies betraf zum einen den 2007 angelegten Praxisschlag in der Pahren Agrar GmbH & Co. KG, in dem Varianten einer maschinellen Saatguternte getestet worden sind. In der Agrarprodukte Ludwigshof e. G. (Rockendorf) erfolgte 2010 die erste Ernte des 2009 auf ca. 4 ha angelegten Bestandes mit Ertragerfassung und separater Silierung. Ein Drillversuch unter Deckfrucht kam in der Agrar-genossenschaft Hedersleben e. G. zur Anlage. Die weitere Betreuung der beiden erstgenannten Versuche erfolgte auch in 2011, wobei in Pahren wiederum verschiedene Varianten der Saatguternte erprobt wurden. Die Begleitung des 2010 in der Agrar-genossenschaft Hedersleben angelegten Drillversuchs ist dagegen eingestellt worden. Aufgrund der starken Konkurrenz der als Deckfrucht gedrillten Zuckerhirse waren nur wenige Silphiepflanzen aufgelaufen, die zudem bis zum Herbst des Ansaatjahres kaum eine Rosette gebildet hatten. Wegen des extrem hohen Unkrautdruckes und der kaum zu erwartenden erfolgreichen Bestandesetablierung wurde die wissenschaftliche Begleitung des Versuches im Frühjahr 2011 abgebrochen. Im Mai 2011 erfolgte die Neuanlage eines Drillversuchs auf Flächen der Agrarprodukte Ludwigshof e. G. in der Gemarkung Rockendorf auf ca. 0,75 ha. Gesät wurde im betriebsüblichen Reihenabstand von 62,5 cm und einer Ablage in der Reihe von 16 cm mit der Parzelleneinzelkornsämaschine der TLL. In 2012 kam ein weiterer Drillversuch in der Agrar-genossenschaft Wörlitz hinzu. Die Aussaat erfolgte hier mit betriebsüblicher Technik, einer Einzelkornsämaschine vom Typ Monosem in einer Reihentfernung von 45 cm und einem Ablageabstand in der Reihe von 9 cm.

Die über eine längere Zeit betreuten Praxisversuchsflächen in Pahren und Rockendorf verfügen über eine geringe Bodengüte und zählen damit eher zu den ungünstigeren Standorten. Aufgrund der Höhenlage und der geringen Durchschnittstemperatur ist die Vegetationszeit in Pahren relativ kurz, in Rockendorf ist häufig das Wasser der limitierende Faktor. Dies gilt auch für die von der Bodengüte her besseren Standorte Hedersleben und Wörlitz (Tab. 5).

Tabelle 5: Charakterisierung der Praxisstandorte

Standort	Bodenform	Bodenart	Ackerzahl	Höhenlage (m)	Temperatur (°C)	Niederschlag (mm)
Pahren	Berglehm-Braunerde, Berglehm-Staugley	Sandiger Lehm	36	440	7,0	642
Rockendorf	Buntsandsteinverwitterung	Lehmiger Sand bis Sand	25	240	7,5	500
Hedersleben	Sandiger-toniger Lehm	Schluffiger Lehm	54	110	8,7	525
Wörlitz	Ton-Auen-Gley	Tonig-sandiger Lehm	38	63	8,7	530

Zusätzlich zu den im Rahmen des Projektes angelegten bzw. betreuten Versuchen kam 2011 und 2012 über Pilot- und Demonstrationsvorhaben des Freistaates an verschiedenen Thüringer Standorten Silphie auf ca. 15 ha zum Anbau. Diese Praxisflächen wurden in 2011

I.2.5 Selektionsversuche

Gemeinsam mit NLC erfolgte im Frühjahr 2010 die Verklonung aussichtsreicher Einzelpflanzen aus einer mehrjährig geprüften russischen Herkunft. Die Pflanzen wurden sowohl in Dornburg als auch in Erfurt im Abstand von 1 x 1 m ausgepflanzt.

Gleichzeitig sind in einer weiteren ukrainischen Herkunft ca. 20 Einzelpflanzen markiert, separat beerntet und vermessen worden. An diesen Pflanzen erfolgte in 2010 auch eine Untersuchung ausgewählter Inhaltsstoffe, um mögliche Rückschlüsse von morphologischen Merkmalen auf inhaltsstoffliche Eigenschaften ziehen zu können. Die aussichtsreichsten dieser Einzelpflanzen wurden NLC für eine isolierte Vermehrung zur Verfügung gestellt.

Die 2010 gemeinsam mit NLC verklonten Einzelpflanzen aus einer mehrjährig geprüften russischen Herkunft wurden 2011 und 2012 einzelpflanzenweise beerntet, untersucht und die aussichtsreichsten Typen in einer Isolierstelle zusammengefasst, um hier zukünftig eine separate Saatgutvermehrung durchzuführen. Im Frühjahr 2012 ist zudem weiteres Selektionsmaterial aus einer bereits recht homogenen Herkunft nach Erfurt geliefert worden, um auch hier die Züchtung weiter voran zu treiben.

Gleichzeitig erfolgte in 2012 die Ernte isolierten Saatgutes aller bisher in unterschiedlichen Versuchen und Jahren stehenden Silphie-Herkünfte, um diese zukünftig in einem Versuch hinsichtlich ihrer wirklichen Leistungsfähigkeit prüfen und vergleichen zu können.

I.2.6 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, betriebswirtschaftliche Richtwerte für den Silphieanbau bei Pflanzung und Saat erarbeitet werden. Dabei erfolgte eine separate Betrachtung des Anlagejahres und der nachfolgenden Erntejahre, wobei von 10 Ernten ausgegangen worden ist.

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

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

I.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Verbundvorhaben wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner der N. L. Chrestensen GmbH in Erfurt, dessen Arbeitsschwerpunkt in der züchterischen Bearbeitung bestand, durchgeführt. Gemäß der Vorhabensbeschreibung erfolgten die Bereitstellung von Selektionsmaterial sowie ein reger Austausch der Versuchsergebnisse.

II Ergebnisse

II.1 Anbautechnische Versuche

II.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 2 bis 4 Wochen später als in Dornburg statt (Tab. 6 und 7). Dabei liegen die Erntetermine an beiden Orten in der Erntezeitspanne für Silomais.

Tabelle 6: Erntetermine von Durchwachsener Silphie (Herkunft Nordamerika), VS Dornburg und Heßberg 2005 bis 2012

PG	Dornburg								Heßberg							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	25.08.	21.08.	04.09.	07.08.	27.08.	25.08.	29.08.	21.08.	15.09.	07.09.	05.09.	27.08.	07.09.	20.09.	13.09.	30.08.
2	07.09.	06.09.	13.09.	18.08.	09.09.	06.09.	16.09.	29.08.	28.09.	18.09.	17.09.	15.09.	17.09.	01.10.	22.09.	13.09.
3	13.09.	15.09.	24.09.	27.08.	18.09.	21.09.	23.09.	12.09.	11.10.	27.09.	01.10.	08.10.	28.09.	12.10.	04.10.	28.09.

Tabelle 7: TS-Gehalt (%) von Durchwachsener Silphie (Herkunft Nordamerika) in Abhängigkeit vom Erntetermin, VS Dornburg und VS Heßberg 2005 bis 2012

PG	Dornburg								Heßberg							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	25,0	25,4	26,8	24,6	26,8	26,4	24,6	26,3	22,8	23,6	24,0	24,4	27,1	22,6	23,0	22,8
2	30,9	24,7	26,2	27,4	22,8	24,5	25,0	27,0	24,9	27,2	24,4	25,6	28,4	21,6	25,1	23,7
3	27,7	33,4	29,4	29,7	27,8	27,4	27,4	27,9	31,5	27,4	24,8	25,4	34,3	26,0	28,2	25,9

Die schwankenden TS-Gehalte in Tabelle 7 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.

Im Jahr 2010 erzielte die Silphie in Dornburg zum optimalen Erntetermin einen überdurchschnittlichen Ertrag, der weit über dem des Silomaises am Standort lag. Die Pflanze profitierte dabei von den reichlichen Niederschlägen während ihrer Hauptwachstumsphase im Mai. In den beiden folgenden Jahren lagen die Erträge auf etwas niedrigerem Niveau, allerdings immer noch über dem langjährigen Durchschnittsertrag der Silomaisvergleichssorte ‚Atletico‘. Während der bisher 8jährigen Nutzungsdauer erreichte die Silphie in sechs Jahren höhere Erträge als der Mais (Abb. 2).

In Heßberg erzielte die Silphie zum optimalen Erntetermin in 2010 und 2011 Erträge unter, in 2012 über dem Silomais, wobei die Unterschiede in der Ertragshöhe 2010 und 2012 nur marginal waren. Am Standort Heßberg diente der Durchschnittsertrag des Landessortenversuchs Silomais als Bezugsbasis. Insgesamt war die Silphie hier dem Mais in fünf der acht Jahre ertraglich überlegen und wies im Mittel der Jahre einen höheren Durchschnittsertrag als der Silomais auf (Abb. 3).

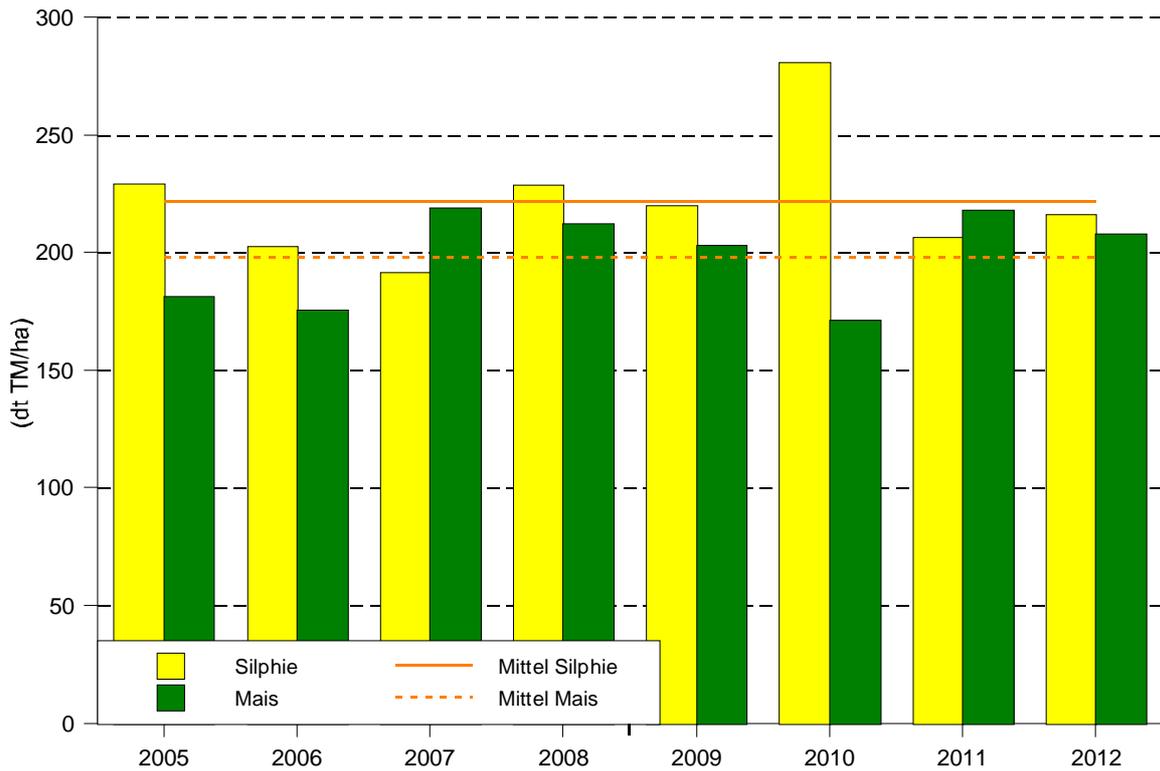


Abbildung 2: TM-Ertrag von Silphie zum optimalen Erntetermin im Vergleich zu Silomais ‚Atletico‘ VS Dornburg 2005 bis 2012

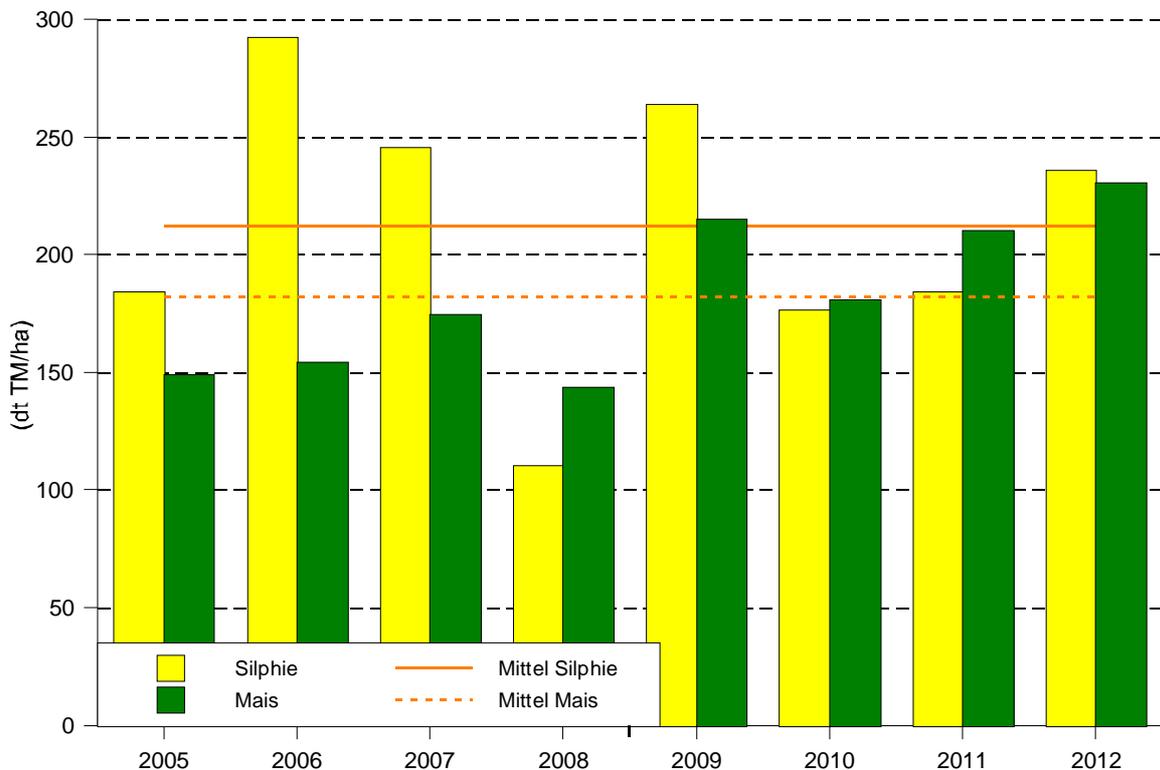


Abbildung 3: TM-Ertrag von Silphie zum optimalen Erntetermin im Vergleich zu Silomais (× LSV) VS Heßberg 2005 bis 2012

Insgesamt liegt das Ertragsniveau in Dornburg mit Durchschnittserträgen von 222 dt TM/ha (Silphie) bzw. 198 dt TM/ha (Mais) etwas über dem von Heßberg, wo bei der Silphie im Mittel der Jahre 212 dt TM/ha und bei Mais 182 dt TM/ha geerntet wurden. Dies dürfte der Stand-

ortgüte geschuldet sein. Ein Zusammenhang zwischen Erntetermin und Biomasseertrag war in keinem der Jahre und Orte erkennbar (Tab. 8).

Tabelle 8: TM-Ertrag (dt/ha) von Durchwachsener Silphie (Herkunft Nordamerika) in Abhängigkeit vom Erntetermin, VS Dornburg und VS Heßberg 2005 bis 2012

PG	Dornburg								Heßberg							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	188,6	157,9	146,2	228,7	161,6	313,0	206,3	189,1	184,3	292,2	245,6	89,7	264,0	176,2	142,0	207,8
2	228,9	177,3	156,2	188,0	219,8	280,5	165,5	216,0	139,2	234,7	169,1	110,1	203,1	145,2	145,3	163,2
3	204,5	202,4	191,4	163,2	201,0	251,5	183,0	211,7	176,0	274,8	185,7	98,6	206,7	160,0	183,9	235,7
\bar{x}	207,3	179,2	164,6	193,3	194,1	281,7	184,9	205,6	166,5	267,2	200,1	99,5	224,6	160,4	157,1	202,2
GD t, 5 %	19,6	22,7	26,7	34,2	34,1	46,9	27,9	16,1	25,8	28,9	38,4	12,9	32,1	16,3	23,3	35,2

Die Wuchshöhe variierte zwischen den Jahren relativ stark (Tab. 9) und ließ in der Regel Rückschlüsse auf den zu erwartenden Ertrag zu, da höhere Bestände meist auch höhere Erträge aufwiesen.

Tabelle 9: Wuchshöhe (cm) von Durchwachsener Silphie (Herkunft Nordamerika) in Abhängigkeit vom Erntetermin, VS Dornburg und Heßberg 2005 bis 2012

PG	Dornburg								Heßberg							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	247	293	231	274	280	323	260	256	177	276	266	198	286	227	230	327
2	255	280	262	287	301	297	282	286	177	275	262	170	287	226	218	291
3	259	281	275	290	326	292	279	312	180	272	266	177	279	225	224	298
\bar{x}	254	285	256	284	302	304	274	285	178	274	265	182	284	226	224	305
GD t, 5 %	20,1	9,9	20,7	9,3	21,8	17,8	12,1	25,9	5,8	3,3	6,5	20,1	6,7	5,8	7,9	27,0

Im Gegensatz zu 2010 stiegen in 2011 und 2012 in Dornburg Lignin- und ADF-Gehalt im getrockneten Erntegut mit zunehmender Reife an. In Heßberg war das 2010 sowie 2011 von der ersten zur dritten Ernte auch der Fall, lediglich der zweite Erntetermin fiel mit sehr niedrigen Gehalten auf. Im Jahr 2012 veränderten sich die Werte mit steigender Reife dagegen nicht. In 2011 lagen die Werte beider Orte auf annähernd dem gleichen Niveau, in 2010 divergierten die ADF- und Ligningehalte beider Orte erheblich, jedoch ohne klare Tendenz. (Tab. 10).

Tabelle 10: Einfluss des Erntetermins auf Asche-, Lignin- und ADF-Gehalt (% TM) von Durchwachsener Silphie (Herkunft Nordamerika), VS Dornburg und Heßberg 2010 bis 2012

PG	Dornburg									Heßberg								
	Asche			ADF			Lignin			Asche			ADF			Lignin		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
1	9,0	10,1	9,8	47,5	42,8	41,8	8,1	6,8	6,9	11,0	10,7	7,3	38,3	46,5	46,7	5,6	7,9	8,4
2	9,3	9,7	10,0	48,1	46,3	44,6	7,9	8,2	7,2	9,1	13,0	8,4	43,6	41,0	46,1	7,3	6,7	7,6
3	9,0	9,5	9,2	48,7	48,9	46,2	8,0	9,7	7,7	10,7	10,7	9,1	44,7	50,6	45,4	7,3	9,2	8,4

Generell lassen nunmehr achtjährigen Ergebnisse ohne Ertragsrückgang darauf schließen, dass Silphiebestände mindestens 10 Jahre, wahrscheinlich sogar deutlich länger, nutzbar sind. Außerdem zeigte sich, dass die Silphie an den beiden Versuchsstandorten in ertraglicher Hinsicht mit dem Mais konkurrieren kann.

II.1.2 Gestaffelte Erntetermine

Weil die bisherigen Ernteterminversuche keine klaren Zusammenhänge zwischen Erntetermin, Ertrag und/oder Inhaltsstoffen erkennen ließen, wurde 2010 damit begonnen, einen 2005 in Dornburg angelegten Versuch mit einer norddeutschen Herkunft über eine deutlich längere Zeit und in kürzeren Frequenzen zu beernten. Die Erntezeitspanne begann Ende Juli bei ca. 21 bis 22 % TS und endete Ende bzw. Mitte September. In 2011 und 2012 wurde der Versuch wiederholt.

Aufgrund der trockeneren Witterung zur Ernte stiegen die TS-Gehalte im zweiten und dritten Jahr auf Werte bis über 30 % an, während im feuchten Jahr 2010 nur maximal 27 % TS erreicht wurden. In allen Jahren zeigten die Pflanzen vom ersten zum zweiten bzw. dritten Erntetermin noch einen deutlichen Anstieg der Wuchshöhe und auch der Ertrag erhöhte sich vom ersten zum zweiten Erntetermin z. T. signifikant, um dann weitgehend auf gleichem Niveau zu verbleiben. Mit zunehmender Abreife der Pflanzen trat dann in den trockeneren Jahren 2011 und 2012 ein Ertragsrückgang bei den spätesten Ernteterminen auf, der mit dem einsetzenden Abtrocknen und Abfallen der Stängelblätter zu begründen ist (Tab. 11).

Tabelle 11: Einfluss des Erntetermins auf Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag von Durchwachsener Silphie (Herkunft Norddeutschland, 5. bis 7. Erntejahr), VS Dornburg 2010 bis 2012

PG	Erntetermin			Wuchshöhe (cm)			TS-Gehalt (%)			TM-Ertrag (dt/ha)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
1	28.07.	28.07.	25.07.	225	235	226	21,7	20,7	22,4	172,3	149,3	167,7
2	09.08.	10.08.	06.08.	288	262	221	23,7	24,0	23,2	214,6	205,2	184,9
3	20.08.	17.08.	15.08.	273	259	268	24,8	25,2	27,4	219,5	201,6	197,1
4	02.09.	24.08.	21.08.	279	285	264	25,5	26,1	28,0	230,7	213,0	202,2
5	10.09.	06.09.	29.08.	266	295	251	24,7	28,5	29,5	216,0	224,6	185,2
6	17.09.	16.09.	07.09.	272	287	258	24,7	26,6	30,0	189,1	183,9	187,5
7	24.09.	23.09.	12.09.	278	299	269	27,0	31,0	31,0	193,8	185,2	179,8
8	30.09.	29.09.	18.09.	276	285	283	24,8	29,7	31,7	204,8	167,0	163,4
GD t, 5 %				20,3	25,1	23,5	1,8	3,7	3,4	27,0	34,2	27,9

Im Gegensatz zu 2010, wo der erste Erntetermin insgesamt die niedrigsten Lignin- und ADF-Gehalte aufwies, blieben die Werte 2011 bis zur sechsten Ernte Mitte September weitgehend konstant. Ein deutlicher Anstieg erfolgte bei der siebenten und achten Ernte. In 2012 war eine ähnliche Tendenz wie im Vorjahr zu verzeichnen, wobei hier erst bei der letzten Ernte Lignin- und ADF-Gehalt im Vergleich zu den früheren Schnitten anstiegen. Der Aschegehalt sank in 2010 und 2012 tendenziell vom ersten bis zum letzten Erntetermin ab. In 2011 dagegen folgten die Veränderungen im Aschegehalt keinem Muster (Tab. 12).

Tabelle 12: Einfluss des Erntetermins auf Asche-, Lignin- und ADF-Gehalt (% TM) Durchwachsener Silphie (Herkunft Norddeutschland, 7. Erntejahr), VS Dornburg 2010 bis 2012

PG	Aschegehalt			Ligningehalt			ADF		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
1	10,5	9,7	10,5	5,8	7,3	7,5	41,6	43,5	46,9
2	10,5	9,6	11,0	6,8	7,0	7,4	46,2	42,7	45,6
3	10,3	10,6	9,2	8,0	7,4	6,8	47,8	42,5	46,3
4	9,6	11,5	9,3	7,1	7,4	7,5	46,0	42,1	46,5
5	9,6	9,4	9,3	8,5	7,1	7,4	48,6	42,8	46,0
6	9,8	10,5	9,0	7,1	6,6	7,7	46,5	42,7	51,4
7	9,6	9,1	9,0	7,0	8,0	7,6	45,2	49,3	50,5
8	9,9	n. b.	8,4	6,9	8,6	8,6	47,7	52,4	54,3

Nahezu reziprok zu den ADF- und Ligninwerten sank in 2010 die Methanausbeute im HBT von 285 auf ca. 250 NI/kg oTS. Aufgrund des noch angestiegenen bzw. gleichbleibenden Biomasseertrages blieb der Methanertrag je Flächeneinheit bis zum 10. September auf etwa dem gleichen Niveau. Berücksichtigt man die für eine sichere Silierung erforderlichen TS-Gehalte ergab sich in 2010 ein optimales Erntefenster von der letzten Augustdekade bis zur ersten Septemberdekade (Abb. 4).

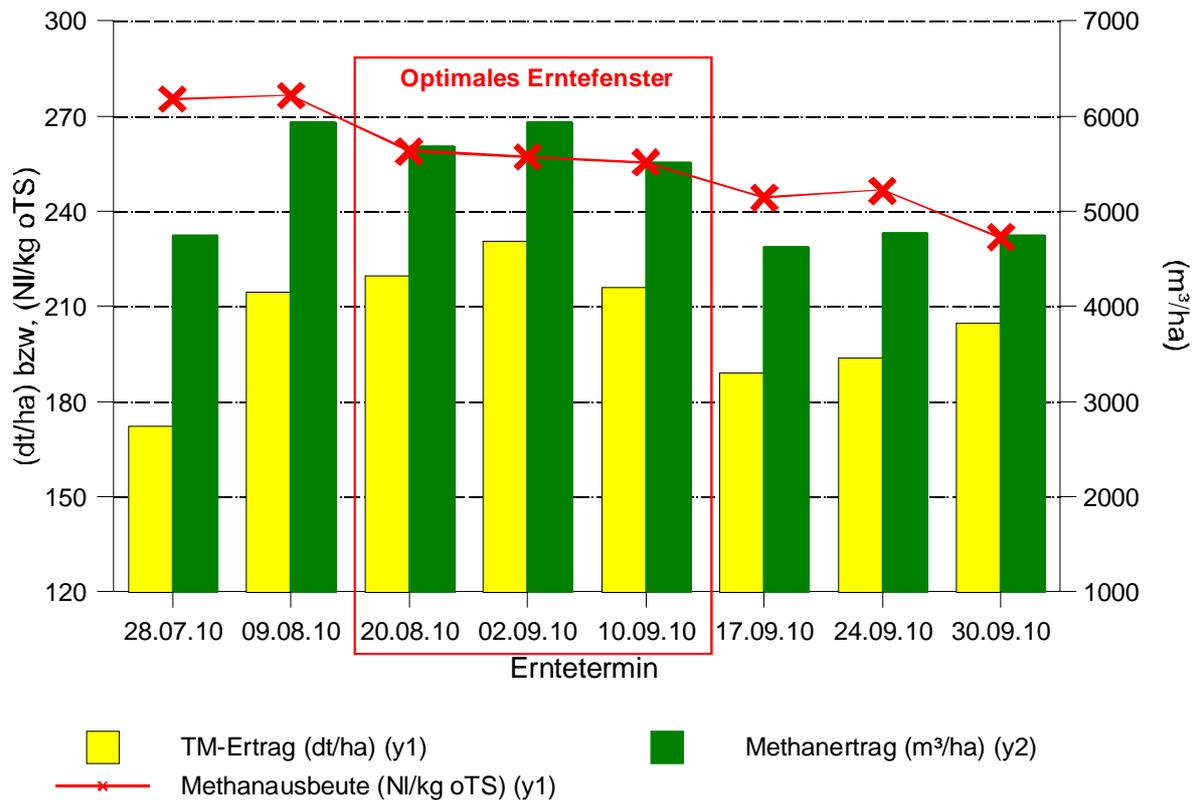


Abbildung 4: Einfluss des Erntetermins auf Methanausbeute (HBT) sowie TM- und Methanerertrag von Durchwachsener Silphie (Herkunft Norddeutschland, 5. Erntejahr), VS Dornburg 2010

In 2011 lagen die Methanausbeuten im HBT auf etwas höherem Niveau als im Vorjahr. Beginnend mit 299 NI/kg oTS verminderte sich die Methanausbeute deutlich langsamer als im Vorjahr bis Ende September auf 259 NI/kg oTS, wobei die Werte bis Mitte September mit über 280 NI/kg oTS auf relativ hohem Niveau verblieben. Dies deckte sich mit der Entwicklung der Lignin- und ADF-Gehalte, die 2011 auch erst bei den letzten Terminen anstiegen. Allerdings sank ab Mitte September der Biomasseertrag durch den einsetzenden Blattverlust deutlich ab, so dass die Methanererträge je Flächeneinheit zu diesem Zeitpunkt ebenfalls abfielen. Ähnlich wie im Vorjahr ergab sich auch 2011 ein optimales Erntefenster von ca. drei Wochen, das sich von Mitte August bis Anfang September erstreckte (Abb. 5). Zusätzlich zu den vorjährigen Untersuchungen wurde an den hergestellten Silagen die Sickersaftbildung untersucht. Hier zeigte sich, dass bei der Silphie bereits bei TS-Gehalten von 25 % kaum noch Sickersaft auftritt und somit eher siliert werden kann als beim Mais.

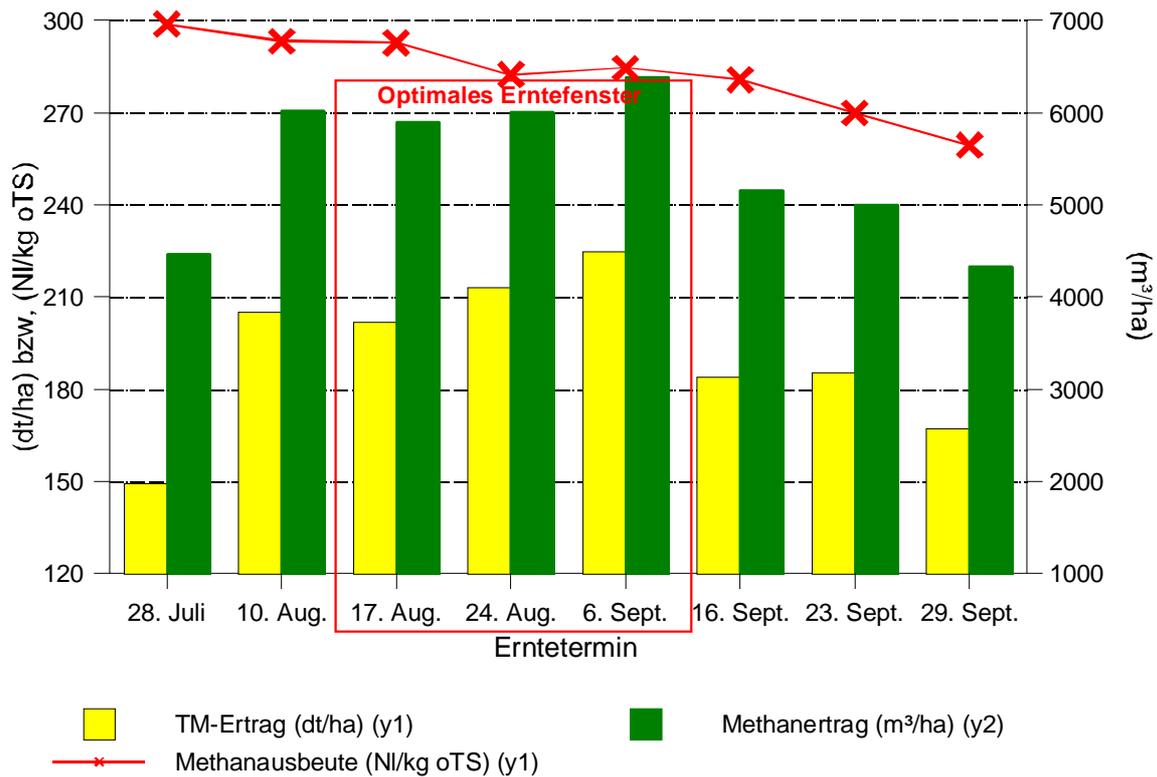


Abbildung 5: Einfluss des Erntetermins auf Methanausbeute (HBT) sowie TM- und Methanertrag von Durchwachsener Silphie (Herkunft Norddeutschland, 6. Erntejahr), VS Dornburg 2011

Die Ergebnisse des Jahres 2012 bestätigten die Resultate der Vorjahre weitgehend. Allerdings erreichte die Silphie aufgrund der anhaltend trockenen Witterung die Erntereife eher als in den Vorjahren und auch der Ertragsrückgang setzte deutlich früher ein (Abb. 6).

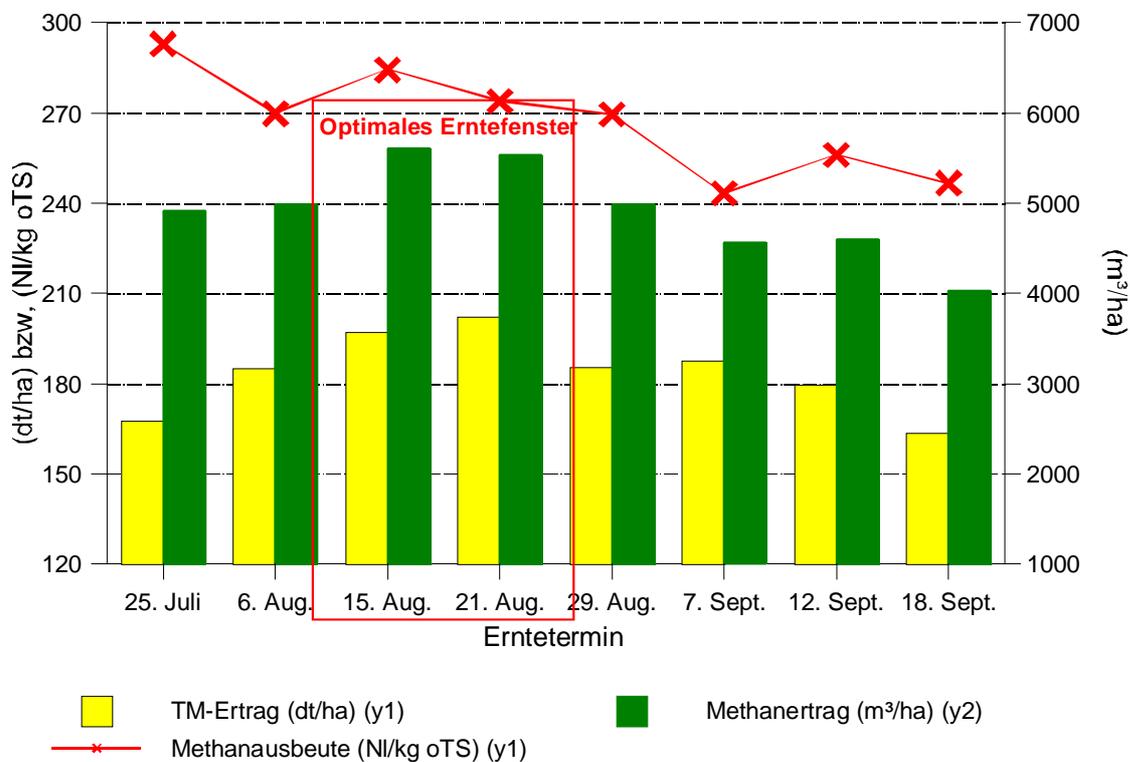


Abbildung 6: Einfluss des Erntetermins auf Methanausbeute (HBT) sowie TM- und Methanertrag von Durchwachsener Silphie (Herkunft Norddeutschland, 7. Erntejahr), VS Dornburg 2012

Die Methangehalte im Biogas schwanken in allen Jahren nur geringfügig zwischen 57 % und 60 %, wobei zwischen Erntetermin und Methangehalt kein Zusammenhang erkennbar war.

Eine mögliche Ursache für die in der Reife zurückgehenden Biogas- und Methanausbeuten könnte, neben der stärkeren Lignifizierung, in den sinkenden Zuckergehalten der Pflanzen zu suchen sein. Viele Korbblütler, wie z. B. Topinambur oder Alant, enthalten in ihrem Kraut Inulin und andere Kohlenhydrate, die im Herbst in die Speicherorgane verlagert werden. Da dies möglicherweise auch bei der Silphie der Fall sein könnte, wurden am Erntegut 2012 die Gehalte der unterschiedlichen Zuckerfraktionen zu den einzelnen Ernteterminen bestimmt. Es zeigte sich, dass der Gesamtzuckeranteil im Erntegut kontinuierlich abnahm, je weiter der Erntetermin voranschritt. So sank der Wert von 7,81 % TM bei der ersten Ernte bis auf 4,29 % TM bzw. 4,73 % TM bei den letzten beiden Terminen. Dabei unterlagen die einzelnen Zuckerfraktionen gewissen Schwankungen, zeigten jedoch alle sinkende Tendenz (Abb. 7).

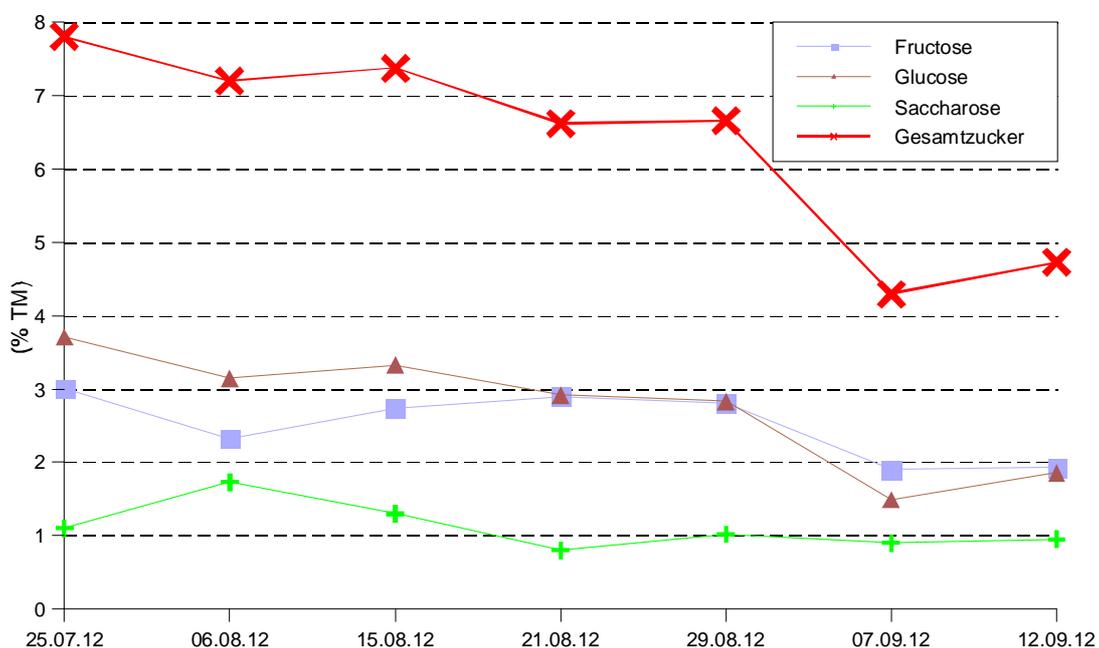


Abbildung 7: Zuckergehalt im Silphie-Erntegut in Abhängigkeit von Erntetermin, VS Dornburg 2012

Durch den Rückgang des Gesamtzuckers im Silphiekraut sinkt das Nahrungsangebot für die gasbildenden Bakterien in der Biogasanlage, so dass hiermit die nahezu parallel sinkenden Biogas- bzw. Methanausbeuten zu erklären sind.

Basierend auf den Ergebnissen sollte die Ernte der Silphie eher vor bzw. bei geringen Anbauumfängen gemeinsam mit dem frühen Silomais erfolgen.

II.1.3 Prüfung unterschiedlicher Herkünfte

II.1.3.1 Mehrortige Herkunftsprüfung

Die Prüfung von drei bis fünf Herkünften an vier Standorten bundesweit wurde 2010 zum dritten Mal geerntet. Die Erntetermine lagen zwischen dem 03.09. in Bingen und dem 11.10. in Heßberg und damit etwas später als in den Vorjahren. Trotzdem überstiegen die zur Ernte ermittelten TS-Gehalte kaum die 25 %-Marke, was sich sicherlich durch die anhaltend kühle und feuchte Witterung begründet. Bei der vierten Ernte 2011 lagen die Erntetermine am 15.09. in Dornburg und Gülzow und dem 06.10. in Heßberg und damit in etwa im Bereich

des Vorjahres. Die TS-Gehalte zwischen 24,4 % und 28,0 % belegen, dass die Ernte zum optimalen Zeitpunkt erfolgte. Im letzten Versuchsjahr 2012 erstreckte sich die Ernte über einen relativ langen Zeitraum vom 30.08. in Dornburg, über den 04.09. in Bingen, den 17.09. in Gülzow bis zum 04.10. in Heßberg. Trotz der eigentlich frühen Ernte Anfang September in Bingen war der TS-Gehalt bereits auf über 30 % gestiegen, auch in Gülzow lagen die TS-Gehalte zur Ernte über den angestrebten Werten (Tab. 13). Die hohen TS-Gehalte an diesen Standorten sind sicherlich der trockenen Witterung im Zeitraum vor der Ernte und der insgesamt trockenen und warmen Jahreswitterung geschuldet, die bei den meisten Kulturen zu einem ca. zweiwöchigen Entwicklungsvorsprung im Vergleich zum Mittel der Jahre führte.

Tabelle 13: TS-Gehalt (%) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie, VS Dornburg, VS Gülzow, VS Bingen und VS Heßberg 2008 bis 2012

Herkunft	Dornburg					Gülzow					Bingen					Heßberg				
	08	09	10	11	12	08	09	10	11	12	08	09	10	11	12	08	09	10	11	12
USA	28,3	28,6	25,8	24,4	26,5	25,2	32,1	24,2	25,2	30,3	33,6	31,6	24,5	24,9	30,5	22,4	24,6	23,4	27,1	24,2
Norddtl.	28,2	29,4	27,3	26,4	27,4	25,6	34,9	26,4	27,4	32,7	35,1	32,3	23,7	27,0	31,6	23,4	29,8	25,8	28,0	25,4
Rohrbach	28,2	30,3	26,3	26,9	26,4	26,6	31,9	23,5	25,0	29,1	33,3	31,8	23,7	24,6	29,1	21,8	24,9	22,9	24,8	24,5
Russland	26,6	29,6	27,4	25,7	25,6	25,8	33,7	23,9	26,3	29,9	32,5	30,6	24,5	27,2	31,6	-	-	-	-	-
Berlin	28,0	29,4	26,1	26,9	27,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
\bar{x}	27,9	29,5	26,6	26,1	26,6	25,8	33,2	24,5	26,0	30,5	33,6	31,6	24,1	25,9	30,7	22,5	26,4	24,0	26,6	24,7

Mit Ausnahme von Heßberg realisierte die Silphie 2010 an allen Standorten höhere Erträge als im Vorjahr. Dabei lag der Ertrag der russischen Herkunft in Bingen signifikant über dem der restlichen Herkünfte und auch in Dornburg wies diese den höchsten Ertrag auf. In Gülzow schnitt, wie auch in den Vorjahren, die norddeutsche Herkunft am besten ab. Im Folgejahr 2011 erzielten die Herkünfte in Dornburg und Bingen deutlich niedrigere Erträge, in Heßberg dagegen höhere als 2010. Auch in Gülzow wurde das Vorjahresniveau leicht überschritten. Mit Ausnahme von Bingen lagen die Erträge in etwa auf dem Silomaisniveau des jeweiligen Standortes. Die im Vorjahr zu beobachtende Rangfolge der Herkünfte bestätigte sich nicht. In 2012 lagen die Durchschnittserträge der Herkunftsprüfung in Dornburg und Heßberg etwa auf dem Niveau des Vorjahres, in Gülzow, bedingt durch die extreme Trockenheit am Standort, jedoch deutlich darunter. In Bingen konnte der Vorjahresertrag deutlich übertroffen werden, allerdings ohne den des Jahres 2010 zu erreichen (Tab. 14). Den Vergleichsertrag des Silomaises erreichte der Versuch an keinem der Orte, was aber auch den überdurchschnittlich hohen Maiserträgen des Jahres 2012 geschuldet ist.

Tabelle 14: TM-Ertrag (dt/ha) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie, VS Dornburg, VS Gülzow, VS Bingen und VS Heßberg 2008 bis 2012

Herkunft	Dornburg					Gülzow					Bingen					Heßberg				
	08	09	10	11	12	08	09	10	11	12	08	09	10	11	12	08	09	10	11	12
USA	198	222	262	161	160	83	114	133	137	114	162	126	177	91	116	121	213	126	157	130
Norddtl.	210	216	234	193	196	125	163	172	176	129	170	144	171	95	114	134	247	131	157	157
Rohrbach	204	254	274	190	162	104	121	156	168	131	167	131	171	88	131	133	183	136	163	197
Russland	190	281	314	165	151	85	132	163	168	109	214	163	215	119	129	-	-	-	-	-
Berlin	194	200	200	163	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
\bar{x}	199	234	257	174	166	99	132	156	162	121	178	141	183	97	122	129	214	131	159	161
GD t,5%	27,9	43,5	52,8	35,1	27,0	20,9	28,2	23,8	28,8	26,1	25,5	6,5	27,2	21,4	22,4	10,1	40,0	5,7	18,1	33,6

Die unterschiedlichen Erträge spiegeln sich auch in den Wuchshöhen wider (Tab. 15). Nennenswertes Lager war an keinem der Standorte in den Versuchsjahren zu verzeichnen.

Tabelle 15: Wuchshöhe (cm) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie, VS Dornburg, VS Gülzow, VS Bingen und VS Heßberg 2008 bis 2012

Herkunft	Dornburg					Gülzow					Bingen					Heßberg				
	08	09	10	11	12	08	09	10	11	12	08	09	10	11	12	08	09	10	11	12
USA	266	328	301	292	293	156	207	217	243	192	213	302	264	200	232	219	285	233	227	279
Norddtl.	260	315	293	292	293	167	214	234	235	199	215	296	263	196	221	223	291	252	229	281
Rohrbach	263	332	292	299	296	153	204	242	241	184	220	307	261	187	221	225	290	260	231	298
Russland	256	340	310	321	315	158	210	258	249	185	223	322	305	220	249	-	-	-	-	-
Berlin	256	322	284	286	295	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
\bar{x}	260	327	296	298	298	159	209	238	242	190	218	307	273	201	231	222	289	248	229	286
GD t,5%	15,5	14,8	18,6	17,5	12,3	13,9	16,6	25,1	13,5	20,0	n. b.	17,5	20,7	22,4	n. b.	40,5	12,4	18,2	11,3	12,9

Obwohl klare Tendenzen zur Standorteignung der einzelnen Herkünfte in den einzelnen Jahren kaum erkennbar sind, wird bei Betrachtung der Durchschnittserträge der Herkünfte an den einzelnen Standorten deutlich, dass in Dornburg und Bingen die russische Herkunft, in Gülzow und Heßberg dagegen die norddeutsche am besten abschnitt (Abb. 8). Diesbezüglich sind jedoch dringend weitere Untersuchungen erforderlich.

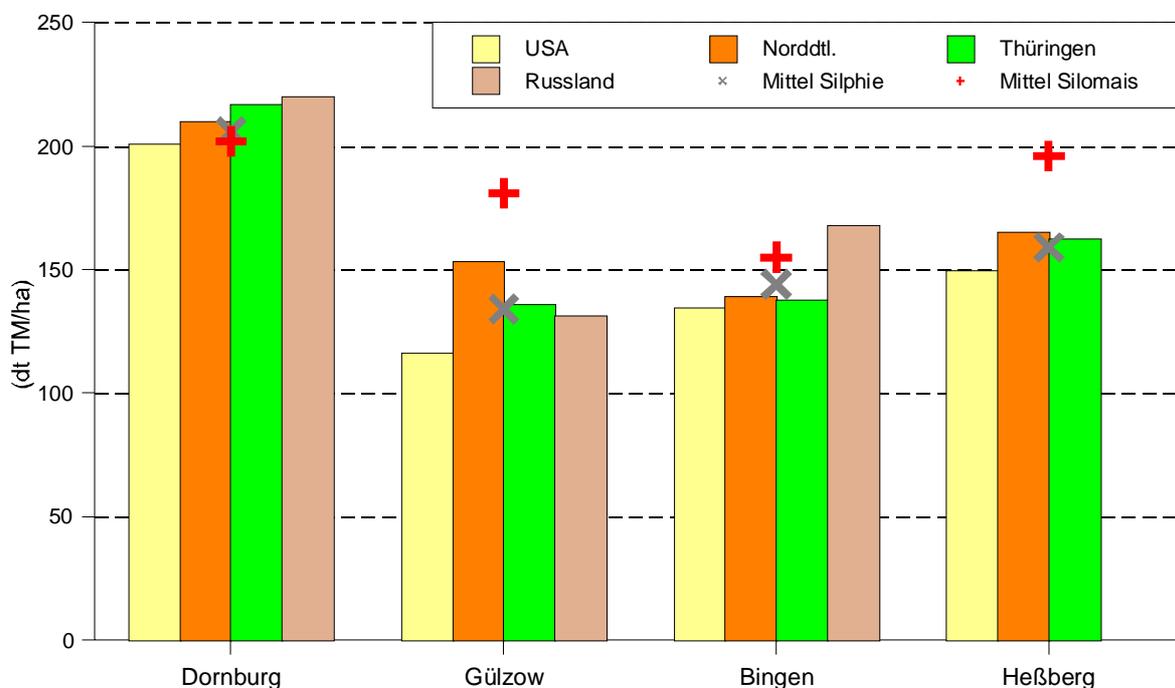


Abbildung 8: TM-Ertrag der mehrortig geprüften Silphie-Herkünfte im Vergleich zu Silomais, VS Dornburg, VS Gülzow, VS Bingen und VS Heßberg 2008 bis 2012

Gleichzeitig verdeutlicht Abbildung 8, dass die Herkunftsprüfung im Mittel der Jahre und Herkünfte lediglich in Dornburg und Bingen mit dem Silomaisertrag des Standortes konkurrieren kann. In Heßberg und Gülzow lag der Maisertrag deutlich über dem des Silphie-Versuches. Aber auch hier erreichten bzw. übertrafen einzelne Herkünfte in mehreren Jahren das Silomaisniveau. Daraus folgt, dass weiterhin dringend Untersuchungen zur Standorteignung der Herkünfte erforderlich sind.

In Bezug auf die Aschegehalte traten zwischen den Herkünften kaum Unterschiede auf (Tab. 16).

Tabelle 16: Aschegehalt (% TM) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie, VS Dornburg, VS Gülzow, VS Bingen und VS Heßberg 2010 bis 2012

Herkunft	2010				2011				2012			
	Dornburg	Gülzow	Bingen	Heßberg	Dornburg	Gülzow	Bingen	Heßberg	Dornburg	Gülzow	Bingen	Heßberg
USA	9,8	8,4	10,3	10,3	11,8	9,6	-	10,1	11,5	9,2	10,5	7,3
Norddeutschl.	10,1	9,3	9,8	9,6	11,5	9,4	-	9,2	10,6	9,1	9,8	8,4
Rohrbach	10,5	10,2	10,0	9,6	11,7	10,2	-	10,0	10,2	8,7	10,0	9,1
Russland	9,8	9,7	10,1	-	10,6	9,5	-	-	10,3	9,1	9,3	-
Berlin	9,1	-	-	-	11,4	-	-	-	11,6	-	-	-
\bar{x}	9,9	9,4	10,1	9,8	11,4	9,7	-	9,8	10,8	9,0	9,9	8,3

Hier scheint eher der Standort bzw. der Boden einen Einfluss zu haben, da im Mittel der Jahre in Dornburg und Bingen bei allen Herkünften die höchsten Aschegehalte zu verzeichnen waren, Gülzow und Heßberg dagegen deutlich geringere Werte aufwiesen (Abb. 9).

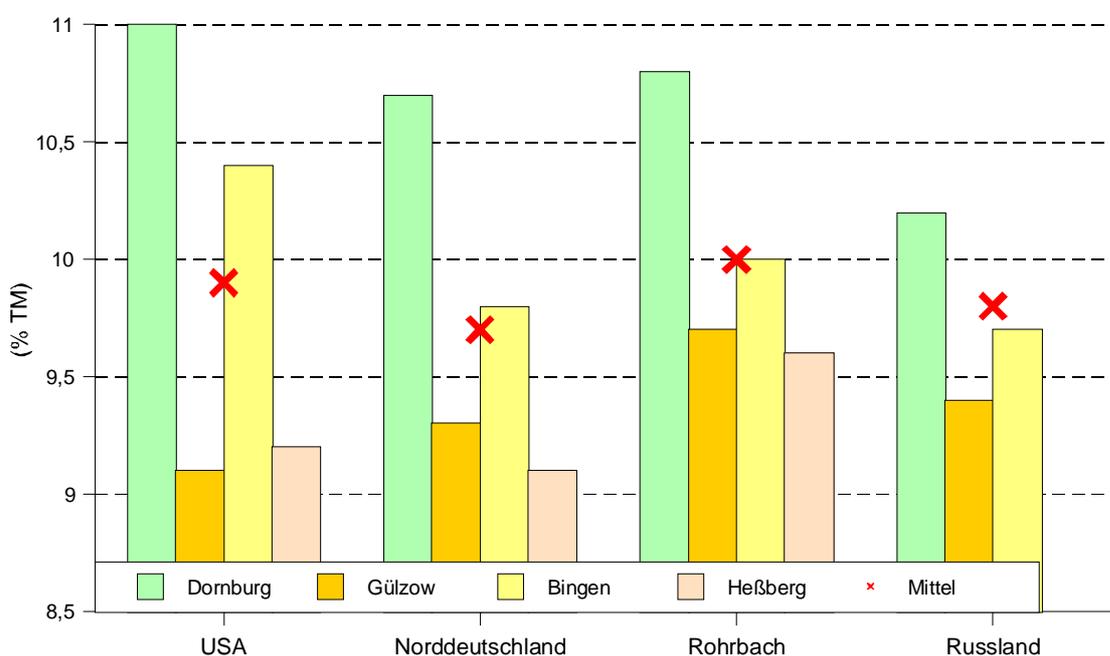


Abbildung 9: Aschegehalt (% TM) der mehrortig geprüften Silphie-Herkünfte, VS Dornburg, VS Gülzow, VS Bingen und VS Heßberg 2010 bis 2012

Auch die Variationen im Lignin-Gehalt folgten in den einzelnen Jahren keinem durchgehenden Trend (Tab. 17).

Tabelle 17: Ligningehalt (% TM) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie, VS Dornburg, VS Gülzow, VS Bingen und VS Heßberg 2010 bis 2012

Herkunft	2010				2011				2012			
	Dornburg	Gülzow	Bingen	Heßberg	Dornburg	Gülzow	Bingen	Heßberg	Dornburg	Gülzow	Bingen	Heßberg
USA	8,1	7,4	5,3	7,6	7,2	8,3	7,9	8,7	9,8	8,4	7,5	8,4
Norddeutschl.	9,2	5,6	5,4	7,7	7,9	7,2	8,3	8,4	7,8	8,0	7,4	7,6
Rohrbach	8,2	4,6	6,2	7,8	7,3	9,4	7,6	8,4	8,2	8,1	6,8	8,4
Russland	7,6	6,8	5,5	-	6,7	7,8	6,8	-	8,8	8,2	7,2	-
Berlin	8,2	-	-	-	7,9	-	-	-	8,2	-	-	-
\bar{x}	8,3	6,1	5,6	7,7	7,4	8,2	7,7	8,5	8,6	8,2	7,2	8,1

Allerdings war auch hier im Mittel der Jahre eine gewisse Standortabhängigkeit zu erkennen, indem die Ligningehalte in Dornburg bei allen Herkünften am höchsten waren. Gefolgt wurden sie von Heßberg und Gülzow. Deutlich darunter lagen die Werte in Bingen (Abb. 10).

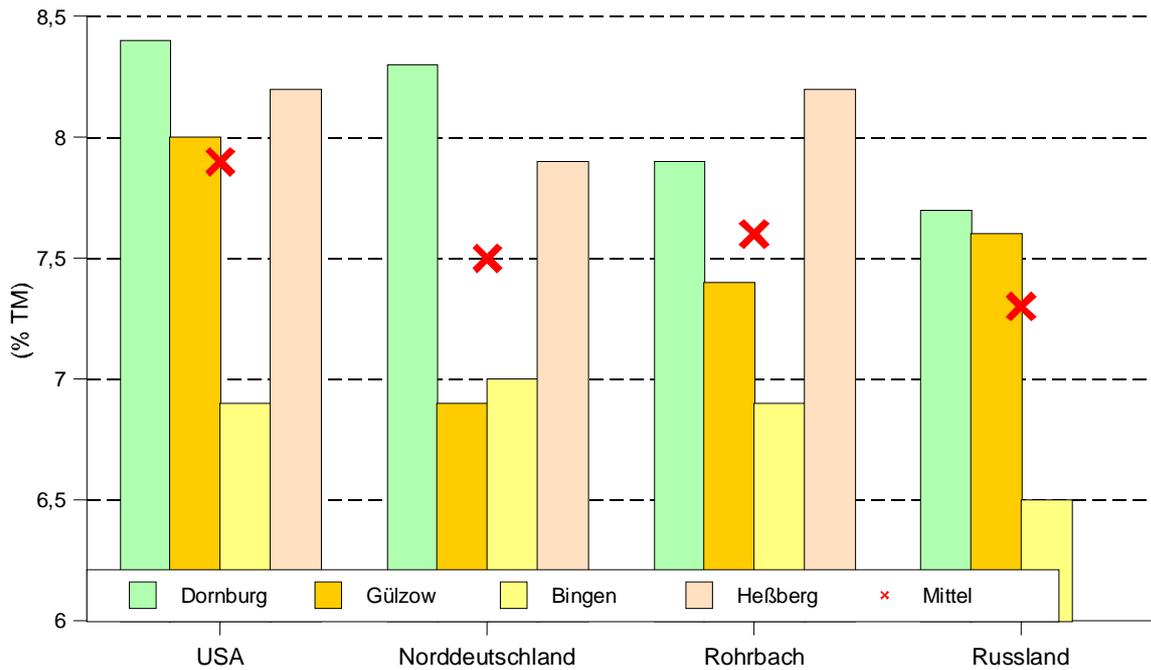


Abbildung 10: Ligningehalt (% TM) der mehrfach geprüften Silphie-Herkünfte, VS Dornburg, VS Gülzow, VS Bingen und VS Heßberg 2010 bis 2012

Ähnlich verhielt es sich auch bei den ADF-Gehalten. Während in den einzelnen Jahren bei den Herkünften an den Versuchsorten keine Tendenzen erkennbar waren, zeigte sich im Mittel der Jahre eine analoge Rangfolge wie beim Lignin. Auch hier wiesen die Dornburger Proben immer die höchsten Werte auf, während Bingen die mit Abstand niedrigsten Werte aufwies (Abb. 11, Tab. 18). Eine eindeutige Erklärung für diesen Sachverhalt konnte nicht gefunden werden. Möglicherweise liegen die Ursachen in einer niedrigeren Kaliumversorgung bzw. -verfügbarkeit am Standort.

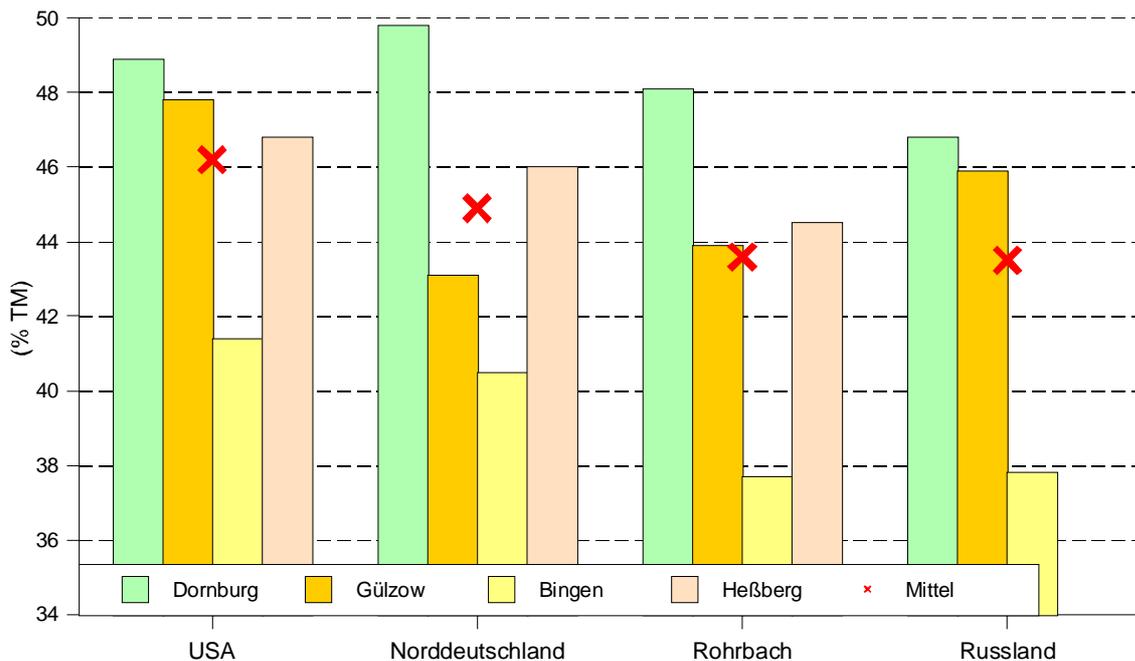


Abbildung 11: Gehalt an ADF (% TM) der mehrfach geprüften Silphie-Herkünfte, VS Dornburg, VS Gülzow, VS Bingen und VS Heßberg 2010 bis 2012

Tabelle 18: ADF (% TM) unterschiedlicher Herkünfte der Durchwachsenen Silphie, VS Dornburg, VS Gülzow, VS Bingen und VS Heßberg 2010 bis 2012

Herkunft	2010				2011				2012			
	Dornburg	Gülzow	Bingen	Heßberg	Dornburg	Gülzow	Bingen	Heßberg	Dornburg	Gülzow	Bingen	Heßberg
USA	50,4	45,3	35,6	44,7	45,5	48,4	42,1	49,0	50,9	49,7	46,4	46,7
Norddeutschl.	51,7	38,3	33,4	43,2	47,8	45,5	41,9	48,7	49,9	45,6	46,3	46,1
Rohrbach	48,8	41,0	34,7	43,3	45,6	43,8	35,8	44,8	50,0	47,0	42,7	45,4
Russland	47,2	42,7	33,5	-	45,1	47,0	35,1	-	48,2	47,9	44,7	-
Berlin	48,9	-	-	-	49,5	-	-	-	48,6	-	-	-
\bar{x}	49,4	41,8	34,3	43,7	46,7	46,2	38,7	47,5	49,5	47,6	45,0	46,1

II.1.3.2 Prüfung weiterer Herkünfte

Neben der an den vier Standorten zeitgleich angelegten Herkunftsprüfung werden in Dornburg in unterschiedlichen Versuchen weitere Herkünfte geprüft. Aufgrund der unterschiedlichen Anlagejahre und Versuchsfragestellungen ist ein direkter Vergleich schwierig und eine statistische Verrechnung nicht möglich. Im Interesse zukünftiger Arbeiten, vor allem hinsichtlich der Auswahl geeigneten Selektionsmaterials für die weitere Züchtung, ist es aber erforderlich, die Biomasseleistung und das Methanbildungsvermögen der einzelnen Herkünfte zu vergleichen und zu bewerten. In Abbildung 12 sind die Erträge aller neun, derzeit in Dornburg angebauten Herkünfte von 2008 bis 2012 dargestellt.

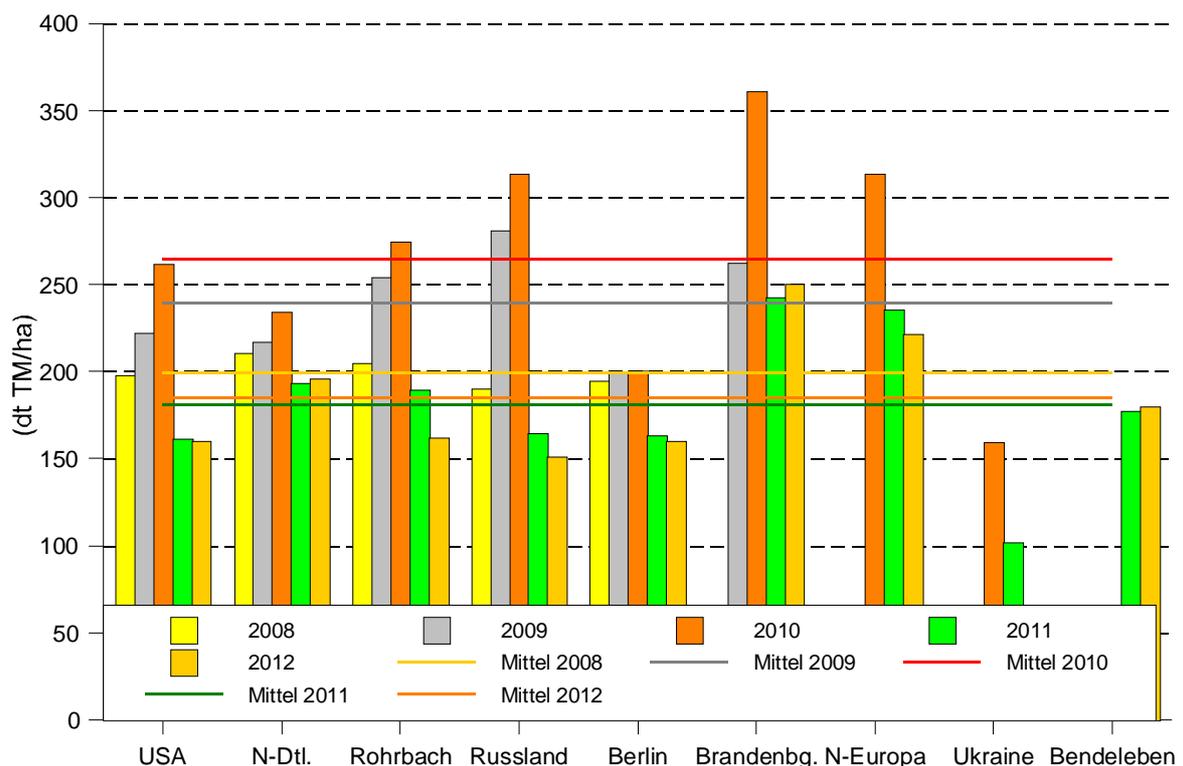


Abbildung 12: TM-Ertrag aller geprüften Silphie-Herkünfte (unterschiedliche Anlagejahre), VS Dornburg 2008 bis 2012

Bei Betrachtung der Erträge fällt auf, dass einige Herkünfte, wie z. B. die aus Brandenburg und die aus Nordeuropa, in allen Prüfungsjahren über dem Jahresmittel lagen. Auch die Herkunft aus Rohrbach konnte in drei von fünf Jahren das Jahresmittel übertreffen, ebenso wie die russische und die norddeutsche Herkunft, die zweimal über dem Durchschnitt lagen.

Dies weist auf ein hohes Biomassebildungspotenzial hin. Andere dagegen, wie beispielsweise eine Herkunft aus Berlin oder eine aus der Ukraine, konnten in keinem der Jahre den Mittelwert auch nur annähernd erreichen. Die niedrigen Erträge der ukrainischen Herkunft sind teilweise durch eine sehr späte Pflanzung, eine schlechte Anwuchsrate und daraus folgend eine unzureichende Bestandesdichte zu begründen, so dass eine generelle Bewertung des Ertragsvermögens dieser Herkunft nicht möglich ist.

Von allen Herkünften wurde in den letzten Jahren die Methanausbeute im HBT bestimmt. Auch hier fallen Herkünfte auf, die in allen Jahren den Mittelwert erreichen bzw. sogar übertreffen. Auf dem höchsten Level lagen dabei eine ukrainische Herkunft und eine aus Norddeutschland. Auch die Herkünfte aus Nordeuropa und Russland schnitten recht gut ab (Abb. 13). Gleichzeitig verdeutlicht die Grafik aber auch, dass durch die Vorverlegung des Erntetermins in den letzten beiden Projektjahren eine deutliche Erhöhung der Methanausbeuten im Vergleich zu 2010 erzielt werden konnte.

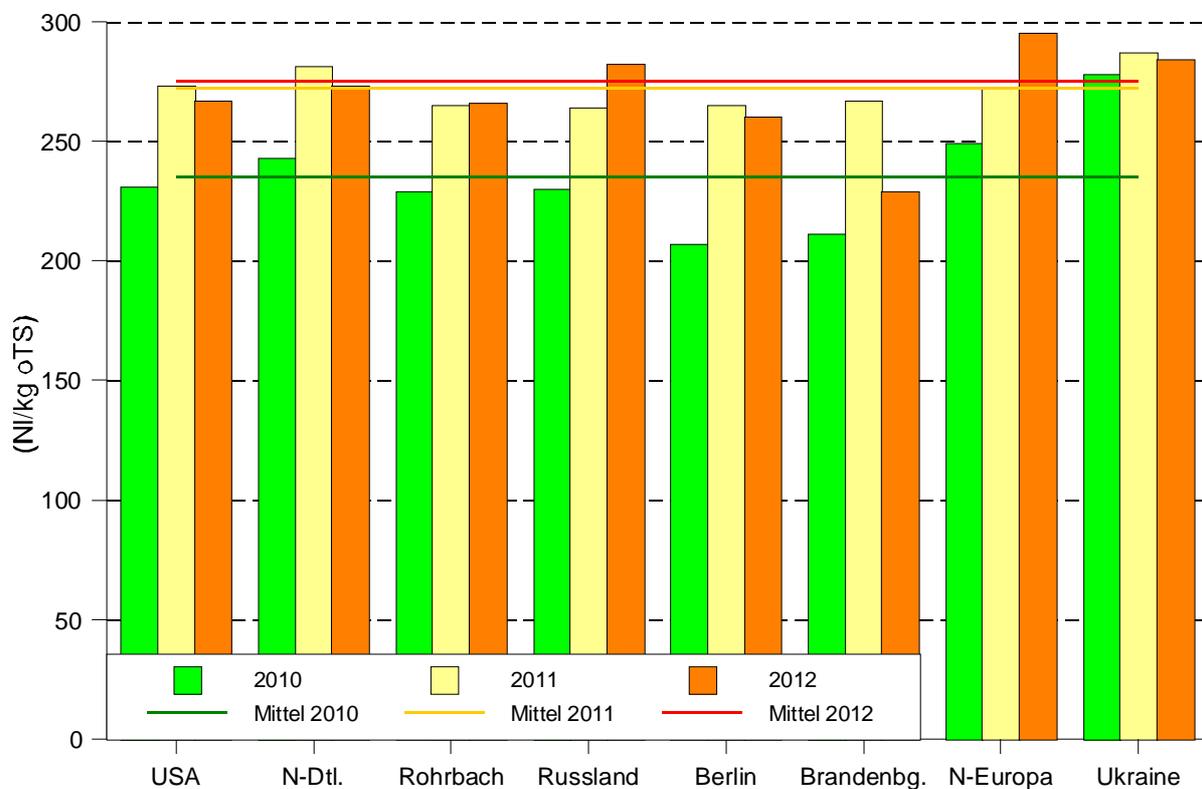


Abbildung 13: Methanausbeute (HBT) aller geprüften Silphie-Herkünfte (unterschiedliche Anlagejahre) VS Dornburg 2010 bis 2012

Aus Biomassertrag und Methanausbeute wurde der theoretische Methanertrag je Flächeneinheit berechnet (Abb. 14).

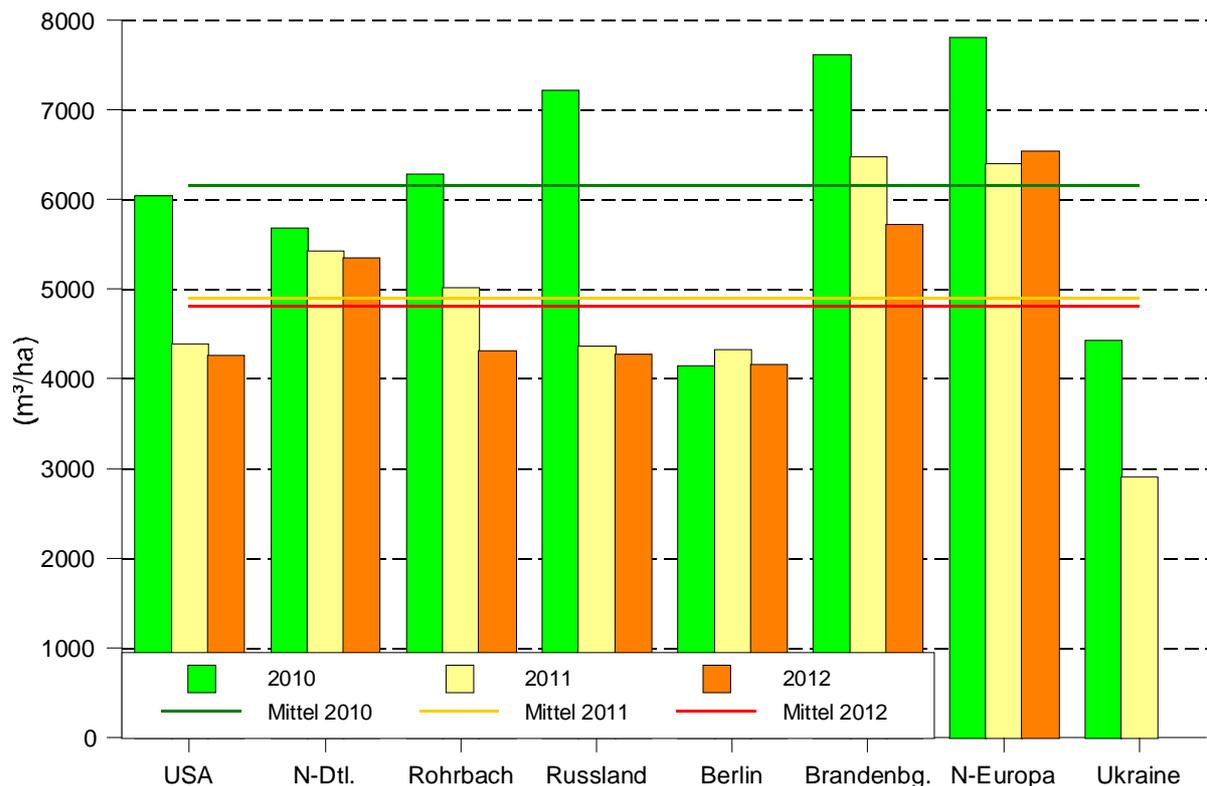


Abbildung 14: Methanertrag aller geprüften Silphie-Herkünfte (unterschiedliche Anlagejahre) VS Dornburg 2010 bis 2012

Die Herkünfte aus Brandenburg und Nordeuropa schnitten bezüglich dieses Merkmals am besten ab, was eher durch den hohen Biomasseertrag als durch die Methanausbeute begründet ist. Aber auch die Herkunft aus Rohrbach lag in ersten beiden Jahren über dem Mittel und die russische Herkunft konnte zumindest 2010 überzeugen. Allerdings ist bei der Betrachtung und dem Vergleich der Ergebnisse der Herkünfte nochmals darauf zu verweisen, dass diese in unterschiedlichen Versuchen und Anlagejahren standen. Trotzdem weisen die Werte, trotz der Heterogenität des Materials, darauf hin, dass genetisch bedingte Unterschiede im Gasbildungspotenzial der Akzessionen bestehen.

In 2012 erfolgten im Erntegut Analysen des Zuckergehaltes. Es zeigte sich, dass die Höhe der Methanausbeute der einzelnen Chargen recht gut mit dem Gehalt an Gesamtzucker übereinstimmte. Lediglich eine Probe der Herkunft aus Nordeuropa fiel völlig heraus (Abb. 15). Bei Ausschluss dieses Ausreißers beträgt der Korrelationskoeffizient $r = 0,97$ und ist trotz der geringen Probenzahl hochsignifikant. Hier sind weitere Untersuchungen dringend notwendig.

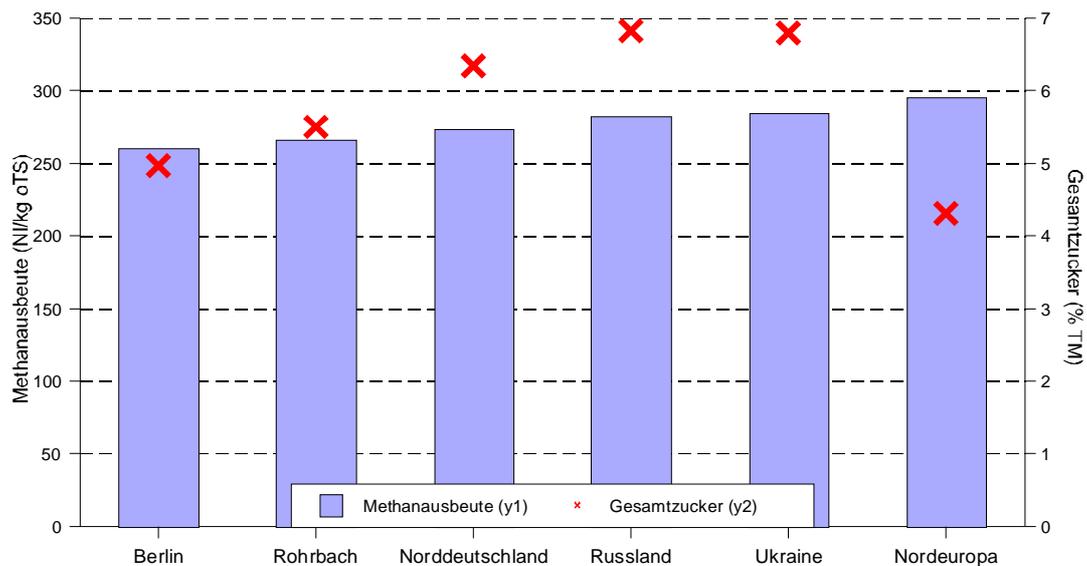


Abbildung 15: Methanausbeute und Gesamtzuckergehalt unterschiedlicher Silphieherkünfte, VS Dornburg 2012

II.1.3.3 Untersuchungen zur Methanausbeute (Durchfluss- und Batchversuche an der Universität Hohenheim)

In 2011 und 2012 wurden die verfügbaren Herkünfte auch in kontinuierlichen Versuchen und begleitend nochmals in Batchtests (HBT) in der Universität Hohenheim geprüft. Die HBT-Untersuchungen erfolgten 2011 mit der frischen Silage nach Zerkleinerung im Labormixer, um vergleichbare Bedingungen zu den kontinuierlichen Versuchen zu simulieren. Aufgrund des somit relativ heterogenen Probenmaterials traten zwischen den Wiederholungen der einzelnen Herkünfte sehr große Unterschiede in der Methanausbeute auf, was sich in Variationskoeffizienten von bis zu 7,2 % widerspiegelte. Die Werte der Hohenheimer Untersuchungen lagen mit 229 NI/kg oTS deutlich unter den im TLL-Labor durchgeführten Analysen und auch die Rangfolge der Herkünfte unterschied sich gravierend von den TLL-Untersuchungen. Beispielhaft sei hier die ukrainische Herkunft genannt, die in der TLL immer am besten, in Hohenheim im HBT jedoch am schlechtesten abschnitt.

Die gleichen Silagen kamen auch in den Durchflussversuchen zum Einsatz. Dabei war in den ersten zwei bis drei Versuchswochen eine relativ stabile Phase mit gleichmäßiger Methanproduktion zu verzeichnen. Danach traten wegen der Faserstruktur des Probenmaterials erhebliche Betriebsstörungen auf und es konnten keine befriedigenden Daten mehr erhoben werden. Aufgrund dessen resultieren die gewonnenen absoluten Werte aus einem recht kurzen, kaum repräsentativen Zeitraum und sind wenig belastbar. Deshalb wird nachfolgend auf die Darstellung dieser Werte verzichtet und lediglich ein Vergleich der Relativwerte mit den Ergebnissen der Batchversuche vorgenommen (Abb. 16).

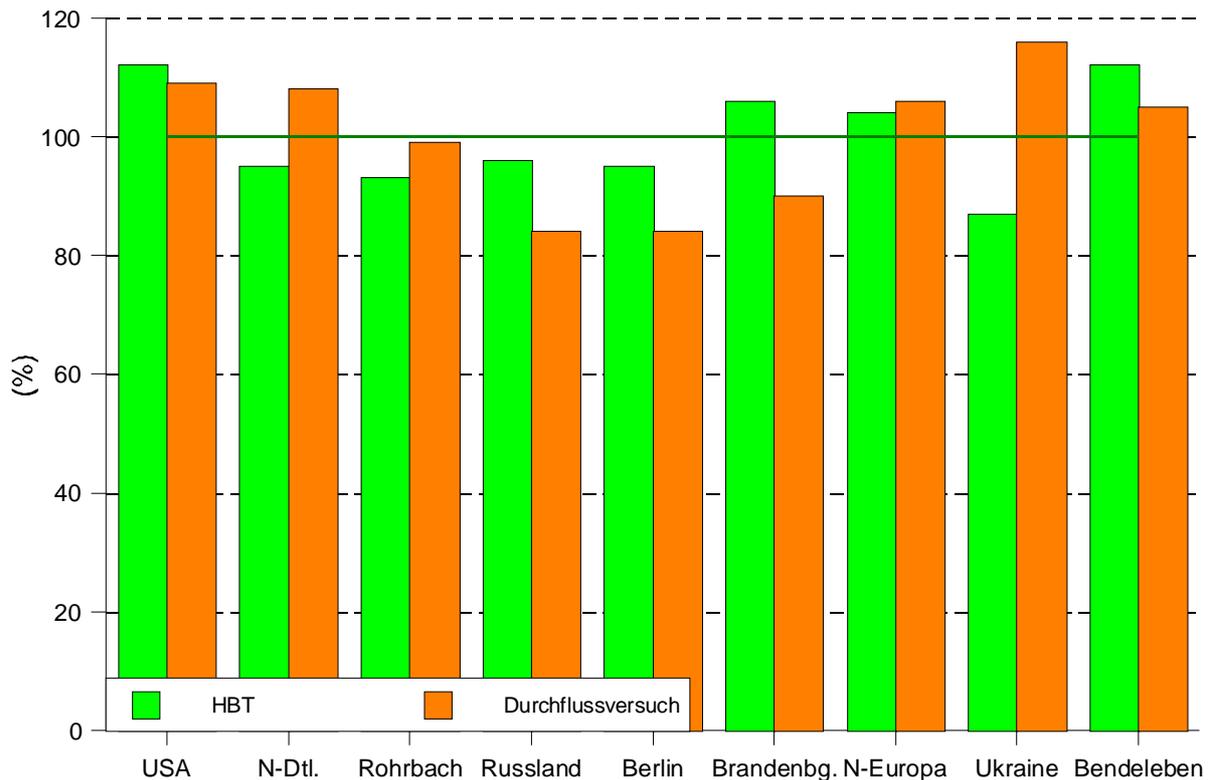


Abbildung 16: Relative Methanausbeute in Batch- und Durchflussversuchen aller geprüften Silphie-Herkünfte (unterschiedliche Anlagejahre), Untersuchung Universität Hohenheim

Bei Betrachtung der Abbildung ist klar erkennbar, dass die in den Batch- und Durchflussversuchen mit dem gleichen Probenmaterial erzielten Ergebnisse kaum vergleichbar waren. Gleichzeitig ist aber eine gute Übereinstimmung der Relativwerte der Durchflussversuche mit den Jenaer HBT-Werten zu verzeichnen. Die dort im oberen Bereich rangierenden Herkünfte aus der Ukraine, Norddeutschland, Nordeuropa, den USA und Bendeleben lagen auch im Durchflussversuch deutlich über 100 %.

In 2012 wurden die Untersuchungen wiederholt, wobei bei der Silierung auf eine gleichmäßig feine Zerkleinerung des Probenmaterials geachtet worden ist, um den störungsfreien Ablauf der kontinuierlichen Versuche zu gewährleisten. Als Hilfsmittel kam bei der Silierung in den 120 l Fässern BIO-SIL zum Einsatz. Für den Durchflussversuch wurden Fermenter mit 20 l Gesamt- und 16 l Arbeitsvolumen in zweifacher Wiederholung je Herkunft verwendet. Bei einer Gärtemperatur von 40 °C verblieb das Material 44 Tage im Fermenter, wobei täglich eine Zugabe von 134 g Silphiesilage und 227 g Nachgärssubstrat erfolgte. Der Versuch begann mit einer Einlaufphase vom 25.01. bis 12.02.2013, in der die Futtermengen verdoppelt wurden, um den Anteil der Silphie im Fermenter schneller zu erhöhen. Dem schloss sich der stationäre Betrieb bis zum 25.03.2013 bei konstanten Bedingungen an. Die angegebenen Mittelwerte zur Methanausbeute beziehen sich auf diese Phase. Um den Verlust von Säuren und Alkohol bei der Trocknung zu berücksichtigen, sind die oTS-Werte der frischen Silphie korrigiert worden.

Es zeigte sich, dass nach der Einlaufphase relativ gleichbleibende Gasausbeuten über die gesamte Laufzeit des stationären Betriebes zu verzeichnen waren und auch die beiden Wiederholungen der Chargen dicht beieinander lagen. Beispielhaft ist das in Abbildung 17 für die ukrainische Herkunft dargestellt.

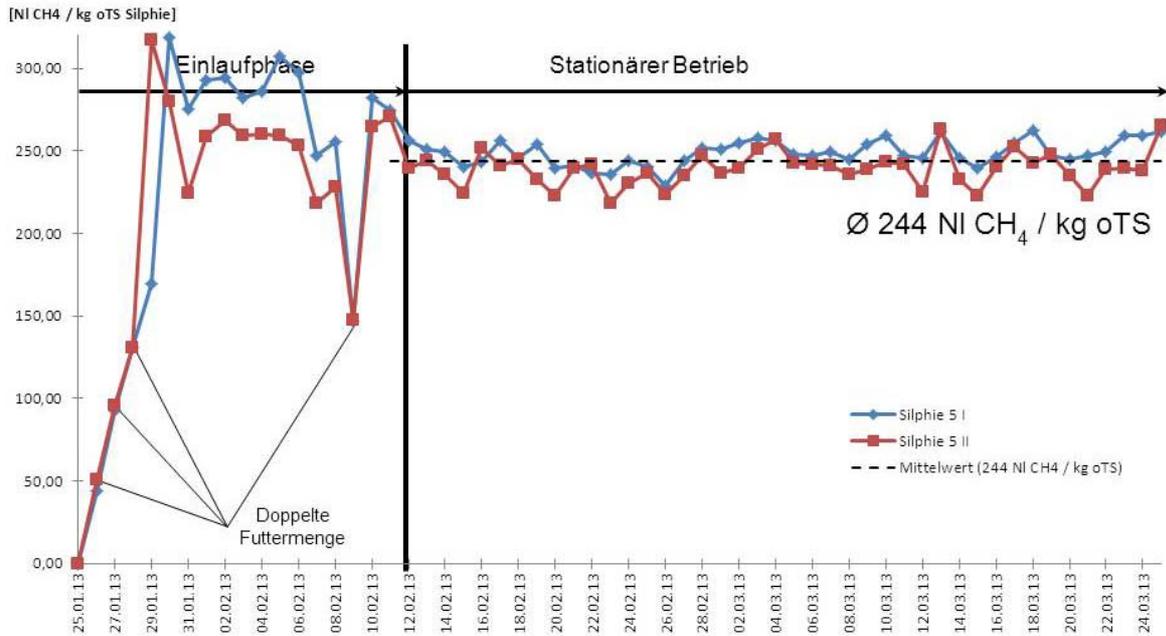


Abbildung 17: Spezifischer Methanertrag einer ukrainischen Herkunft im Durchflussversuch, Universität Hohenheim 2013

Insgesamt bestanden zwischen den Herkünften deutliche Unterschiede in den Methanausbeuten. Die höchsten Werte wies, wie bereits bei den Untersuchungen im HBT in der TLL, die ukrainische Herkunft mit 244 NI/kg oTS auf. Mit etwa 5 % niedrigeren Methanausbeuten folgten die Herkünfte aus Russland und den USA, gefolgt von den drei Akzessionen aus Norddeutschland, Rohrbach und Nordeuropa, die wiederum 5 % darunter lagen. Den niedrigsten Wert erreichte die Brandenburger Herkunft mit 212 NI/kg oTS (Abb. 18).

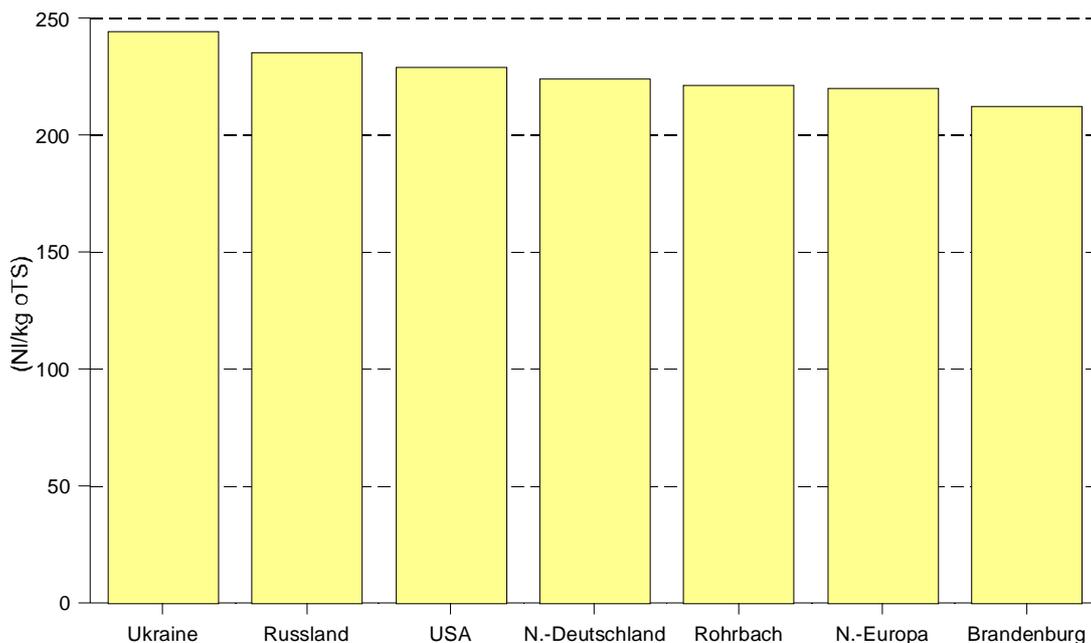


Abbildung 18: Methanausbeuten unterschiedlicher Silphie-Herkünfte im Durchflussversuch, Universität Hohenheim 2013

Bei den vergleichenden Untersuchungen im HBT kam zum einen frische Silage aus dem im Durchflussversuch verwendeten Material zum Einsatz. Zum anderen wurden Proben dieser Silagen bei 60 °C getrocknet und vermahlen sowie das identische Material der HBT-Versuche aus dem Labor der TLL eingesetzt, das aus der Silierung von Erntegut in 2 l-Gläsern stammte.

Im Mittel der drei Chargen wies die Herkunft aus Russland die höchste Methanausbeute mit 262 NI/kg oTS auf, dicht gefolgt von den Herkünften aus Norddeutschland mit 260 NI/kg oTS und der Ukraine mit 258 NI/kg oTS. Dabei lagen, mit Ausnahme der nordeuropäischen Herkunft alle untersuchten Proben im Bereich von 6 % Abweichung (Tab. 19).

Tabelle 19: Methanausbeuten (NI/kg oTS) unterschiedlicher Silphie-Herkünfte in Abhängigkeit von der Probenvorbereitung im Batchversuch (HBT, Universität Hohenheim 2013)

Herkunft	x̄	Methanausbeute (NI/kg oTS)			Standardabweichung (%)
		Frisch siliert	Siliert, getrocknet (Hohenheim)	Siliert, getrocknet (TLL)	
Russland	262	250	269	265	3,8
N.-Deutschland	260	265	265	250	3,4
Ukraine	258	265	256	254	2,2
USA	252	264	251	240	4,8
Brandenburg	245	248	252	235	3,6
Rohrbach	245	240	253	242	2,9
N.-Europa	245	233	222	279	12,2

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse von Durchfluss- und Batchversuchen ergibt eine durchschnittliche Abweichung der Werte von 10 %, die durch das Restgaspotenzial des Gärrestes aus dem Durchflussversuch zu erklären ist.

Beim Vergleich der Werte Batchversuche aus dem TLL-Labor und der Universität Hohenheim fällt auf, dass die in der TLL ermittelten Methanausbeuten um 5 % bis 20 % über denen der Universität Hohenheim liegen. Eine Ausnahme bildet lediglich die Herkunft Brandenburg, deren Werte in Hohenheim die von Jena übertrafen (Abb. 19).

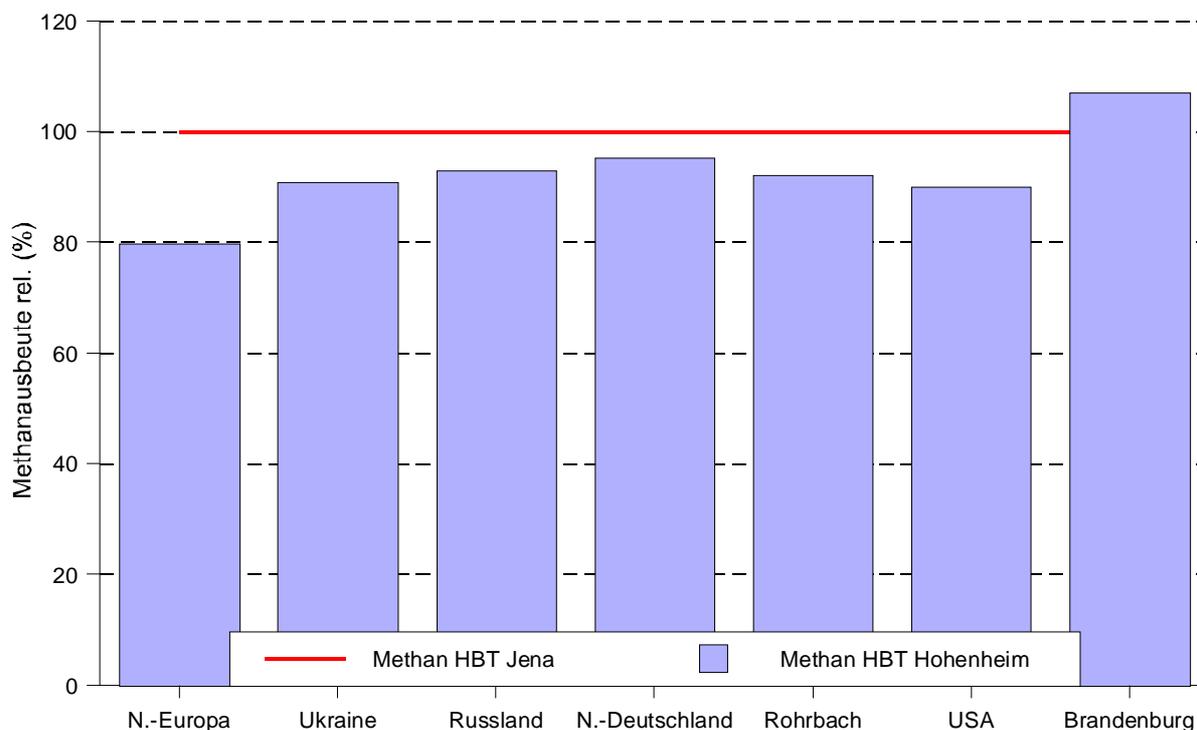


Abbildung 19: Vergleich der im TLL-Labor und der Universität Hohenheim an identischem Probenmaterial bestimmten Methanausbeuten

II.1.4 Prüfung unterschiedlicher Silphiearten

Neben unterschiedlichen Herkünften von *Silphium perfoliatum* kamen 2008 auch zwei weitere Arten der Silphie, *Silphium trifoliatum* und *Silphium lacinatum*, in Dornburg zum Anbau. Die Prüfung erfolgte im Vergleich zu einer Herkunft der Durchwachsenen Silphie aus Brandenburg. Beide Arten wiesen im ersten Erntejahr 2009 signifikant niedrigere Erträge auf als die Durchwachsene Silphie. Dies setzte sich in 2010 fort (Tab. 20).

Tabelle 20: Wuchshöhe und Biomasseertrag unterschiedlicher Arten bzw. Herkünfte der Silphie, VS Dornburg 2009 und 2010

Art bzw. Herkunft	Wuchshöhe (cm)		TM-Ertrag (dt/ha)	
	2009	2010	2009	2010
<i>Silphium trifoliatum</i> , Nordamerika	230	226	124,2	155,9
<i>Silphium perfoliatum</i> , Brandenburg	260	277	262,5	361,0
<i>Silphium lacinatum</i> , Norddeutschland	285	299	73,3	133,8
GD t, 5 %	n. b.	36,4	82,3	106,3

Auch bezüglich der anbautechnischen Eignung zeigten beide Arten Defizite. So schlossen die Pflanzen die Bestände auch im 2. und 3. Anbaujahr nicht vollständig, Probleme mit dem Durchwuchs von Unkräutern waren die Folge. Zudem ist *Silphium lacinatum* extrem lageranfällig. In beiden Jahren brachen die Stängel während der Blüte um, was zu Ernteverlusten und starken Verschmutzungen im Erntegut führte.

Hinsichtlich der Asche- und Ligningehalte unterschieden sich die drei *Silphium*-Arten relativ geringfügig voneinander, lediglich der ADF-Gehalt von *Silphium lacinatum* lag signifikant unter dem der anderen beiden Arten (Tab. 21). Allerdings schlug dieser niedrige Wert nicht in hohen Methanausbeuten im HBT nieder. Hier erreichte *Silphium lacinatum* nur 218,5 NI/kg oTS. *Silphium trifoliatum* schnitt mit 204 NI/kg oTS noch schlechter ab.

Tabelle 21: Asche-, Lignin- und ADF-Gehalt (% TM) unterschiedlicher Arten bzw. Herkünfte der Silphie, VS Dornburg 2010

Art bzw. Herkunft	Aschegehalt	Ligningehalt	ADF
<i>Silphium trifoliatum</i> , Nordamerika	9,7	8,1	48,9
<i>Silphium perfoliatum</i> , Brandenburg	11,4	8,6	48,8
<i>Silphium lacinatum</i> , Norddeutschland	11,1	10,2	31,8
GD t, 5 %	1,2	1,1	16,3

Da die beiden geprüften *Silphium*-Arten sowohl in ertraglicher als auch in anbautechnischer Hinsicht nicht mit der Durchwachsenen Silphie konkurrieren konnten und bezüglich der Inhaltsstoffe auch nicht überzeugten, wurde der Versuch nach der Ernte 2010 abgebrochen.

II.1.5 Prüfung unterschiedlicher Bestandesdichten

Bei der Bestandesetablierung durch Pflanzung machen die Pflanzgutkosten einen Großteil der im Anlagejahr entstehenden Gesamtkosten aus. Deshalb wurde seit 2007 in einem zweiortigen Versuch geprüft, ob es möglich ist, die Bestandesdichte von den gegenwärtig empfohlenen 40.000 Pfl./ha auf 26.700 bzw. 17.800 Pfl./ha zu reduzieren. Dazu kamen Pflanzvarianten im Abstand von 50 x 50 cm, 50 x 75 cm und 75 x 75 cm in Dornburg und Großenstein zur Prüfung.

In 2010 erfolgte die Ernte am 16.09. (Dornburg) bzw. 23.09. (Großenstein) bei optimalen TS-Gehalten für eine Silierung. In 2011 wurde lediglich der Versuch in Großenstein beerntet. Die Ernte erfolgte witterungs- und technikbedingt erst Anfang Oktober mit TS-Gehalten von 36 bis 43 % und damit viel zu spät (Tab. 22).

Tabelle 22: TS-Gehalt von Durchwachsener Silphie in Abhängigkeit vom Standraum VS Dornburg und VS Großenstein 2008 bis 2011

Pflanzvariante	2008		2009		2010		2011
	Dornburg	Großenstein*	Dornburg	Großenstein	Dornburg	Großenstein	Großenstein
50 x 50 cm	28,0	33,4	25,6	n. b.	24,4	26,7	38,2
50 x 75 cm	27,4	33,8	26,8	n. b.	25,2	23,3	36,5
75 x 75 cm	28,2	34,2	25,7	n. b.	25,1	28,7	43,6
\bar{x}	27,9	33,8	26,0	-	24,9	26,2	39,4

* Noternte wegen starkem Sclerotiniabefall

Im ersten Projektjahr 2010 lagen die Erträge der beiden Standorte auf ähnlich hohem Niveau, wobei in Dornburg noch etwas mehr geerntet wurde. Zwischen den Varianten traten in Dornburg, wie bereits 2009, keine Unterschiede auf. In Großenstein schnitt der Pflanzabstand von 50 x 75 cm signifikant schlechter ab als die enger bzw. weiter gepflanzten Varianten. Eine Erklärung hierfür kann wegen der fehlenden Werte des Vorjahres und der beeinträchtigten Ertragserfassung durch Sclerotiniabefall in 2008 nicht gegeben werden. Im Folgejahr wurde in Großenstein wesentlich weniger geerntet als 2010, was hauptsächlich durch den bei der Abreife der Pflanzen einsetzenden Blattfall zu begründen ist. Die Erträge der Varianten unterschieden sich jedoch im Gegensatz zum Vorjahr nicht voneinander (Tab. 23).

Tabelle 23: TM-Ertrag von Durchwachsener Silphie in Abhängigkeit vom Standraum VS Dornburg und VS Großenstein 2008 bis 2011

Pflanzvariante	2008		2009		2010		2011
	Dornburg	Großenstein*	Dornburg	Großenstein	Dornburg	Großenstein	Großenstein
50 x 50 cm	180,0	131,7	205,9	n. b.	231,6	208,5	136,4
50 x 75 cm	179,0	151,6	206,0	n. b.	238,3	173,6	130,8
75 x 75 cm	236,4	144,6	206,8	n. b.	228,2	203,0	132,4
\bar{x}	198,5	142,6	206,2	-	232,7	195,0	133,2
GD t, 5 %	35,6	14,1	18,5	-	15,1	20,8	10,3

Noternte wegen starkem Sclerotiniabefall

In Hinblick auf die Inhaltsstoffzusammensetzung gab es 2010 ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten (Tab. 24). In 2011 wurde wegen der zu späten Ernte auf eine Bestimmung der Inhaltsstoffgehalte verzichtet.

Tabelle 24: Einfluss der Bestandesdichte auf Asche- und Ligningehalt sowie ADF von Durchwachsener Silphie, VS Dornburg und VS Großenstein 2010

Pflanzvariante	Dornburg			Großenstein		
	Aschegehalt (% TM)	Ligningehalt (% TM)	ADF (% TM)	Aschegehalt (% TM)	Ligningehalt (% TM)	ADF (% TM)
50 x 50 cm	12,5	6,9	45,2	11,2	8,0	46,6
50 x 75 cm	10,0	7,2	45,6	12,0	7,3	45,0
75 x 75 cm	10,7	7,6	44,9	10,9	7,8	46,1
\bar{x}	11,1	7,2	45,2	11,4	7,7	45,9
GD t, 5 %	1,5	0,7	3,3	1,0	0,8	3,5

Insgesamt belegen die Versuchsergebnisse, dass hohe Silphieerträge auch bei geringeren Bestandesdichten als den gegenwärtig empfohlenen 40.000 Pfl./ha möglich sind. Dies reduziert einerseits die Pflanzgutkosten im Anlagejahr immens, führt aber auf der anderen Seite zu einem höheren Anlagerisiko. Insbesondere bei ungünstigen Bedingungen bei der Anlage, z. B. Trockenheit nach der Pflanzung, können bereits geringe Pflanzenverluste zu lückigen Beständen führen. Generell ist der Aufwand für die Pflege im Anpflanzjahr bei niedrigeren Bestandesdichten, aufgrund der längeren Zeitspanne von der Pflanzung bis zu Bestandesabschluss, immer höher.

Da die Versuchsfragestellung als abgeschlossen zu betrachten war, wurden die Versuche nach der Ernte 2011 beendet.

II.1.6 Anbau unter Deckfrucht

Eine weitere Möglichkeit Kosten zu sparen bzw. einen Erlös im Anlagejahr zu erzielen, besteht im Anbau der Silphie unter Deckfrucht. Das wurde ab dem Jahr 2007 durch Pflanzung von Silphie mit nachfolgender Einsaat von Sorghumhirsen geprüft. Aufgrund der extrem feuchten Witterung im Anlagejahr entwickelte sich die Silphie unter den mit verminderter Saatstärke gesäten Hirsen sehr gut und es traten kaum Pflanzenverluste auf. Im ersten Ertragsjahr der Silphie wies die Variante ohne Deckfrucht noch einen signifikanten Mehrertrag zu den Deckfruchtvarianten auf, der aber ab dem 2. Ertragsjahr nicht mehr zu beobachten war (Tab. 25).

Tabelle 25: Wuchshöhe, TM-Ertrag und TS-Gehalt von Durchwachsener Silphie im 1. und 2. Ertragsjahr bei Pflanzung unter Deckfrucht, VS Dornburg 2008 bis 2010

Variante	Wuchshöhe (cm)			TM-Ertrag (dt/ha)			Gesamt-TM-Ertrag inkl. Deckfrucht(dt/ha) 2007 bis 2009
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	
Ohne Deckfrucht	254	309	288	152,5	163,7	236,9	553,0
Mit Deckfrucht Sudangras ‚Susu‘	188	312	286	108,0	175,0	221,0	628,5
Mit Deckfrucht Zuckerhirse ‚Friggo‘	188	315	288	106,3	201,6	227,8	623,5
GD t, 5 %	33,7	9,4	5,1	24,0	20,0	19,7	43,7

In der Summe der Silphie- und der Deckfruchterträge wiesen die Deckfruchtvarianten auch nach dem 3. Erntejahr der Silphie noch einen signifikanten Ertragsvorteil auf (Abb. 20). Dieser resultiert aus dem Ertrag der Deckfrucht im Anlagejahr und dem niedrigeren Ertrag der Silphie im ersten Erntejahr. Da sich die Silphieerträge nicht mehr voneinander unterscheiden, wurde auch dieser Versuch nach der Ernte 2010 beendet.

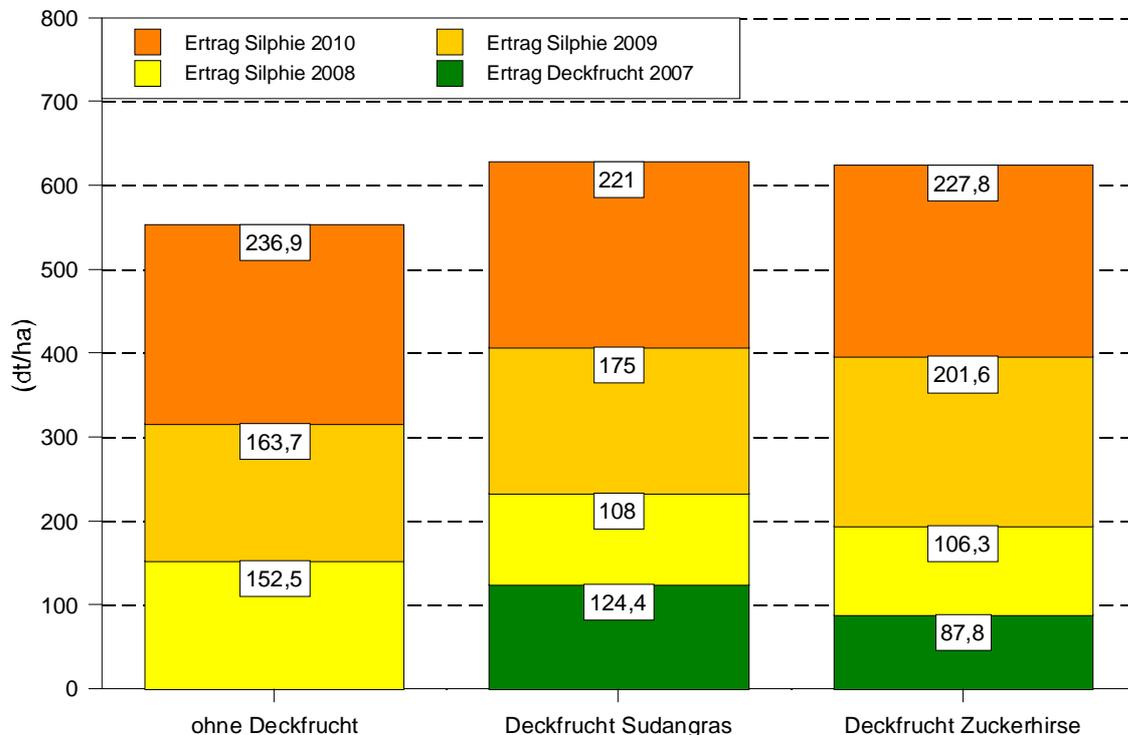


Abbildung 20: TM-Ertrag von Durchwachsener Silphie bei Pflanzung unter Deckfrucht, VS Dornburg 2007 bis 2010

Nach guten Erfolgen mit dieser Anlageform, die allerdings maßgeblich durch die feuchte Witterung 2007 bedingt waren, wurde der Versuch 2008 mit der Deckfrucht Sudangras ‚Lussi‘

wiederholt. Hierbei erfolgte jedoch die Etablierung der Silphie durch Aussaat. Der Versuch verdeutlichte dann das hohe Risiko einer derartigen Variante der Bestandesetablierung. Trockenere Witterungsverhältnisse führten zu einer verzögerten Entwicklung der Silphie und in der Folge zu lückigen Beständen mit relativ hohem Unkrautdruck auch noch im ersten und zweiten Ertragsjahr. Die als Indiz für den zu erwartenden Ertrag dienende Wuchshöhe deutet bereits an, dass die Blanksaat in den ersten beiden Jahren ein höheres Ertragsvermögen aufweist (Tab. 26). Erst im dritten Ertragsjahr glichen sich die Wuchshöhen der beiden Varianten an.

Tabelle 26: Wuchshöhe und TS-Gehalt von Durchwachsener Silphie bei Aussaat mit und ohne Deckfrucht (Sudangras ‚Lussi‘), VS Dornburg 2009 bis 2012

Variante	Wuchshöhe (cm)				TS-Gehalt (%)			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
Ohne Deckfrucht	278	305	281	280	29,0	28,9	22,4	24,9
Mit Deckfrucht	240	284	283	290	27,4	27,3	22,7	24,8
GD t, 5 %	22,3	22,3	15,5	10,1				

Dementsprechend blieb der Ertrag der Silphie in der Deckfruchtvariante sowohl im ersten als auch im zweiten Erntejahr signifikant hinter dem der Blanksaat zurück. Erst im dritten Erntejahr lagen die Varianten in ertraglicher Hinsicht auf einem Niveau (Tab. 27).

Tabelle 27: TM-Ertrag von Durchwachsener Silphie bei Aussaat mit und ohne Deckfrucht (Sudangras ‚Lussi‘), VS Dornburg 2009 bis 2012

Variante	TM-Ertrag (dt/ha)				Gesamt-TM-Ertrag inkl. Deckfrucht (dt/ha) 2008 bis 2012
	2009	2010	2011	2012	
Ohne Deckfrucht	198,8	257,8	121,9	192,2	770,7
Mit Deckfrucht	111,7	225,6	132,7	163,8	723,8
GD t, 5 %	52,6	27,4	14,9	20,3	47,4

Jedoch wurden in Summe der fünf Anbaujahre bei der Variante ohne Deckfrucht noch immer höhere Erträge realisiert (Abb. 21).

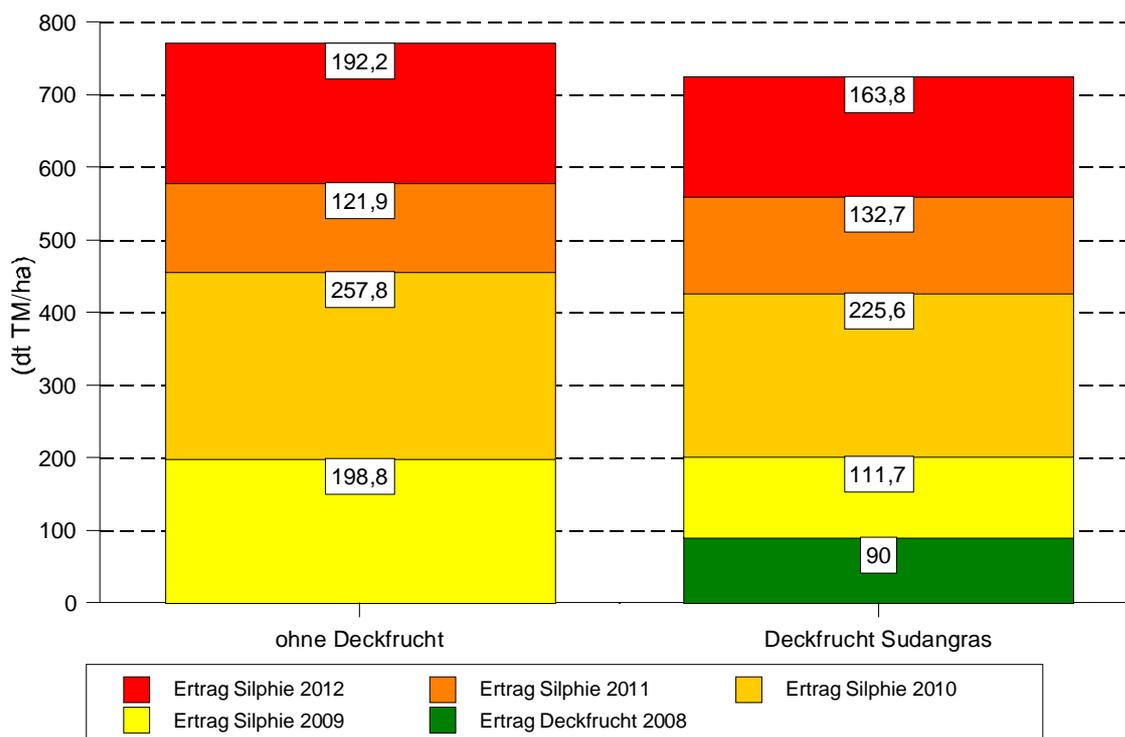


Abbildung 21: TM-Ertrag von Silphie bei Aussaat mit und ohne Deckfrucht, VS Dornburg 2008 bis 2012

Generell kann ein Anbau der Silphie unter Deckfrucht, vor allem in trockeneren Lagen bzw. bei Gefahr von Vorsommertrockenheit, nicht empfohlen werden. In Anbetracht der angestrebten langen Nutzungsdauer und der Höhe der Anlagekosten für die Durchwachsene Silphie ist ein derart hohes Risiko bei der Bestandesetablierung abzulehnen.

II.1.7 Prüfung unterschiedlicher Pflanz- bzw. Saatzeiten

Die Anlage der bisherigen Versuche erfolgte in der Regel Mitte bis Ende Mai. In dieser Zeitspanne steht in der Regel genügend Feuchtigkeit für die Pflanzen zur Verfügung. Außerdem sind in der Praxis die größten Arbeitsspitzen bewältigt und es ist Zeit für die Bereitung eines optimalen Pflanzbettes sowie die doch zeitaufwändigere Pflanzung. Für die Silphie reicht die verbleibende Vegetationszeit aus, um eine blattreiche Rosette zu bilden und den Bestand zu schließen. Damit sind die Voraussetzungen für einen hohen Ertrag im ersten Erntejahr geschaffen.

Ausgehend von der Überlegung, dass der Landwirt vor der Silphie möglicherweise eine Winterzwischenfrucht, wie Grünschnittroggen, Ganzpflanzengetreide oder auch Wintergerste anbauen könnte, wurde im folgenden Versuch geprüft, wie weit die Pflanz- bzw. Saatzeit der Silphie zeitlich zu verschieben geht, ohne im Folgejahr erhebliche Ertragseinbußen befürchten zu müssen. Ein weiterer Vorteil einer späteren Pflanzung wären die geringeren Kosten aufgrund eines geringeren Energiebedarfs bei der Jungpflanzenanzucht.

Der erste Versuch dazu kam 2009 in Dornburg mit vier Pflanz- bzw. Saatzeiten, zeitlich gestaffelt von Mitte Mai bis Mitte August, zur Anlage. Bereits im Anlagejahr zeigte sich, dass insbesondere die späten Saaten ab Mitte Juli und die letzte Pflanzung Mitte August den Bestandesschluss nicht erreichten und auch keine Rosette mehr bildeten.

Diesen Entwicklungsrückstand konnten die Pflanzen auch im ersten Erntejahr 2010 nicht aufholen. Je später die Aussaat, desto weniger Schosstriebe bildeten die Pflanzen aus (Tab. 28).

Tabelle 28: Einfluss des Pflanz- bzw. Saattermins auf die Anzahl der Schosstriebe von Durchwachsener Silphie im ersten Erntejahr (Anlage 2009), VS Dornburg 2010

Prüfglied	Pflanz- bzw. Saattermin	Variante	Pfl./Parzelle	Stängel/Pfl.
1.1	Mitte Mai	Pflanzung	56	7,3
1.2		Saat	53	6,6
2.1	Mitte Juni	Pflanzung	52	7,8
2.2		Saat	30	5,7
3.1	Mitte Juli	Pflanzung	55	5,4
3.2		Saat	52	4,3
4.1	Mitte Aug.	Pflanzung	54	2,8
4.2		Saat	72	0,3

Auch die Wuchshöhe und der Ertrag gingen kontinuierlich zurück. Insgesamt fielen die Erträge der gesäten Varianten im ersten Ertragsjahr signifikant niedriger aus als die der Pflanzvarianten. Im zweiten und dritten Ertragsjahr glichen sich die Erträge aller Varianten weitgehend an (Tab. 29), so dass jedoch in der Summe der drei Erntejahre die frühen Varianten immer noch besser abschnitten (Abb. 22).

Tabelle 29: Einfluss des Pflanz- bzw. Saattermins auf Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag von Durchwachsender Silphie im 1. bis 3. Ertragsjahr (Anlage 2009), VS Dornburg 2010 bis 2012

Prüfglied	Pflanz- bzw. Saattermin	Variante	Wuchshöhe (cm)			TM-Ertrag (dt/ha)			TS-Gehalt (%)		
			2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
1.1	Mitte Mai	Pflanzung	301	288	288	303,9	143,5	203,7	27,0	23,5	25,2
1.2		Saat	283	277	291	194,5	178,8	187,3	24,6	25,8	25,3
2.1	Mitte Juni	Pflanzung	281	289	288	286,4	185,9	194,1	24,5	28,0	25,9
2.2		Saat	261	282	290	197,8	215,4	232,7	24,7	31,2	26,2
3.1	Mitte Juli	Pflanzung	254	285	298	228,0	210,5	193,5	25,4	28,2	24,5
3.2		Saat	231	284	287	124,6	175,3	204,7	25,6	25,1	25,0
4.1	Mitte Aug.	Pflanzung	218	270	288	171,2	167,9	187,5	25,2	25,2	25,1
4.2		Saat	105	265	261	76,2	178,4	256,9	24,2	26,4	26,5
	GD t, 5 %		59,3	10,0	12,2	83,2	39,6	31,6			

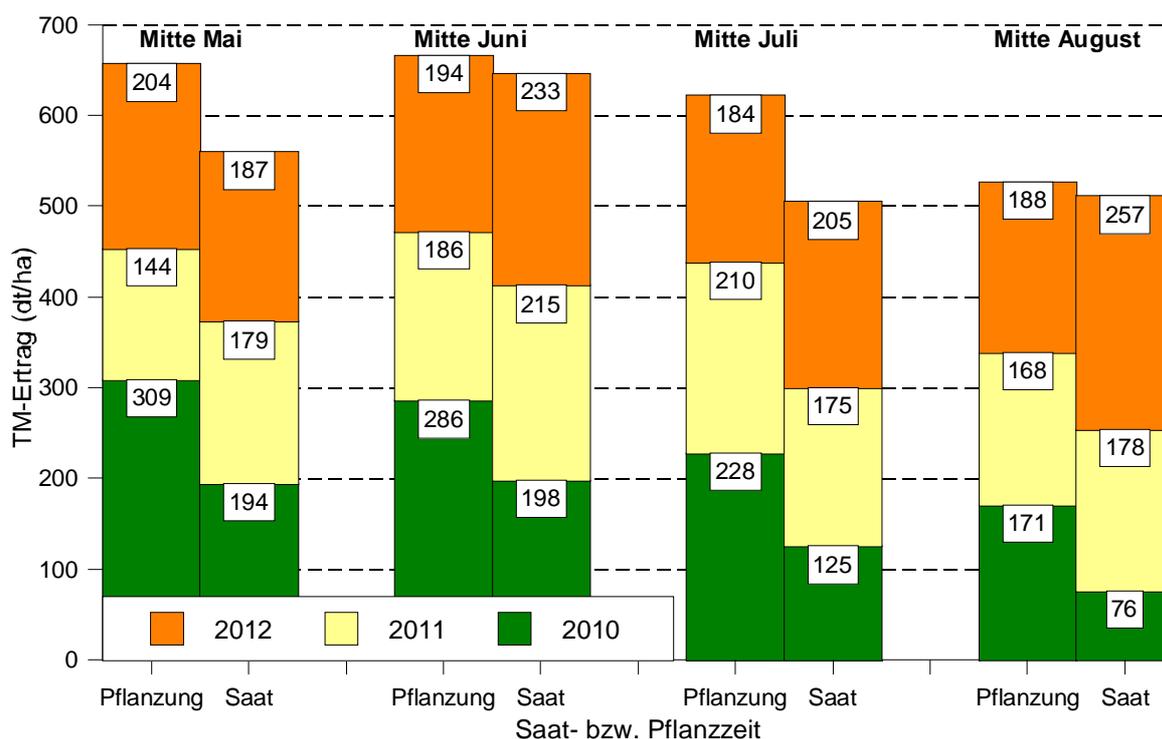


Abbildung 22: TM-Ertrag von Silphie in Abhängigkeit von der Saat- bzw. Pflanzzeit im 1. bis 3. Ertragsjahr, VS Dornburg 2010 bis 2012

Bei der Betrachtung der biogasrelevanten Inhaltsstoffe des ersten Ertragsjahres fällt auf, dass bei annähernd gleichbleibenden Aschegehalten die Lignin- und ADF-Werte der späteren Varianten niedriger ausfielen (Tab. 30). Diese Tendenz geht nicht mit dem Absinken der TS-Gehalte einher, die sich, mit Ausnahme des Prüfgebietes 1.1, zwischen 24,2 und 25,6 % bewegten. Im weiteren Versuchsverlauf wurde auf eine Inhaltsstoffuntersuchung verzichtet.

Tabelle 30: Einfluss des Pflanz- bzw. Saattermins auf Asche-, Lignin- und ADF-Gehalt (% TM) von Durchwachsender Silphie (Anlage 2009), VS Dornburg 2010

Prüfglied	Pflanz- bzw. Saattermin	Variante	Aschegehalt	Ligningehalt	ADF-Gehalt
1.1	Mitte Mai	Pflanzung	9,7	7,6	48,9
1.2		Saat	11,2	7,3	47,3
2.1	Mitte Juni	Pflanzung	12,1	8,0	49,3
2.2		Saat	10,7	9,2	57,0
3.1	Mitte Juli	Pflanzung	11,3	6,7	43,0
3.2		Saat	10,7	6,9	43,5
4.1	Mitte Aug.	Pflanzung	10,3	6,7	44,0
4.2		Saat	11,6	5,9	39,4
GD t, 5 %			1,0	1,2	6,4

Fazit des Versuches ist, dass die Silphie für eine optimale Bestandesentwicklung und einen hohen Ertrag bis spätestens Mitte Juli gepflanzt bzw. bis Mitte Juni gesät werden müsste. Bei späterer Pflanzung oder Saat sinken die Erträge im Folgejahr gravierend ab oder die Bestände schossen nur unvollständig und ein Erntejahr geht nahezu verloren.

Zur Bestätigung der erhaltenen Ergebnisse ist der Versuch 2010 an zwei Orten nochmals, allerdings mit nur drei Pflanz- bzw. Saatzeiten von Mitte Mai bis Mitte Juli, angelegt worden. Wie bereits vorab erwähnt, war die Witterung für die Silphieaussaat 2010 nicht optimal. Im Mai behinderten permanente Niederschläge Saatbettbereitung und Aussaat, im Juni liefen die Pflanzen durch die dann herrschende Trockenheit verzögert auf, so dass der Aufgang fast zeitgleich mit der Julisaat erfolgte. Das nasskalte Wetter ab August förderte die Pflanzenentwicklung ebenfalls nicht. Im Ergebnis erreichte nur die Mitte Mai gepflanzte Variante an beiden Orten bis zum Vegetationsende den vollständigen Bestandesschluss, gefolgt von der Saatvariante zur gleichen Zeit mit ca. 80 % Deckungsgrad (Tab. 31). Alle anderen Prüfglieder entwickelten sich recht zögerlich und wiesen eine geringe Konkurrenzskraft gegenüber Unkräutern auf. Beim Vergleich des Versuches mit dem des Vorjahres ist festzustellen, dass die 2010 im Juli angelegten Prüfglieder in ihrer Entwicklung etwa den Pflanzen der Augustvarianten 2009 entsprachen.

Tabelle 31: Einfluss des Pflanz- bzw. Saattermins auf Wuchshöhe und Deckungsgrad zu Vegetationsende von Durchwachsener Silphie (Anlage 2010), VS Dornburg und VS Großenstein 2010

Prüfglied	Pflanz- bzw. Saattermin	Variante	Pfl./Parzelle		Deckungsgrad (%)		Wuchshöhe (cm)	
			Dornburg	Großenstein	Dornburg	Großenstein	Dornburg	Großenstein
1.1	Mitte Mai	Pflanzung	54	60	98	100	35	37
1.2		Saat	68	64	84	82	35	34
2.1	Mitte Juni	Pflanzung	53	60	44	48	25	30
2.2		Saat	88	107	18	24	11	11
3.1	Mitte Juli	Pflanzung	54	60	50	52	10	9
3.2		Saat	200	184	23	21	7	7

Eine erste Bonitur nach Winter ergab, dass die starken Kahlfröste im Februar auch die schwach entwickelten Pflanzen nicht schädigten und keine Pflanzenverluste aufgetreten sind.

Der unterschiedliche Entwicklungsstand der Pflanzen vor Winter spiegelte sich in den Erträgen des ersten Erntejahres nur teilweise wider. Die niedrigeren Erträge in Großenstein sind wiederum mit zu später Ernte und daraus resultierend hohen Blattverlusten zu erklären. Der Versuch wurde nach der ersten Ernte an diesem Standort beendet. Im zweiten Ertragsjahr lagen in Dornburg alle Varianten auf einem Level (Tab. 32).

Tabelle 32: Einfluss des Pflanz- bzw. Saattermins auf Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag von Durchwachsener Silphie im 1. und 2. Ertragsjahr (Anlage 2010), VS Dornburg 2011 und 2012, VS Großenstein 2011

Prüfglied	Pflanz- bzw. Saattermin	Variante	Wuchshöhe (cm)			TS-Gehalt (%)			TM-Ertrag (dt/ha)		
			Dornburg		Großenstein	Dornburg		Großenstein	Dornburg		Großenstein
			2011	2012	2011	2011	2012	2011	2011	2012	2011
1.1	Mitte Mai	Pflanzung	284	286	193,8	29,5	25,9	32,6	165,5	228,0	118,4
1.2		Saat	272	300	187,8	26,0	24,7	30,3	154,7	259,8	96,9
2.1	Mitte Juni	Pflanzung	272	294	198,8	32,2	26,4	37,9	177,4	249,9	139,9
2.2		Saat	261	295	184,5	29,8	22,7	33,0	131,3	214,6	96,1
3.1	Mitte Juli	Pflanzung	254	291	192,0	28,3	24,5	36,0	139,0	257,0	125,7
3.2		Saat	208	284	175,5	26,9	25,2	37,4	151,8	272,6	112,8
	GD t, 5 %		27,4	9,5	9,6				29,9	41,1	20,0

Auch in der Summe der Erträge des ersten und zweiten Erntejahres traten zwischen den Terminen keine signifikanten Unterschiede auf. Interessant war, dass die Saatvarianten in der Ertragshöhe den gepflanzten Prüfgliedern ebenbürtig waren (Abb. 23).

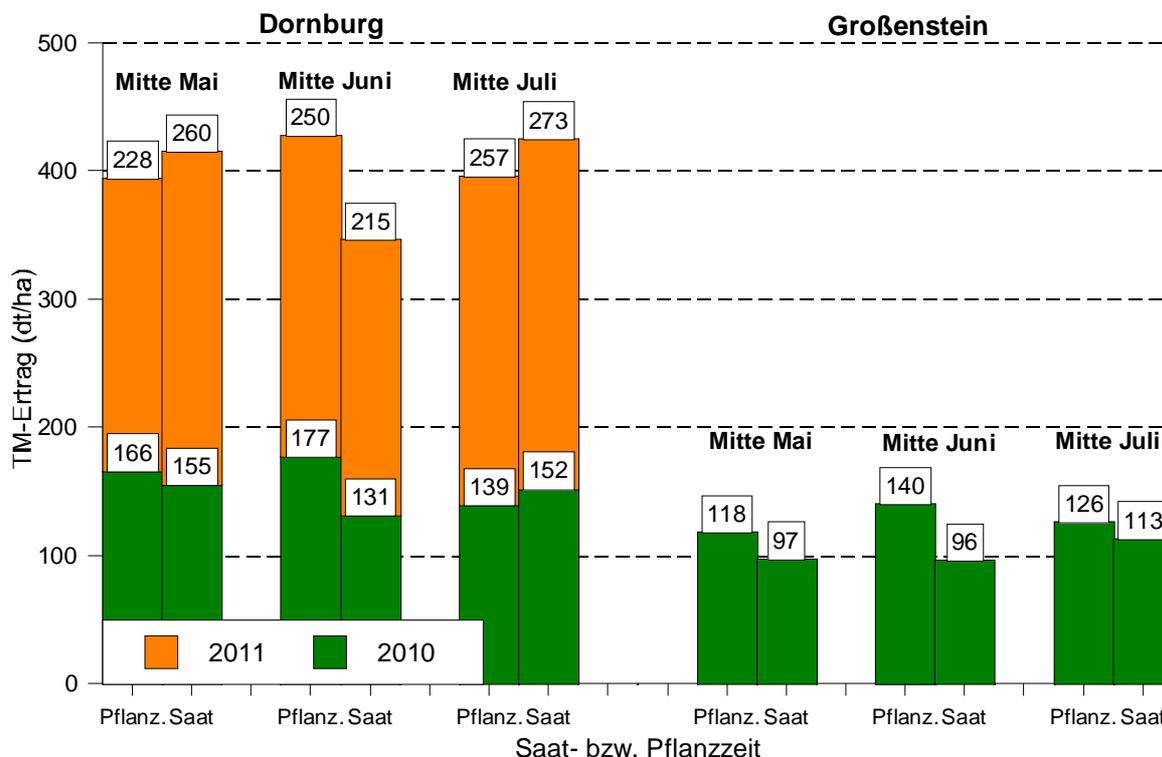


Abbildung 23: TM-Ertrag von Silphie in Abhängigkeit von der Saat- bzw. Pflanzzeit im 1. und 2. Ertragsjahr, VS Dornburg 2011 und 2012, VS Großenstein 2011

Bei Betrachtung der Inhaltsstoffgehalte fällt auf, dass die Ligningehalte in Großenstein, trotz der späten Ernte, in 2011 auf etwa dem gleichen Niveau liegen wie in Dornburg. Lediglich die ADF-Gehalte waren deutlich höher (Tab. 33). Ein Einfluss des Saat- bzw. Pflanztermins war allerdings nicht zu verzeichnen.

Tabelle 33: Einfluss des Pflanz- bzw. Saattermins auf Asche-, Lignin- und ADF-Gehalt (% TM) von Durchwachsener Silphie im 1. und 2. Ertragsjahr (Anlage 2010), VS Dornburg 2011 und 2012, VS Großenstein 2011

Prüfglied	Pflanz- bzw. Saattermin	Variante	Aschegehalt			Ligningehalt			ADF-Gehalt		
			Dornburg		Großenstein 2011	Dornburg		Großenstein 2011	Dornburg		Großenstein 2011
			2011	2012		2011	2012		2011	2012	
1.1	Mitte Mai	Pflanzung	11,6	11,9	11,0	9,2	7,7	7,2	45,8	45,2	48,8
1.2		Saat	11,8	12,0	11,8	9,6	6,8	7,9	46,5	43,3	51,6
2.1	Mitte Juni	Pflanzung	12,5	13,3	10,3	8,6	8,0	8,5	45,5	47,1	54,1
2.2		Saat	13,1	12,7	11,9	6,9	9,8	7,9	43,2	45,2	50,5
3.1	Mitte Juli	Pflanzung	12,3	11,5	9,6	8,1	8,3	9,2	45,5	46,1	52,7
3.2		Saat	13,6	10,6	10,3	6,8	7,8	8,4	41,2	46,4	52,2

Tendenziell bestätigte der 2010 angelegte Versuch die Ergebnisse des Vorjahres und unterstreicht, dass eine Anlage von Silphiebeständen nicht später als Mitte Juli erfolgen sollte.

In 2012 wurde nun geprüft, ob die Aussaat von Silphie nach den Winterzwischenfrüchten Futter-/Grünschnittroggen, Landsberger Gemenge und Wintertriticale (Ganzpflanze) möglich ist und wie sich die Vorrucht auf die Bestandesetablierung und letztlich den Ertrag auswirkt.

Dazu kam die Silphie nach den o. g. Winterzwischenfrüchten in zwei Saatstärken, einmal mit einem Ablageabstand von 8 cm (25 Samen/m²) und einmal mit 16 cm (12 Samen/m²), zur Aussaat. Die Ernte von Futterroggen und Landsberger Gemenge erfolgte zeitgleich am 10.05.2012, die Aussaat der Silphie nach entsprechender Bodenbearbeitung und Saatbettbereitung am 14.05.2012. Parallel dazu wurde ohne vorherige Winterzwischenfrucht gesät sowie eine Pflanzvariante etabliert. Die Ernte des Wintertriticale (Ganzpflanze) erfolgte ca. zwei Wochen nach den anderen Zwischenfrüchten und die Silphiesaat entsprechend am 29.05.2012. Zum ersten Saattermin war der Boden noch leicht feucht und in einem guten Zustand. Allerdings folgte dann eine ca. zweiwöchige Trockenperiode mit hohen Temperaturen, die zu einer starken Austrocknung der oberen Bodenschicht führte. Infolgedessen war der Aufgang der Silphie zum früheren Saattermin generell unbefriedigend. Nach der Aussaat der Silphie nach Wintertriticale fielen reichlichere Niederschläge, so dass hier ein etwas zügigerer und besserer Aufgang zu verzeichnen war, wenngleich auch hier die Feldaufgangsrate nicht befriedigen konnte (Tab. 34).

Tabelle 34: Pflanzenzahlen und Feldaufgangsrate von Durchwachsener Silphie bei Anbau nach Winterzwischenfrucht, VS Dornburg 2012

Prüfglied	Winterzwischenfrucht	Ablageabstand (cm)	Aussaattermin	Pflanzen/Parz.	Felddaufgangsrate (%)
Pflanzung	Ohne	50 x 50 cm	14.05.	53	-
1.1	Ohne	8	14.05.	39	11,6
1.2		16	14.05.	29	17,2
2.1	Wi.-Triticale-Ganzpflanze	8	29.05.	48	14,3
2.2		16	29.05.	23	13,6
3.1	Futterroggen	8	14.05.	25	7,5
3.2		16	14.05.	14	8,3
4.1	Landsberger Gemenge	8	14.05.	13	3,9
4.2		16	14.05.	13	7,7

Die schlechtesten Werte wies die Variante nach Landsberger Gemenge auf. Während das Saatbett nach den Getreidearten durchaus den Anforderungen der Silphie genügte, war es bei diesem Prüfglied nicht gelungen, das ausgedehntere Wurzelsystem der Futtermischung gründlich zu zerkleinern. Infolgedessen war das Saatbett recht inhomogen, klutig und mit Wurzelballen durchsetzt, so dass es kaum für die Aussaat einer anspruchsvollen Kultur geeignet war. Im weiteren Jahresverlauf entwickelten sich die Pflanzen in dieser Variante auch am schlechtesten weiter, wobei dies vor allem auf den starken Durchwuchs der Winterzwischenfrucht, der mit den von der Silphie tolerierten Herbiziden nicht bekämpfbar war, zurückgeführt werden kann. Auch eine maschinelle Hacke war wegen der unverrotteten Wurzelrückstände nicht möglich. Die anderen gesäten Prüfglieder entwickelten sich relativ gleichmäßig, blieben aber deutlich hinter der Pflanzung zurück. Der nur geringfügige Durchwuchs der Getreidevorfrüchte, Futterroggen und Wintertriticale, ließ sich gut bekämpfen. Allerdings erreichte keine der Saatvarianten zur Bonitur Ende September den Bestandeschluss, was auf die geringen Bestandesdichten zurückzuführen ist (Tab. 35). Nach der Abschlussbonitur im Herbst wurde der Versuch umgebrochen.

Tabelle 35: Bestandeshöhe, Wuchshöhe, Blattzahl und Deckungsgrad von Durchwachsener Silphie bei Anbau nach Winterzwischenfrucht (Bonitur am 27.09.), VS Dornburg 2012

Prüfglied	Winterzwischenfrucht	Ablageabstand (cm)	Bestandeshöhe (cm)	Wuchshöhe (cm)	Blattzahl	Deckungsgrad (%)
Pflanzung	Ohne	50 x 50 cm	33	48	19	100
1.1	Ohne	8	23	40	9	50
1.2		16	19	37	8	40
2.1	Wi.-Triticale-Ganzpflanze	8	21	36	7	55
2.2		16	22	35	7	30
3.1	Futterroggen	8	20	32	7	15
3.2		16	20	31	8	10
4.1	Landsberger Gemenge	8	15	15	2	0
4.2		16	17	17	2	0

Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass ein Anbau von Durchwachsener Silphie nach Getreide-Winterzwischenfrüchten generell möglich ist. Allerdings sollten der Umbruch und die Saatbettbereitung sehr sorgfältig erfolgen, um der Pflanze gute Voraussetzungen für den Aufgang zu bieten. Wichtig ist auch das Vorhandensein von genügend Feuchtigkeit für die Keimung. Ein Anbau nach Futtergemengen mit hohen Gras- oder Leguminosenanteilen, wie z. B. Landsberger Gemenge, ist wegen der größeren Wurzelmasse und dem zu befürchtenden Durchwuchs dagegen nicht zu empfehlen. Generell erhöht sich bei einem Anbau nach Winterzwischenfrüchten das Anlagerisiko deutlich und ist in Hinblick auf die hohen Anlagekosten und die angestrebte lange Nutzungsdauer im Vorfeld gründlich abzuwägen.

II.1.8 Einsatz von Biogasgülle

Seit 2009 wird in einem etablierten Bestand der Durchwachsenen Silphie die Möglichkeit des Einsatzes von Biogasgülle im Vergleich zur optimalen mineralischen N-Düngung untersucht. Dabei kamen die in Tabelle 36 aufgeführten Varianten zur Prüfung. Die Tabelle gibt gleichzeitig Auskunft über die tatsächlich ausgebrachten Düngermengen und die N-Hinterlassenschaft nach der Ernte.

Tabelle 36: Düngungsvarianten, ausgebrachte N-Mengen sowie N-Hinterlassenschaft bei Durchwachsener Silphie, VS Dornburg 2009 bis 2012

PG	Variante	Ausgebrachte N-Düngung (kg/ha)				N-gesamt (N _{min} + Düngung) (kg/ha)				N _{min} nach Ernte, 0–60 cm, (kg/ha)			
		2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
1	N-Sollwert 160 kg/ha, mineralisch	104	104	140	121	160	160	160	150	20	20	33	16
2	50 m ³ Gärrest/ha	89	100	110	82	105	116	130	111	36	31	16	16
3	N-Sollwert 160 kg/ha (50 m ³ Gärrest/ha + min.)	89	100	110	82	160	160	160	150	28	26	16	16
		+ 55	+ 44	+ 30	+ 39								

Bereits in 2009 erreichte die ausschließlich mit Biogasgülle gedüngte Variante, trotz der geringeren N-Menge, tendenziell höhere Erträge als die ausschließlich mineralisch versorgte. Noch besser schnitt die organisch-mineralische Düngung ab, bei der signifikant höhere Erträge als bei der mineralischen erzielt worden sind. Dies konnte in 2010 nicht bestätigt werden. Hier rangierte die kombinierte Düngungsvariante in ertraglicher Hinsicht unter den beiden anderen Prüfgliedern, wobei die ausschließlich mit Biogasgülle gedüngte wiederum besser abschnitt als die mineralische Düngung. In 2011 bestätigte sich dieses Ranking der Varianten. Im letzten Versuchsjahr erzielte die ausschließlich mineralisch gedüngte Variante tendenziell den höchsten Ertrag, gefolgt von der kombinierten und der reinen Gärrestvariante, wobei in den letzten beiden Versuchsjahren keine signifikanten Unterschiede auftraten (Tab. 37, Abb. 24).

Tabelle 37: Einfluss der Düngung auf Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag bei Durchwachsener Silphie, VS Dornburg 2009 bis 2012

PG	Wuchshöhe (cm)				TS-Gehalt (%)				Ertrag (dt TM/ha)			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
1	314	310	292	272	23,7	24,6	27,5	26,0	171,3	190,0	187,9	199,7
2	264	298	285	269	25,2	25,6	26,0	25,1	205,0	209,8	190,9	173,0
3	314	303	295	267	28,1	23,8	25,8	25,1	225,3	157,5	177,2	181,0
GD t, 5 %	29,3	9,9	9,4	12,4					34,4	33,3	22,0	27,1

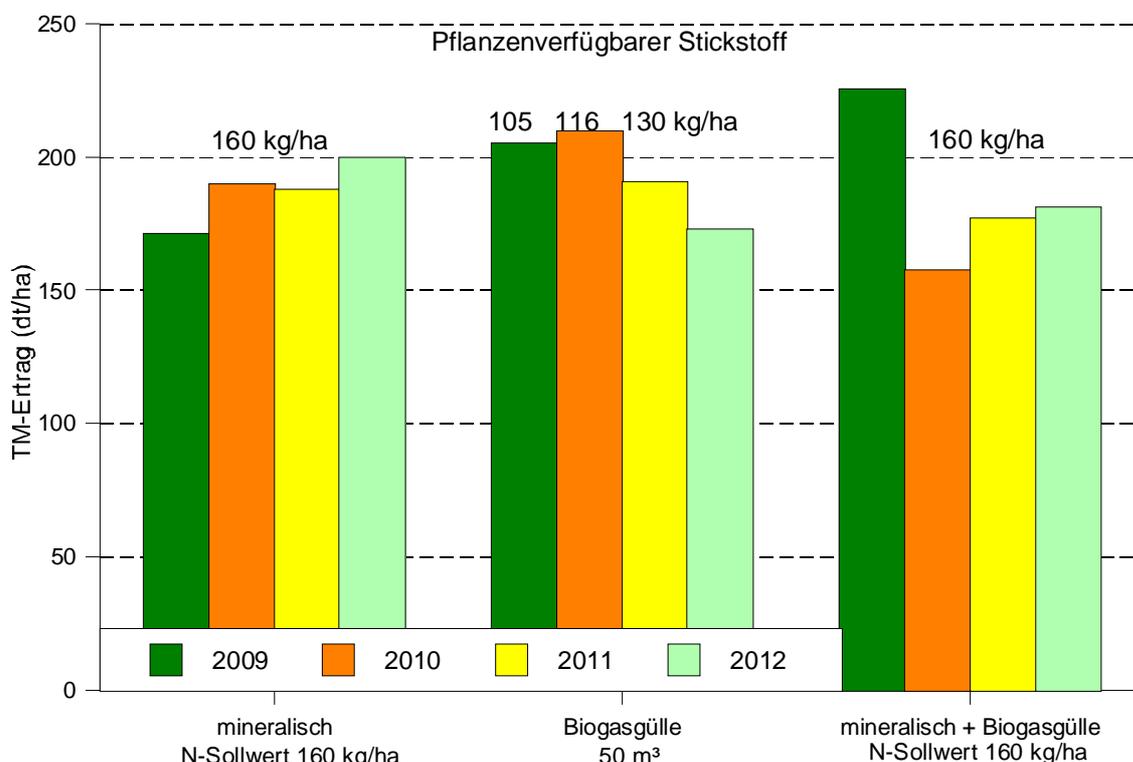


Abbildung 24: Einfluss der N-Düngung auf den TM-Ertrag von Silphie, VS Dornburg 2009 bis 2012

Die im Versuch gewonnenen Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Durchwachsene Silphie in der Lage ist, Biogasgülle bzw. Gärreste sehr gut zu verwerten, was im Anbauverfahren durch die Einsparung mineralischer Dünger ökonomische Vorteile mit sich bringt.

In Hinblick auf eine weitere Erhöhung des Anbauumfangs der Silphie sollten die Versuche zur optimalen Nährstoffversorgung zukünftig intensiviert werden.

II.1.9 Prüfung unterschiedlicher Saatgutvorbehandlungsvarianten

Die Samen der Durchwachsenen Silphie weisen eine starke Keimhemmung auf. Diese wird in der Natur durch Wechseltemperaturen über einen längeren Zeitraum gebrochen, so dass die im Herbst gereiften Samen im Frühjahr, wenn sich der Boden erwärmt, zügig auflaufen. Bei einer Aussaat im späten Frühjahr, wie üblicherweise praktiziert, führt die beschriebene Dormanz des Saatguts zu einem ungleichmäßigen und teilweise stark verzögerten Aufgang. Deshalb gilt es, für eine sichere Bestandesetablierung durch Aussaat die Keimhemmung durch eine entsprechende Vorbehandlung des Saatgutes zu brechen. Neben der im vorangegangenen Projekt durch NLC erarbeiteten chemischen Variante, kommen auch mechanische Behandlungen in Betracht, die möglicherweise kostengünstiger sein könnten.

Im 2010 in Dornburg angelegten Versuch wurde unbehandeltes Saatgut im Vergleich zu zwei unterschiedlichen mechanischen Behandlungsvarianten (NLC) in zwei Ablageabstän-

den mit der Einzelkorndrillmaschine ausgesät. Bei einer Variante (PG 3) erfolgte ein Reiben des Saatguts, was neben der Brechung der Keimruhe, auch zu einer Optimierung der Saatgutform und damit zu einer verbesserten Ablagegenauigkeit führen sollte. Das Saatgut der anderen Variante (PG 2) wurde lediglich mehreren scharfen Reinigungsschritten unterzogen. Bereits bei der ersten Auszählung ca. 14 Tage nach der Saat waren bei den behandelten Varianten zwischen 67 und 94 % der Sollpflanzen aufgelaufen, während beim unbehandelten Saatgut lediglich eine Feldaufgangsrate von 16 bzw. 18 % zu verzeichnen war. Diese Aufgangsrate erhöhte sich im Laufe des folgenden Monats auf 31 bzw. 42 %, was insgesamt nicht befriedigen konnte und die bereits beschriebenen Risiken bei der Aussaat unbehandelten Saatgutes unterstreicht. Die behandelten Varianten schnitten deutlich besser ab. Abgesehen von der viel schnelleren und gleichmäßigeren Keimung, lag hier die Feldaufgangsrate bei der Endbonitur bei mindestens 79 %, wobei das geriebene Saatgut über dem rein mechanisch behandelten lag. Die Feldaufgangsraten von > 100 % resultierten aus Doppelbelegungen. Diese waren beim behandelten Saatgut, insbesondere nach dem Reiben, höher als beim unbehandelten (Tab. 38, Abb. 25 und 26).

Tabelle 38: Einfluss der Saatgutvorbehandlung auf die Feldaufgangsrate von Durchwachsener Silphie, VS Dornburg 2010

P G	Saatgut	Ablageabstand (cm)	Sollpfl./ m ²	Pflanzen/m ² zur Endbonitur	Feldaufgangsrate zur Endbonitur (%)	Doppelablagen (%)
1.1	Saatware, unbehandelt	8 cm	25	7,7	31	0,7
2.1	Mechanisch behandelt	8 cm	25	19,7	79	3,5
3.1	Gerieben	8 cm	25	23,7	95	6,0
1.2	Saatware, unbehandelt	16 cm	12,5	5,3	42	1,2
2.2	Mechanisch behandelt	16 cm	12,5	12,9	103	4,9
3.2	Gerieben	16 cm	12,5	15,0	119	10,1

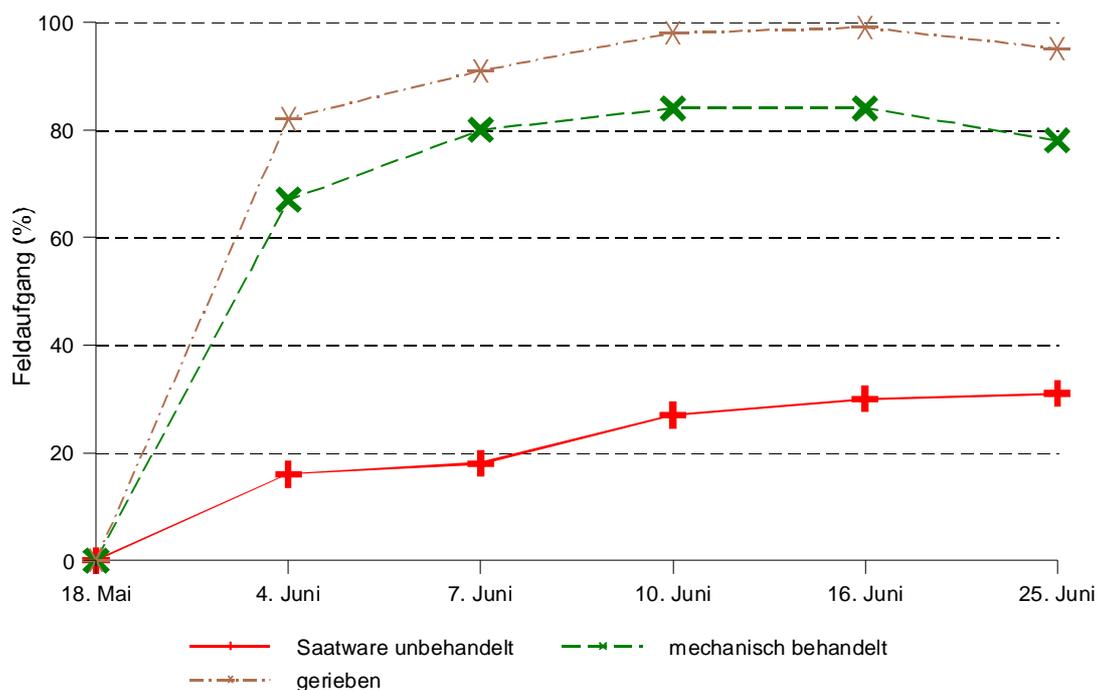


Abbildung 25: Einfluss der Saatgutbehandlung auf die Feldaufgangsrate (%) von Silphie, Aussaat am 18.05.2010, Ablageabstand 8 cm, VS Dornburg

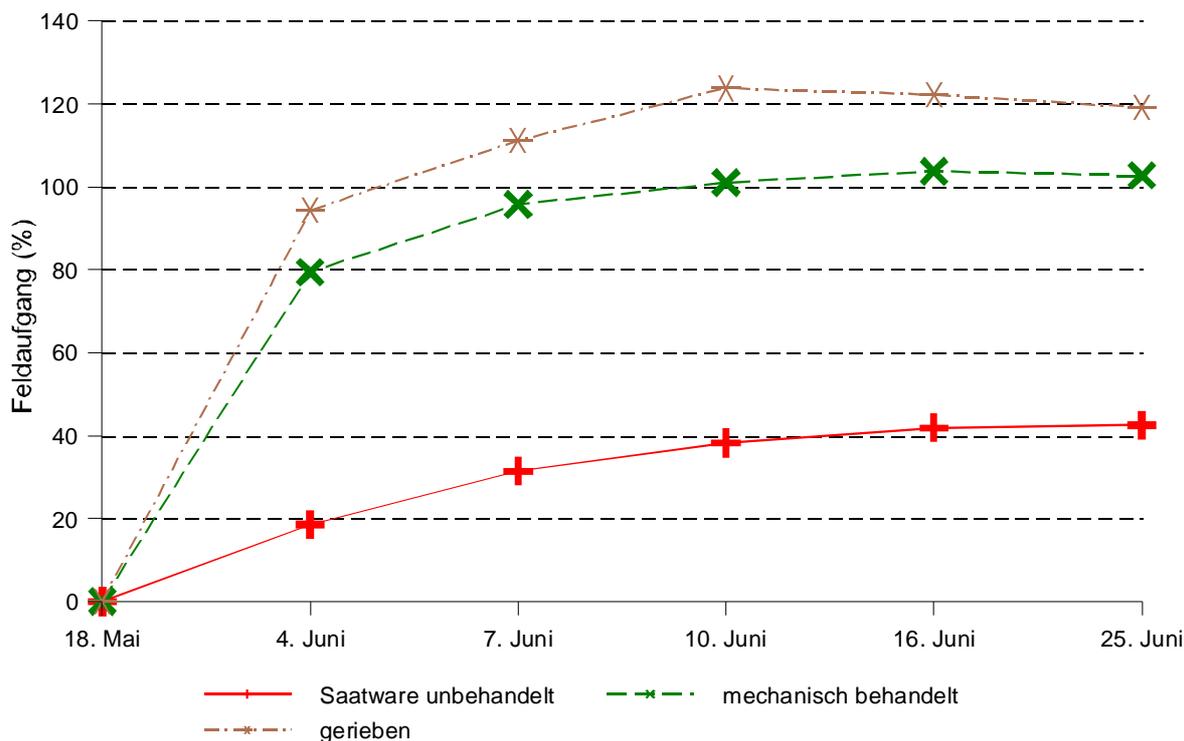


Abbildung 26: Einfluss der Saatgutbehandlung auf die Feldaufgangsrate (%) von Silphie, Aussaat am 18.05.2010, Ablageabstand 16 cm, VS Dornburg

In 2011 wurde im Versuch geprüft, ob und wie sich die unterschiedlichen Pflanzenzahlen in ertraglicher Hinsicht auswirken. Möglicherweise könnte ja ein zu dichter Bestand zu einer starken Konkurrenz der Silphiepflanzen untereinander und damit, ähnlich wie ein schwach entwickelter, zu Ertragsminderungen führen.

In Auswertung der Ergebnisse zeigte sich, dass die tatsächliche Pflanzenzahl nur geringen Einfluss auf den Ertrag hatte. Signifikante Unterschiede traten zwischen Varianten mit 8, 13 und 20 Pflanzen/m² nicht auf, lediglich die Variante 1.2 mit nur 5 Pflanzen/m² fiel durch signifikant niedrigere Erträge auf (Tab. 39). Allerdings war hier auch eine sehr schlechte Pflanzenverteilung zu verzeichnen.

Tabelle 39: Einfluss der Saatgutvorbehandlung bei Einzelkornsaat auf Wuchshöhe, TS-Gehalt und TM-Ertrag von Durchwachsener Silphie im 1. Erntejahr, VS Dornburg 2011

PG	Saatgut	Ablageabstand (cm)	Wuchshöhe (cm)	TS-Gehalt (%)	TM-Ertrag (dt TM/ha)
1.1	Saatware, unbehandelt	8 cm	252	31,2	192,0
2.1	Mechanisch behandelt	8 cm	259	29,2	208,6
3.1	Gerieben	8 cm	262	25,4	178,7
1.2	Saatware, unbehandelt	16 cm	265	25,7	134,8
2.2	Mechanisch behandelt	16 cm	277	27,6	202,2
3.2	Gerieben	16 cm	272	25,8	174,3
	GD t, 5 %		15,2		30,2

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass es bei günstigen Witterungs- und Bodenverhältnissen gut möglich ist, die Durchwachsene Silphie durch Einzelkornsaat zu etablieren. Erste Vor-

aussetzung dafür ist jedoch die Verwendung behandelten Saatgutes. Ablageabstände von 16 cm oder mehr sind dann für dichte Bestände ausreichend. Stimmen die Witterungsverhältnisse jedoch nicht, ist das Saatbett zu klutig oder werden die Samen zu tief abgelegt, sind ein schlechter Feldaufgang und lückige Bestände die Folge. Gerade im Bereich der optimalen Ablagetiefe und der zu verwendenden Drilltechnik sind weiterführende Untersuchungen dringend erforderlich.

Erste Voruntersuchungen zur optimalen Ablagetiefe erfolgten im Frühjahr 2012 im Gewächshaus. Hier wurden jeweils 100 vorbehandelte Samen in dreifacher Wiederholung in Saatschalen mit Felderde 0,5 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm bzw. 4 cm tief abgelegt. Bei Temperaturen von >15 °C und gleichmäßiger Wasserversorgung liefen in den beiden flachen Varianten die ersten Pflanzen ca. sieben Tage nach der Saat auf. Bei den größeren Ablagetiefen vergingen 11 (2 cm), 12 (3 cm) bzw. 13 Tage (4 cm). Zu diesem Zeitpunkt war bei den ersten beiden Varianten das Gros der Pflanzen bereits aufgegangen, wobei erstaunlicherweise die 1 cm-Variante geringfügig besser abschnitt als die noch flachere Aussaat. Insgesamt wurden hier Feldaufgangsraten von 66 bzw. 62 % erreicht. Bei der 2 cm- und der 3 cm-Variante lag die Feldaufgangsraten auf etwa gleichem Niveau, jedoch mehr als 10 % unter den Flachsaaten. Die 4 cm-Variante schnitt am schlechtesten ab. Trotz der optimalen Bedingungen im Gewächshaus verlief der Aufgang sehr zögerlich und erreichte nur Endwerte von knapp 40 % (Abb. 27).

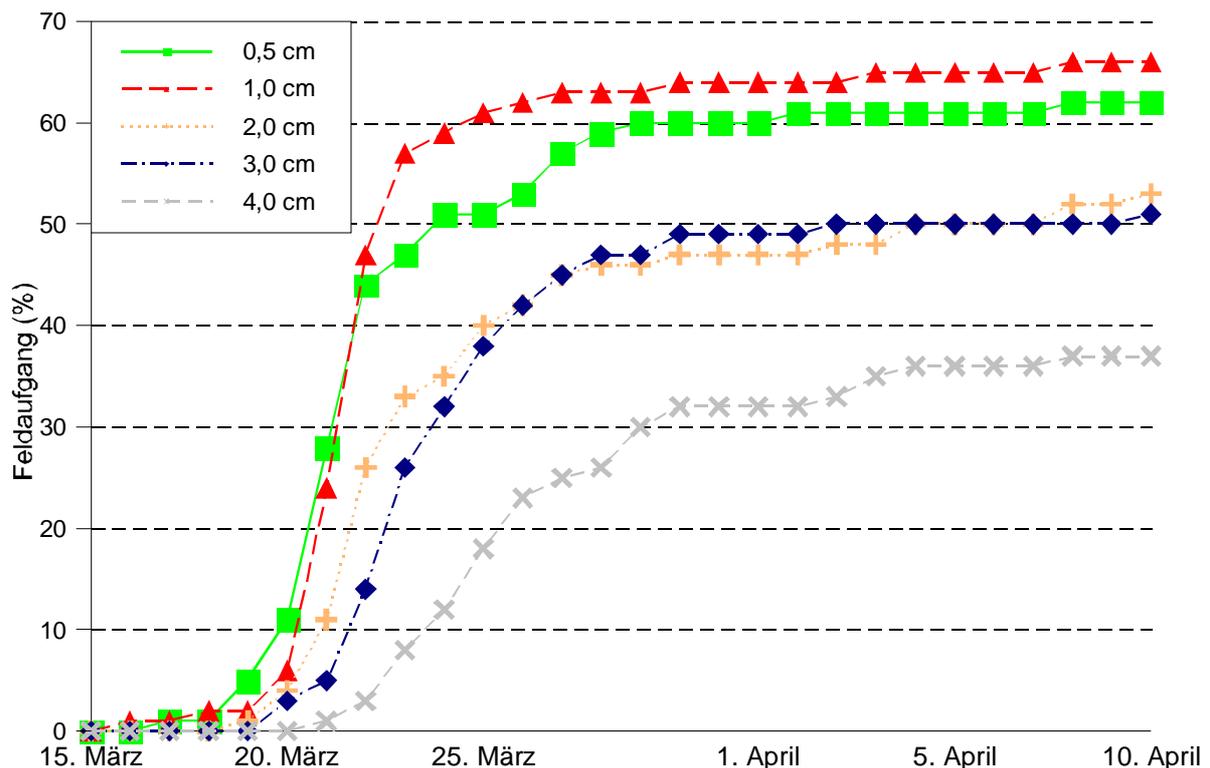


Abbildung 27: Einfluss der Ablagetiefe auf die Feldaufgangsraten von vorbehandeltem Silphiesaatgut, Gewächshausversuch 2012

Bei der Wiederholung des Versuches im Mai 2012 bestätigten sich die Ergebnisse weitgehend. Allerdings schnitt hier die Saat in einer Tiefe von 0,5 cm am besten ab und die Aufgangsraten der drei flachsten Saatvarianten waren generell höher. Bei einer Ablagetiefe von 4 cm ging die Feldaufgangsraten wiederum auf etwa 40 % zurück und lag damit etwa 50 % unter den Flachsaaten (Abb. 28).

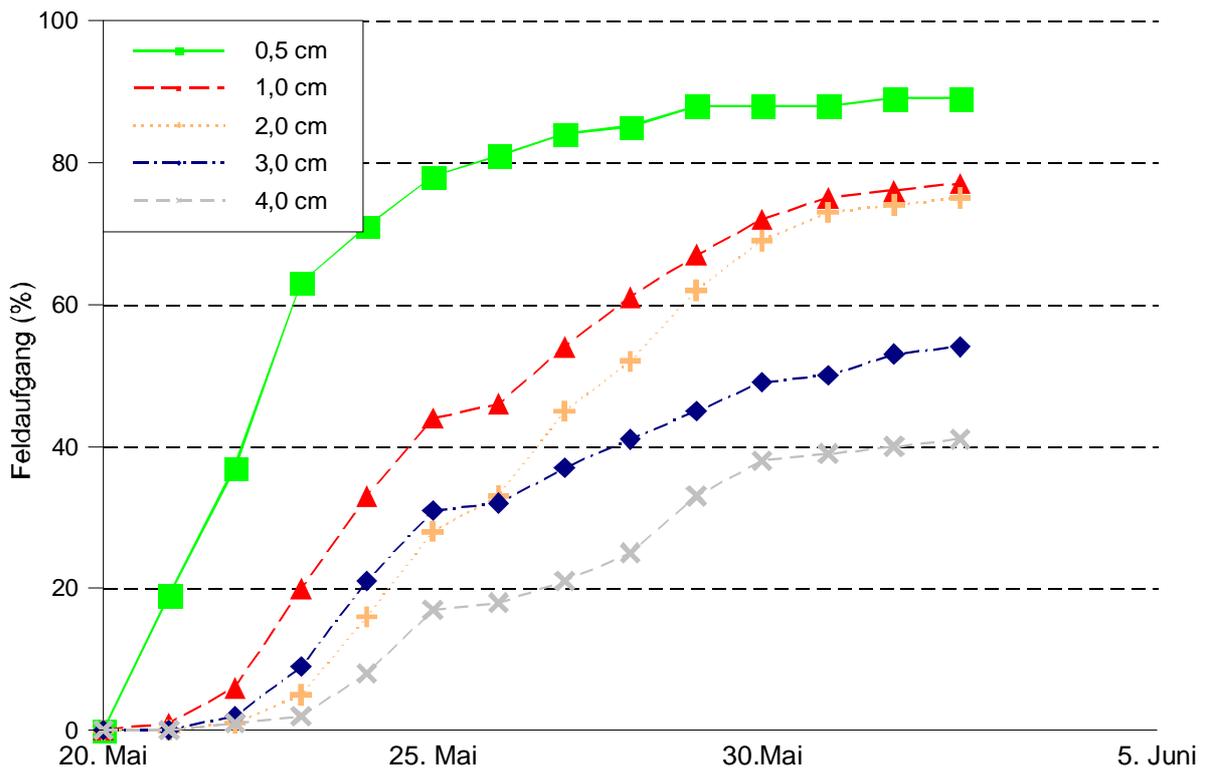


Abbildung 28: Einfluss der Ablagetiefe auf die Feldaufgangsrate von vorbehandeltem Silphiesaatgut, Gewächshausversuch 2012

Die Ergebnisse belegen, dass die Silphiesamen trotz ihrer relativ hohen Tausendkornmasse von 15 bis 20 g nur über eine eingeschränkte Triebkraft verfügen und der exakten Ablagetiefe große Bedeutung zukommt. Diese sollte 1 bis 2 cm betragen. Extrem flache Aussaaten von ca. 0,5 cm bergen die Gefahr, dass in Trockenperioden die obere Bodenschicht stark austrocknet und die Samen, bei fehlender Wassernachlieferung aus dem Boden, möglicherweise ankeimen und dann vertrocknen.

II.1.10 Versuche zu Verträglichkeit und Wirkung von Herbiziden

Versuche zur Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie bei Aussaat kamen im Jahr 2010 in Kirchengel mit acht und in Dornburg mit fünf Varianten zur Anlage. In Dornburg war zudem eine Maschinenhacke vorgesehen.

Die anhaltende Trockenheit nach der Aussaat führte zu einem stark verzögerten und uneinheitlichen Auflaufen der Durchwachsenen Silphie. Außerdem wies das in dem Versuch verwendete Saatgut eine schlechte Keimfähigkeit auf, so dass die Ergebnisse der Phytotox-Bonituren insbesondere beim Merkmal „Ausdünnung“ nicht überbewertet werden sollten. Die Höhe der Schäden durch Basagran, Boxer, Lentagran WP sowie durch das Prüfmittel DOW war in Kirchengel erheblich. Sie bestätigen z. T. die Ergebnisse aus den vorherigen Versuchsjahren. Im Falle von Lentagran WP wurden diese Schäden als noch tolerierbar eingeschätzt. Dies trifft teilweise auch auf die Schäden zu, die durch die anderen Mittel verursacht wurden, da die Kultur nach Abschluss der Jugendentwicklung Wachstumsrückstände rasch auszugleichen vermag. Die Verträglichkeit der Mittel war am Standort Kirchengel in der Regel besser als in Dornburg, wo auch die Butisan-Varianten und Patoran FL starke Schäden hervorriefen. Die Ursachen hierfür werden in unterschiedlichen Standortbedingungen gesehen. Die besten Varianten waren in Dornburg, wie bereits in vorherigen Versuchen, Stomp

Aqua sowie die Spritzfolge Basagran und Boxer (Tab. 40 und 41). Insgesamt ist einzuschätzen, dass die Versuchsdurchführung durch die extremen Witterungsbedingungen im Frühjahr/Frühsummer 2010 stark beeinflusst worden ist.

Tabelle 40: Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie, VS Kirchengel 2010

Richtlinie	AK Lück Unkräuter an Gemüse								
Kultur / Sorte / Anlage	Becherpflanze / Wildauslese/ Blockanlage 1-faktoriell								
Aussaat (Pflanzung) / Auflauf	25.06.2010		Vorfrucht / Bodenbea.	Wi.-Weizen					
Bodenart / Ackerzahl	Lehm / 60		N-min / N-Düngung 37 /- kg/ha						
Versuchsglieder									
Anwendungsform	SPRITZEN	SPRITZEN	SPRITZEN	SPRITZEN					
Datum, Zeitpunkt	25.06.2010/VSE	28.06.2010/VA	20.08.2010/NA	02.09.2010/NA					
BBCH (von/Haupt/bis)	0/0/0	1/1/1	13/13/13	14/14/14					
Temperatur, Wind	20,2°C / 0,5m/s SW	21,9°C / 1,5m/s W	18,7°C / 0,5m/s SW	12,2°C / 1m/s NW					
Blattfeuchte / Bodenfeuchte	trocken, trocken	trocken, trocken	trocken, trocken	trocken, trocken					
1 Kontrolle									
2 Butisan		1,5 l/ha							
3 Patoran FL		4,0 l/ha							
4 Stomp Aqua		2,0 l/ha	1,5 l/ha						
5 Basagran		1,0 l/ha	1,0 l/ha						
6 Boxer			4,0 l/ha						
7 Lentagran WP			1,0 kg/ha	1,0 kg/ha					
8 Para Sommer				1,5 l/ha					
8 SELECT 240 EC				0,75 l/ha					
9 DOW 24360H	2,0 kg/ha								
Ergebnisse									
28.06.2010									
Zielorganismus	NNNNN								
Symptom	DG								
1 Kontrolle	0								
2 Butisan	0								
3 Patoran FL	0								
4 Stomp Aqua	0								
5 Basagran	0								
6 Boxer	0								
7 Lentagran WP	0								
8 SELECT 240 EC + Para Sommer	0								
9 DOW 24360H	0								
08.09.2010									
Zielorganismus	NNNNN	NNNNN	NNNNN	NNNNN	NNNNN	TTTTT			
Symptom	DG	PHYTO	AD	AH	WH	DG			
1 Kontrolle	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3			
2 Butisan	5	0	0	0	0	4			
3 Patoran FL	5	15	3	5	8	2			
4 Stomp Aqua	5	3	0	3	0	3			
5 Basagran	5	50	13	15	23	0			
6 Boxer	5	18	0	0	18	2			
7 Lentagran WP	5	20	0	20	0	4			
8 SELECT 240 EC + Para Sommer	5	10	0	10	0	7			
9 DOW 24360H	5	20	20	0	0	3			

Tabelle 41: Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie, VS Dornburg 2010

Richtlinie	AK Lück Unkräuter an Gemüse									
Kultur / Sorte / Anlage	Becherpflanze / Wildauslese /Blockanlage 1-faktoriell									
Aussaat (Pflanzung) / Auflauf	18.05.2010 / 16.06.2010					Vorfrucht / Bodenbea.		Wi.-Raps-		
Bodenart / Ackerzahl	schluffiger Ton / 58					N-min / N-Düngung		32 /- kg/ha		
Versuchsglieder										
Anwendungsform	SPRITZEN		SPRITZEN							
Datum, Zeitpunkt	18.05.2010/VA		16.06.2010/NA							
BBCH (von/Haupt/bis)	0/0/0		11/12/13							
Temperatur, Wind	12,3°C / 2,7		17,6°C / 1,9							
Blattfeuchte / Bodenfeuchte	trocken, trocken		trocken, trocken							
1 Kontrolle										
2 Butisan		1,5 l/ha								
3 Patoran FL		4,0 l/ha								
4 Stomp Aqua		2,0 l/ha		1,5 l/ha						
5 Basagran		1,0 l/ha		1,0 l/ha						
6 Butisan		1,5 l/ha								
6 Para Sommer				1,5 l/ha						
6 SELECT 240 EC				0,75 l/ha						
7 Boxer				3,0 l/ha						
Ergebnisse										
18.05.2010										
Zielorganismus ¹⁾	NNNNN	TTTTT	POLSS	THLAR	HERBA					
Symptom	DG	DG	DG	DG	DG					
1 Kontrolle	0	0	0	0	0					
16.06.2010										
Zielorganismus ²⁾	NNNNN	TTTTT	AGRRE	CIRAR	POLSS	THLAR	BRANA	HERBA	NNNNN	NNNNN
Symptom	DG	DG	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	PHYTO	VERZES
1 Kontrolle	3,0	22,5	8,3	4,0	6,5	1,0	1,3	1,3		
2 Butisan			20	0	0	80	50	80	65	65
3 Patoran FL			60	0	100	100	100	95	30	30
4 Stomp Aqua			0	0	40	100	0	70	0	0
5 Basagran			0	0	0	80	0	30	0	0
Butisan; SELECT 240 EC										
6 + Para Sommer			0	0	90	90	0	80	30	30
7 Boxer			0	0	0	0	0	0	10	10
06.07.2010										
Zielorganismus*	NNNNN									
Symptom	PHYTO									
1 Kontrolle	32,5									
2 Butisan	85									
3 Patoran FL	68									
4 Stomp Aqua	26									
5 Basagran	48									
Butisan; SELECT 240 EC										
6 + Para Sommer	70									
7 Boxer	20									

¹⁾ Knötericharten, Ackerhellerkraut, sonstige Unkräuter

²⁾ Gemeine Quecke, Ackerkratzdistel, Knötericharten, Ackerhellerkraut, Ausfallraps, sonstige Unkräuter

In 2011 wurden die Versuche zur Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie bei Aussaat sowohl in Kirchengel als auch in Dornburg mit acht Varianten fortgesetzt, wobei in Dornburg wiederum der Einsatz der Maschinenhacke vorgesehen war.

Die anhaltende Trockenheit nach der Aussaat führte an beiden Orten zu einem stark verzögerten und uneinheitlichen Auflaufen der Durchwachsenen Silphie, so dass eine Bewertung der Mittelwirkung nicht möglich war. Bei der Wiederholung des Versuches in Dornburg fiel kurz nach der Saat ein Starkniederschlag, der zu einer Verschlämmung der Bodenoberfläche führte, was den Feldaufgang der Silphie wiederum stark behinderte und eine exakte Wertung des Versuches nicht möglich machte.

Der Versuch wurde 2012 in Dornburg und Großenstein wiederholt. In Dornburg kam ein zusätzlicher Versuch in gepflanzter Silphie zur Anlage. Dieser Versuch wurde am 21.05. gepflanzt und entwickelte sich gut (Tab. 42).

Tabelle 42: Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden in Silphie (Pflanzung), VS Dornburg 2012

Richtlinie	AK Lück Unkräuter an Gemüse										Freiland
Kultur / Sorte / Anlage	Becherpflanze / Wildform / Blockanlage 1-faktoriell										
Aussaat (Pflanzung) / Auflauf	21.05.2012					Vorfrucht / Bodenb.		Raps, Winter-			
Bodenart / Ackerzahl	toniger Schluff / 61					N-min / N-Düngung		68 / - kg/ha			
Versuchsglieder											
Anwendungsform	SPRITZEN			SPRITZEN							
Datum, Zeitpunkt	18.06.2012/NS			28.06.2012/NS							
BBCH (von/Haupt/bis)	12/13/14			14/16/18							
Temperatur, Wind	19,8°C / 0			22,6°C / 1							
Blattfeuchte / Bodenfeuchte	trocken, trocken			feucht, feucht							
1 Kontrolle											
2 Lentagran WP	1,0 kg/ha			1,0 kg/ha							
3 Stomp Aqua	4,0 l/ha										
4 Stomp Aqua	3,0 l/ha										
Lentagran WP				1,0 kg/ha							
5 Gardo Gold	4,0 l/ha										
Ergebnisse											
18.06.2012											
Zielorganismus ¹⁾	NNNNN	TTTT	POLCO	POLLA	CHEAL	SOLNI	HERBA				
Symptom	DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG				
1 Kontrolle	15,0	5,0	1,0	1,0	0,5	0,5	2,0				
28.06.2012											
Zielorganismus ²⁾	NNNNN	TTTT	POLCO	CHEAL	SOLNI	THLAR	HERBA	NNNNN	NNNNN	NNNNN	
Symptom	DG	DG	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	PHYTO	AH	WD	
1 Kontrolle	25,0	15,0	2,0	2,0	2,0	1,0	8,0				
2 Lentagran WP			40	80	95	95	20	0	0	0	
3 Stomp Aqua			0	80	0	80	80	40	40	0	
Stomp Aqua;											
4 Lentagran WP			0	90	0	80	80	0	0	0	
5 Gardo Gold			100	100	100	100	90	20	0	20	
10.07.2012											
Zielorganismus ³⁾	NNNNN	TTTT	POLCO	POLLA	CHEAL	SOLNI	HERBA	NNNNN	NNNNN	NNNNN	
Symptom	DG	DG	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	PHYTO	AH	WD	
1 Kontrolle	30,0	55,0	7,5	11,3	7,5	11,3	17,5				
2 Lentagran WP			40	40	95	100	80	0	0	0	
3 Stomp Aqua			90	80	95	95	90	0	0	0	
Stomp Aqua;											
4 Lentagran WP			90	80	100	100	90	0	0	0	
5 Gardo Gold			100	100	100	100	100	25	5	20	
20.07.2012											
Zielorganismus ³⁾	NNNNN	TTTT	POLCO	POLLA	CHEAL	SOLNI	HERBA	NNNNN			
Symptom	DG	DG	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	PHYTO			
1 Kontrolle	40,0	85,0	25,0	10,0	10,0	25,0	15,0				
2 Lentagran WP			40	40	100	100	80	0			
3 Stomp Aqua			80	95	100	100	95	0			
Stomp Aqua;											
4 Lentagran WP			80	80	100	100	80	0			
5 Gardo Gold			100	99	100	100	95	0			
08.08.2012											
Zielorganismus ³⁾	NNNNN	TTTT	POLCO	POLLA	CHEAL	SOLNI	HERBA	NNNNN	NNNNN		
Symptom	DG	DG	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	WIRK	PHYTO	WD		
1 Kontrolle	86,3	95,0	25,0	20,0	20,0	25,0	5,0				
2 Lentagran WP			40	20	80	95	60	0	0		
3 Stomp Aqua			80	80	100	100	80	0	0		
Stomp Aqua;											
4 Lentagran WP			60	100	100	100	100	0	0		
5 Gardo Gold			100	95	100	100	100	10	10		

¹⁾ Windenknöterich, Ampferknöterich, Weißer Gänsefuß, Schwarzer Nachtschatten, sonstige Unkräuter

²⁾ Windenknöterich, Weißer Gänsefuß, Schwarzer Nachtschatten, Ackerhellerkraut, sonstige Unkräuter

³⁾ Windenknöterich, Ampferknöterich, Weißer Gänsefuß, Schwarzer Nachtschatten, sonstige Unkräuter

Allerdings wies die Fläche, trotz vorheriger Behandlung mit Roundup, massiven Distelbesatz auf, so dass am 07.06 und nochmals am 11.06. Disteln gezogen worden sind. Trotzdem entwickelte sich weiterhin ein starker Besatz, der im weiteren Versuchsverlauf ignoriert und nicht mit in die Bonituren einbezogen wurde, zumal eine Wirkung der eingesetzten Herbizide auf die Ackerkratzdistel nicht erkennbar war. Die erste Behandlung erfolgte am 18.06., die zweite Spritzung 10 Tage später. Mit Ausnahme von Variante 2 (Lentagran WP solo) zeigten die Mittel gute Wirkungen. Besonders Stomp Aqua wies gute Ergebnisse auf. Allerdings konnten vor allem der Ampferblättrige Knöterich, aber auch der Windenknöterich nur begrenzt bekämpft werden. In diesen Varianten traten keine phytotoxischen Schäden auf. Das Prüfglied mit der besten Wirkung war Variante 5, Gardo Gold. Hier wurden alle Unkräuter sehr gut bekämpft. Die aufgetretenen phytotoxischen Schäden (Wuchsdepression um ca. 20 % sowie leichte Blattchlorosen) hatten sich nach ca. sechs Wochen verwachsen. Am 03.08. wurde abschließend eine Maschinenhacke durchgeführt, die noch einige der großen Unkräuter in der Reihe beseitigen konnte.

Die Anlage des Herbizidversuchs in gedrillter Silphie erfolgte ebenfalls am 21. Mai. Der Bestand entwickelte sich aufgrund der vorherrschenden Trockenheit erst zögerlich, lief aber dann ab dem 10.06. gleichmäßig und dicht auf. Da die Herbizidversuche Pflanzung und Saat auf benachbarten Flächen zur Anlage kamen, trat auch hier ein massiver Besatz mit Ackerkratzdisteln auf, die am 07.06 und nochmals am 11.06. gezogen wurden. Analog zur Vorgehensweise in dem gepflanzten Versuch ist dieser Befall im weiteren Versuchsverlauf ignoriert worden. Die Behandlungen erfolgten am 24.05, am 04.06., am 18.06. und 28.06. Die beste Wirkung mit tolerierbarer Phytotox (Ausdünnung) zeigte das Prüfglied 2 (SF Butisan + Boxer). Ebenfalls gute Ergebnisse erreichten die Varianten mit Basta im VA, kombiniert mit Lentagran WP bzw. Stomp Aqua. Hier war nur geringe Phytotoxizität festzustellen. Allerdings konnten vor allem der Ampferblättrige Knöterich, aber auch der Windenknöterich nur eingeschränkt bekämpft werden. Die Varianten 7 und 8 führten zu einem Totalausfall. Das war insbesondere bei Gardo Gold bedauerlich, da diese Variante im gepflanzten Bestand sehr gute Ergebnisse gezeigt hatte. Hier ist in zukünftigen Versuchen eine deutlich spätere Applikation vorgesehen. Am 03.08. wurde abschließend eine Maschinenhacke durchgeführt, die noch einige der großen Unkräuter in der Reihe beseitigen konnte (Tab. 43).

Tabelle 43: Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie (Saat), VS Dornburg 2012

Richtlinie	AK Lück Unkräuter an Gemüse					Freiland	
Kultur / Sorte / Anlage	Becherpflanze / Wildform / Blockanlage 1-faktoriell						
Aussaart /Auflauf	21.05.2012 / 06.06.2012			Vorfrucht / Bodenbea.		Raps, Winter-	
Bodenart / Ackerzahl	toniger Schluff / 61			N-min / N-Düngung		68 / - kg/ha	
Versuchsglieder							
Anwendungsform	SPRITZEN	SPRITZEN	SPRITZEN	SPRITZEN			
Datum, Zeitpunkt	24.05.2012/VA	04.06.2012/VA	18.06.2012/NA	28.06.2012/NA			
BBCH (von/Haupt/bis)	1/1/1	7/7/7	11/12/12	11/13/13			
Temperatur, Wind	20,1°C / 0	14,4°C / 1	19,8°C / 0	22,6°C / 1			
Blattfeuchte / Bodenfeuchte	trocken/trocken	trocken/feucht	trocken/trocken	feucht, feucht			
1 Kontrolle							
2 Butisan	1,5 l/ha						
Boxer			3,0 l/ha				
3 Basta		3,0 l/ha					
Boxer			3,0 l/ha				
4 Basta		3,0 l/ha					
Lentagran WP			1,0 l/ha	1,0 l/ha			
5 Basta		3,0 l/ha					
Stomp Aqua			3,0 l/ha				
6 Basta	3,0 l/ha						
Basagran			1,0 l/ha				
7 Butisan			1,0 l/ha				
Tomigan 180			0,5 l/ha				
Lentagran WP			1,0 l/ha				
8 Gardo Gold				4,0 l/ha			

Ergebnisse											
18.06.2012											
Zielorganismus ¹⁾ Symptom	NNNNN DG	TTTTT DG	BRANA DG	CHEAL DG	POLCO DG	POLLA DG	SOLNI DG	THLAR DG	HERBA DG		
1 Kontrolle	5,0	10,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0		
28.06.2012											
Zielorganismus ²⁾ Symptom	NNNNN DG	TTTTT DG	CHEAL WIRK	POLCO WIRK	POLLA WIRK	SOLNI WIRK	THLAR WIRK	HERBA WIRK	NNNNN PHYTO	NNNNN AH	
1 Kontrolle	10,0	13,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	8,0			
2 Butisan; Boxer			100	90	90	100	100	80	40	40	
3 Basta; Boxer			95	40	40	100	95	80	50	50	
4 Basta; Lentagran			70	40	80	100	99	80	30	30	
5 Basta; Stomp A.			80	40	40	60	100	80	25	25	
6 Basta; Basagran			90	80	80	90	100	80	40	40	
7 Butisan + Tomigan 180 + Lentagran			100	100	80	90	100	95	50	50	
10.07.2012											
Zielorganismus ³⁾ Symptom	NNNNN DG	TTTTT DG	CHEAL WIRK	POLCO WIRK	POLLA WIRK	SOLNI WIRK	HERBA WIRK	NNNNN PHYTO	NNNNN AD	NNNNN AH	NNNNN WD
1 Kontrolle	10,0	30,0	1,0	5,0	10,0	10,0	4,0				
2 Butisan; Boxer			100	95	95	100	99	50	5	30	15
3 Basta; Boxer			80	20	0	100	80	35	5	10	20
4 Basta; Lentagran			90	40	40	100	80	10	5	5	0
5 Basta; Stomp A.			99	40	40	80	80	0	0	0	0
6 Basta; Basagran			90	60	60	90	60	60	60	0	0
7 Butisan + Tomigan 180 + Lentagran			100	100	100	100	95	100	60	20	20
8 Gardo Gold			100	100	100	100	95	100	90	10	0
20.07.2012											
Zielorganismus ³⁾ Symptom	NNNNN DG	TTTTT DG	CHEAL WIRK	POLCO WIRK	POLLA WIRK	SOLNI WIRK	HERBA WIRK	NNNNN PHYTO	NNNNN AD	NNNNN AH	NNNNN WD
1 Kontrolle	15,0	55,0	5,0	5,0	15,0	20,0	10,0				
2 Butisan; Boxer			100	95	95	100	80	30	15	0	15
3 Basta; Boxer			30	0	0	60	60	30	20	0	10
4 Basta; Lentagran			100	0	0	100	60	10	5	0	5
5 Basta; Stomp A.			100	80	80	100	60	0	0	0	0
6 Basta; Basagran			100	40	40	100	60	70	30	20	20
7 Butisan + Tomigan 180 + Lentagran			100	100	100	100	100	100	70	0	30
8 Gardo Gold			100	100	100	100	100	100	100	0	0
08.08.2012											
Zielorganismus ³⁾ Symptom	NNNNN DG	TTTTT DG	CHEAL WIRK	POLCO WIRK	POLLA WIRK	SOLNI WIRK	HERBA WIRK	NNNNN PHYTO	NNNNN AD	NNNNN WH	
1 Kontrolle	35,0	80,0	5,0	5,0	20,0	30,0	20,0				
2 Butisan; Boxer			100	95	95	100	80	25	10	15	
3 Basta; Boxer			30	0	0	10	60	15	5	10	
4 Basta; Lentagran			80	0	0	100	60	10	5	5	
5 Basta; Stomp A.			80	60	80	100	60	0	0	0	
6 Basta; Basagran			80	20	20	80	60	40	20	20	
7 Butisan + Tomigan 180 + Lentagran			100	100	100	100	100	100	80	20	
8 Gardo Gold			100	100	100	100	100	100	100	0	

- ¹⁾ Ausfallraps, Weißer Gänsefuß, Windenknöterich, Ampferknöterich, Schwarzer Nachtschatten, Ackerhellerkraut, sonstige Unkräuter
²⁾ Weißer Gänsefuß, Windenknöterich, Ampferknöterich, Schwarzer Nachtschatten, Ackerhellerkraut, sonstige Unkräuter
³⁾ Weißer Gänsefuß, Windenknöterich, Ampferknöterich, Schwarzer Nachtschatten, sonstige Unkräuter

Der Auflauf der Silphiepflanzen verlief in Großenstein recht zügig. Leider musste mit dem Aufgang festgestellt werden, dass durch einen technischen Defekt an der Drillmaschine Parzellen sowohl vollständig, teilweise oder gar nicht gesät waren. Deshalb wurde 20 Tage nach der ersten Saat eine Nachsaat auf allen Parzellen durchgeführt. Begründet durch die zweimalige Saat waren auf vielen Versuchspartellen Pflanzen mit unterschiedlichen Entwicklungsstadien vorhanden. Im Verlauf der weiteren Prüfung stellte sich jedoch heraus, dass durch unterschiedliche Entwicklungsstadien keine differenzierte Mittelverträglichkeit verursacht wurde, was für die Wertung der Verträglichkeit der Mittel zu einer zusätzlichen Aussage führte. Die Angabe der Entwicklungsstadien zu den Behandlungen beschreiben immer mit der niedrigen Angabe die Pflanzen der zweiten und mit der höheren Angabe die Pflanzen der ersten Saat.

Im Versuch trat eine breite und intensive Verunkrautung mit Kamille, Weißem Gänsefuß und Ampferblättrigem Knöterich auf. Die Anwendung von Basta im Voraufbau (PG 3 bis 6) reduzierte den zeitig aufgelaufenen Gänsefuß deutlich, später aufgelaufene Unkräuter wurden nicht bekämpft. Mit der Applikation von Butisan im Voraufbau (PG 2) erfolgte eine sehr gute Bekämpfung der Kamille. Durch die Nachsaat kam es zu einer deutlichen zeitlichen Verzögerung der ersten NA-Behandlungen. Die Unkräuter waren bereits sehr groß und weit entwickelt (Rosetten- bis zum Knospenstadium). Da nur noch eine sehr eingeschränkte Mittelwirkung zu erwarten war, wurden die Unkräuter geschöpft. Auf eine Einschätzung der Mittelwirkung ist demzufolge verzichtet worden.

Die VA-Behandlung mit Butisan vertrug die Silphie sehr gut, mit der NA-Behandlung mit Boxer setzte eine leichte und tolerierbare Ausdünnung ein. Basta im VA (PG 3 bis 6) war ebenfalls sehr verträglich. Sowohl Boxer (PG 3) als auch Basagran (PG 6) bewirkten im NA eine leichte und tolerierbare Aufhellung, die bis Versuchsende fast völlig verwachsen war. Ebenfalls als sehr verträgliche NA-Behandlung zeigte sich Stomp Aqua (PG 5). Die durch Lentagran WP (PG 4) hervorgerufene Aufhellung schwächte bis zur Endbonitur zwar etwas ab, war aber immer noch sichtbar. Die Tankmischung Butisan + Tomigan 180 + Lentagran WP in Variante 7 führte zunächst zu einer deutlichen Aufhellung, die sich aber immer mehr abschwächte und sich bis zur Endbonitur völlig verwachsen hatte. Starke, nicht tolerierbare Nekrosen und Aufhellungen verursachte Gardo Gold (PG 8) als späte NA-Behandlung. Diese Variante wurde sehr spät, am 20. Juli, in BBCH 13 bis 16 der Durchwachsenen Silphie, nochmals getestet. Ähnlich wie der frühere Einsatz führte auch diese Applikation zu 50 bis 60 % Aufhellungen (Tab. 44). Da das Mittel eine sehr gute Wirkung aufweist, sollte die späte Anwendung unbedingt weiter geprüft werden.

Tabelle 44: Wirkung und Verträglichkeit von Herbiziden in Durchwachsener Silphie (Saat), VS Großenstein 2012

Richtlinie	AK Lück Unkräuter an Gemüse			Freiland
Kultur / Sorte / Anlage	Becherpflanze / - / Blockanlage 1-faktoriell			
Aussaat (Pflanzung) / Auflauf	10.05.2012 / 11.06.2012		Vorfrucht / Bodenbea.	Futterleguminosen
Bodenart / Ackerzahl	Lehm / 58		N-min / N-Düngung 134 / - kg/ha	
Versuchsglieder				
Anwendungsform	SPRITZEN	SPRITZEN	SPRITZEN	
Datum, Zeitpunkt	16.05.2012/VA	22.06.2012/NA	12.07.2012/NA	
BBCH (von/Haupt/bis)	3/3/3	11/12/14	12/13/15	
Temperatur	7,9°C	20,4°C	14,9°C	
Wind	1,2m/s W	1,9m/s W	3m/s SW	
Blattfeuchte /Bodenfeuchte	trocken/trocken	trocken/trocken	trocken/trocken	
1 Kontrolle				
2 Butisan	1,5 l/ha			
Boxer		3,0 l/ha		
3 Basta	3,0 l/ha			
Boxer		3,0 l/ha		
4 Basta	3,0 l/ha			
Lentagran WP		1,0 kg/ha	1,0 kg/ha	
5 Basta	3,0 l/ha			
Stomp Aqua		3,0 l/ha		
6 Basta	3,0 l/ha			
Basagran		1,0 l/ha		
7 Butisan		1,0 l/ha		
Tomigan 180		0,5 l/ha		
Lentagran WP		1,0 kg/ha		
8 Gardo Gold			4,0 l/ha	

Ergebnisse												
16.05.2012												
Zielorganismus Symptom	NNNNN DG											
1 Kontrolle	0,0											
12.06.2012												
Zielorganismus Symptom	NNNNN DG	NNNNN PHYTO	NNNNN AD	NNNNN AH	NNNNN VAE							
1 Kontrolle	4,0											
2 Butisan; Boxer		0	0	0	0							
3 Basta; Boxer		0	0	0	0							
4 Basta; Lentagran WP		0	0	0	0							
5 Basta; Stomp Aqua		0	0	0	0							
6 Basta; Basagran		0	0	0	0							
11.07.2012												
Zielorganismus Symptom	NNNNN DG	NNNNN PHYTO	NNNNN AD	NNNNN AH	NNNNN VAE							
1 Kontrolle	10,0											
2 Butisan; Boxer		5	5	0	0							
3 Basta; Boxer		4	0	4	0							
4 Basta; Lentagran WP		0	0	0	0							
5 Basta; Stomp Aqua		0	0	0	0							
6 Basta; Basagran		3	0	3	0							
7 Butisan + Tomigan 180 + Lentagran WP		18	0	18	0							
26.07.2012												
Zielorganismus Symptom	NNNNN DG	NNNNN PHYTO	NNNNN AD	NNNNN AH	NNNNN VAE							
1 Kontrolle	12,0											
2 Butisan; Boxer		5	5	0	0							
3 Basta; Boxer		0	0	0	0							
4 Basta; Lentagran WP		20	0	20	0							
5 Basta; Stomp Aqua		0	0	0	0							
6 Basta; Basagran		5	0	5	0							
7 Butisan + Tomigan 180 + Lentagran WP		3	0	3	0							
8 Gardo Gold		61	0	55	6							
08.08.2012												
Zielorganismus Symptom	NNNNN DG	NNNNN PHYTO	NNNNN AD	NNNNN AH	NNNNN VAE							
1 Kontrolle	15,0											
2 Butisan; Boxer		5	5	0	0							
3 Basta; Boxer		1	0	1	0							
4 Basta; Lentagran WP		8	0	8	0							
5 Basta; Stomp Aqua		0	0	0	0							
6 Basta; Basagran		3	0	3	0							
7 Butisan + Tomigan 180 + Lentagran WP		0	0	0	0							
8 Gardo Gold		48	0	35	13							

Durch die Versuche ist es gelungen ist, Lösungen zum Herbizideinsatz in gepflanzter und gedrillter Silphie zu erarbeiten. Allerdings ist das derzeit zu empfehlende Mittelspektrum noch relativ begrenzt, so dass weitere Untersuchungen dringend erforderlich sind. Auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse wurden durch die BASF Genehmigungen der Anwendung von Stomp Aqua nach § 51 PSchG in der Durchwachsenen Silphie beantragt. Dies betrifft sowohl den Einsatz in gepflanzten, wie auch in gesäten und etablierten Beständen. Mit Genehmigung des Antrages wird die Applikation des Mittels allen Silphieanbauern ohne vorherige Beantragung einer Ausnahmegenehmigung möglich sein.

II.2 Praxisversuche

Im Rahmen des Projektes wurde eine Reihe von Praxisversuchen betreut. Wegen der noch geringen Saatgutverfügbarkeit und des hohen Aufwands der bisher praktizierten Handerte bei der Saatgutgewinnung wurde der 2007 angelegte Praxisversuch in der Pahren Agrar GmbH & Co. KG in Abstimmung mit der FNR zur Erprobung erster Ideen für eine maschinelle bzw. teilmechanisierte Saatguternte genutzt. Zum Ersten kam ein Feldhäcksler E 281 C am 28.10.2010 zum Einsatz. Mit diesem wurde in maximaler Schnitthöhe (ca. 70 cm) der Blühhorizont abgeschnitten, gehäckselt und anschließend das Häckselgut getrocknet. Bei einer Gesamtwuchshöhe des Silphiebestandes von ca. 180 cm beinhaltete das Erntegut, neben den Blütenständen, auch erhebliche Blatt- und Stängelbeimischungen. Eine von der TLL entnommene, repräsentative Probe (27 % TS) enthielt nur 9,4 % Samen. Negativ waren auch die Beschädigungen des Saatgutes durch die Häckselmesser.

Ein zweiter Versuch wurde mit einem Mährescher Massey Ferguson CEREAL am 02.11.2010 unternommen. Auch hier betrug die maximale Schnitthöhe ca. 70 cm, was letztendlich zu ähnlichen Problemen wie beim vorab beschriebenen Feldhäcksler führte. Das Erntegut war extrem feucht bei nur ca. 12,2 % Samenanteil. Die hohe Lagerdichte des durch den Mährescher noch feiner zerkleinerten Materials ließ zudem ein schnelles Verderben der Samen durch Erhitzung befürchten.

In einem dritten Verfahren ist am 10.11.2010 ein Schwadmäher erprobt worden. Um die Schnitthöhe auf den Bereich des Blühhorizontes anzuheben, wurde dieser auf einen Tieflader gestellt und die komplett geschnittenen, unzerkleinerten Blütenstände mit einem Förderband auf einen Hänger übergeladen. Anschließend erfolgten die Trocknung des gesamten Erntegutes und der Drusch mittels Ständrescher. Eine Endreinigung eines Teils des Erntegutes bei NLC schloss sich an. Leider enthielt das gewonnene Saatgut kaum noch keimfähige Samen (ca. 4 %), was nur an dem zu späten Erntetermin lag. Trotzdem lieferte das teilmechanisierte Verfahren vielversprechende Ansätze, auf denen aufgebaut werden konnte.

Auch im Jahr 2011 wurde der beschriebene Praxisversuch teilweise für die Saatguternte genutzt. Dabei erfolgte auf einem Teilstück von 200 m² eine manuelle Ernte am 01.09.2012, d. h. der gesamte Samenstand wurde von Hand abgeschnitten, nachgetrocknet und anschließend gedroschen. Auf 600 m² führte die Pahren Agrar GmbH & Co. KG am 12.09.2012 eine maschinelle Ernte der oberen Stängelteile durch. Auch hier schlossen sich die Nach-trocknung und der Drusch an. Diese Arbeitsgänge erfolgten analog zur Handerte bei der NLC in Erfurt. Die Erträge der Handerte beliefen sich auf 120 kg/ha gereinigte Ware mit 89 % Keimfähigkeit nach der Saatgutbehandlung. Bei der mechanisierten Ernte war der Ertrag mit 53 kg/ha deutlich geringer, die Keimfähigkeit nach Behandlung jedoch mit 98 % sehr hoch. Die geringeren Erträge bei der maschinellen Ernte resultierten wahrscheinlich aus größeren Verlusten, zum einen durch den stärkeren Eingriff in das Erntegut während des Ernteprozesses, zum anderen aber möglicherweise auch durch die etwas spätere Ernte. Der höhere Stängelanteil bei der mechanisierten Ernte verursachte bei der Nacherntebehandlung einen deutlichen Mehraufwand. Trotzdem bot das Verfahren gute Ansätze für eine weitere Optimierung der maschinellen Samenernte. Auf Basis dessen entwickelte die NLC ein teilmechanisiertes Verfahren, mit dem mit geringerem Aufwand größere Saatgutmengen in guter Qualität erzeugt werden können.

Das nach der Samenernte auf dem Feld verbliebene Pflanzenmaterial wurde am 30.09.2011 mit einem Maishäcksler geerntet. Der Ertrag der gehäckselten Silphie belief sich auf 90,8 dt TM/ha, die vorher entnommenen Samenstände machten etwa 25 dt TM/ha aus, so dass ins-

gesamt ein Ertrag von ca. 115 dt TM/ha erzielt wurde. Allerdings lag der TS-Gehalt durch die späte Ernte wegen der vorherigen Samenernte bei 45 %. Da die Silierung jedoch zusammen mit Sorghumhirse, die einen geringen TS-Gehalt aufwies, erfolgte, traten keine Probleme auf. Der realisierte Ertrag entsprach in etwa dem Maisertrag der Pahren Agrar 2011. Bei Wertung der Ergebnisse ist jedoch zu beachten, dass aufgrund der geplanten Saatguternte in 2011 nur eine verhaltene N-Düngung von 100 kg/ha erfolgte. Hohe N-Gaben fördern ja bekanntlich das vegetative Wachstum, führen zu massigeren, hohen Beständen und verzögern die Reife. Dies sollte im Interesse eines maschinell erntbaren Saatgutbestandes vermieden werden.

In 2012 ist der Silphieschlag zur Silageproduktion für die Biogasanlage genutzt worden. Im Frühjahr erfolgte am 06.03. eine mineralische N-Düngung mit 40 kg/ha, am 15.03. eine organische Düngung mit betriebseigener Biogasgülle in Höhe von 29,4 m³. Dies entsprach einer Nährstoffzufuhr von 94 kg N/ha, 11,8 kg P/ha sowie 55,9 kg K/ha. Geerntet wurde am 04.09.2012 mit einem Feldhäcksler bei einem TS-Gehalt von 33 %. Der Ertrag belief sich auf 93,4 dt TM/ha und lag damit etwa 15 % unter dem Maisertrag des Betriebes. Probleme bei der Silierung traten trotz des recht hohen TS-Gehaltes nicht auf, da die Silphie zusammen mit Sorghumhirse, die sehr feucht war, siliert wurde. Aufgrund der bisherigen guten Ergebnisse mit der Durchwachsenen Silphie erweiterte die Pahren Agrar GmbH & Co. KG in 2012 ihre Anbaufläche.

Weitere Praxisversuche wurden 2009 auf 2,11 ha (Schlag Trübeteich) und 1,78 ha (Schlag Holzweg) in der Agrarprodukte Ludwigshof e. G. durch Pflanzung etabliert. In 2010 erfolgte die erste Ernte am 12. Oktober mit einem Feldhäcksler auf beiden Schlägen zusammen. Der TM-Ertrag belief sich auf 92,5 dt/ha bei einer TS zur Ernte von 24 %. Das Ertragsniveau der Silphie entsprach damit in etwa dem Silomaisertrag auf einem benachbarten Schlag. Hier wurden etwa 95 dt TM/ha geerntet. Trotz des niedrigen TS-Gehaltes zur Ernte trat kein Sickersaft bei der separat silierten Silphie auf. Eine Analyse der Silage ergab eine Methanausbeute von ca. 320 NI/kg oTS. Beim Einsatz in der Biogasanlage traten keine Probleme auf. Beide Schläge erhielten im zweiten Ertragsjahr 2011 eine N-Düngung von 160 kg/ha in zwei Gaben am 12.03. und am 29.04.2011, der Schlag Holzweg zusätzlich eine K-Gabe von 200 kg/ha am 29.03.2011. Weitere Arbeiten während der Vegetation waren in den gut entwickelten Beständen nicht erforderlich. Die Ernte erfolgte am 17.10.2011 bei einem Trockensubstanzgehalt von 31 %. Zu diesem Termin waren nach Einschätzung des Betriebes bereits viele Blätter vergilbt und durch den Blattfall traten erhebliche Ertragsverluste auf. Der realisierte Ertrag belief sich auf 70 dt TM/ha und lag damit ca. 20 % unterhalb des Maisertrages auf dem benachbarten Schlag. Die Silierung erfolgte wie schon im Vorjahr separat ohne Probleme. Im letzten Projektjahr 2012 erhielten beide Schläge eine Düngung von 100 kg N/ha als Alzon sowie zusätzlich 40 m³ Gärrest, weitere Maßnahmen waren nicht erforderlich. Die Ernte erfolgte wiederum relativ spät bei einem TS-Gehalt von 32 %. Die Erträge beliefen sich auf 79,1 dt TM/ha (Schlag Holzweg) bzw. 70,8 dt TM/ha (Schlag Trübeteich) und lagen damit ca. 30 % unter dem Mais, der allerdings auf deutlich besseren und tiefgründigeren Böden stand.

Des Weiteren kam in der Agrarprodukte Ludwigshof e. G. 2011 ein Drillversuch auf ca. 0,75 ha zur Anlage. Bei der Fläche handelte es sich um eine ehemalige Brachfläche, die über mehrere Jahre der Kompostierung von Ernterückständen diente. Nach Beräumung der Komposthaufen erfolgte eine Behandlung mit einem Totalherbizid am 21.04.2011. Anschließend wurde mehrfach bearbeitet, um weitere unverrottete Rückstände zu zerkleinern. Verbleiben-

de organische und anorganische Rückstände wurden händisch abgesammelt. Zur Aussaat am 26.05.2011 befand sich die Fläche in einem guten Zustand, die Oberfläche war feinkrümelig und ausreichend rückverfestigt, um eine gleichmäßig flache Ablage zu erzielen. Bei einem betriebsüblichen Reihenabstand von 62,5 cm und einem Anlageabstand von 12 cm in der Reihe wurden 13 bis 14 Samen/m² mit der Parzellentechnik der TLL abgelegt. Nach der Saat applizierte die AP Ludwigshof am 04.06.2011 2,0 l/ha Stomp Aqua im Voraufbau. Der Feldaufgang erfolgte relativ gleichmäßig nach den ersten ergiebigeren Niederschlägen um den 10.06.2011. Die Feldaufgangsrates lag bei 35 %. Zum frühest möglichen Termin kam eine Maschinenhacke zum Einsatz. Eine Handhacke schloss sich am 28.07.2011 an. Des Weiteren wurden Select 240 EC + Para Sommer (0,75 + 1,5 l/ha) am 29.08.2011 gegen Ungräser sowie eine Tankmischung Stomp Aqua + Boxer (je 3,0 l/ha) am 30.08.2011 appliziert. Durch eine weitere Maschinenhacke am 15.09.2011 ging der Bestand weitgehend unkrautfrei in die Vegetationsruhe. Allerdings zeigte sich im Jahresverlauf eine sehr ungleichmäßige Entwicklung der Silphiepflanzen. Während sie sich in den Randbereichen der Fläche optimal und zügig entwickelten, blieben sie in der Mitte des Schlages, wo die Komposthaufen gelagert hatten, deutlich zurück. Da an einigen Stellen auch kein Unkraut wuchs, lässt sich das nur durch eventuelle Rückstände im Boden oder ein nicht intaktes Bodenleben erklären. Nach Bonitur des Schlages im März 2012 ließ sich einschätzen, dass es trotz der nicht optimalen Bodenverhältnisse gelungen war, einen relativ gleichmäßigen Bestand zu etablieren. Die Pflanzen hatten zum überwiegenden Teil mehrere Schosstriebe angelegt, so dass in 2012 ein erntewürdiger Bestand zu erwarten war. Allerdings trieben die Pflanzen, bedingt durch die extreme Winter- und Frühjahrstrockenheit, relativ zögerlich aus. Wasserreserven aus tieferen Bodenschichten konnten sich die noch jungen Pflanzen kaum erschließen und auch der nicht optimale, flachgründige Standort führte zu Trockenstress. Dadurch trat wiederum eine starke Verunkrautung auf, die mit der Applikation einer Tankmischung Basagran (2,0 l/ha) + Lentagran (1,0 kg/ha) sowie von Targa Super (2,0 l/ha) bekämpft wurde. Da der Unkrautbesatz weiterhin hoch blieb, ist der Bestand am 01.07.2012 gehäckselt und kompostiert worden.

In der Agrargenossenschaft Hedersleben erfolgte im Frühjahr 2010 die Aussaat eines ca. 1 ha großen Schlages mit Durchwachsener Silphie. Dabei wurde, ungeachtet der Risiken einer Silphieuntersaat, die extrem wüchsige Sorghumhirse-Sorte ‚Goliath‘ als Deckfrucht angesät. Trotz einer Saatstärke der Silphie von ca. 4,7 kg/ha konnten sich unter dem dichten Bestand nur ca. 2 bis 6 Pflanzen/m² etablieren, die bis zum Vegetationsende lediglich das 3- bis 6-Blattstadium und Wuchshöhen <10 cm erreichten. Einige Pflanzen waren auch noch im Keimblattstadium, was wahrscheinlich dem geringen Niederschlag im Juni nach der Aussaat geschuldet war. Bei den späteren reichlichen Niederschlägen war die Deckfrucht bereits so dicht, dass das Wasser auch nicht mehr zum Keimen des Silphiesaatgutes ausreichte. Es war somit zu befürchten, dass die Pflanzen in 2011 nicht schossen und kein Ertrag erzielt werden kann. Eine Rücksprache mit dem Landwirtschaftsbetrieb im Frühjahr ergab, dass immer noch Pflanzen auflaufen und somit, zumindest für 2012, ein etablierter Bestand zur Ernte bereitstehen könnte. Aufgrund der beschriebenen Probleme wurde die Betreuung des Versuches durch die TLL eingestellt. Allerdings ergab eine Rückfrage in der Agrargenossenschaft Hedersleben im Herbst 2012, dass sich der Silphiebestand etabliert hat und ohne jegliche Pflege- und Düngungsmaßnahmen immerhin einen Ertrag von 94,3 dt TM/ha erreichte. Um weitere Praxisdaten zur Silphieaussaat zu erarbeiten, erfolgte in der Agrargenossenschaft Wörlitz am 05.06.2012 die Anlage einer Praxisfläche von 1 ha. Gesät wurde mit einer

pneumatischen Einzelkornsämaschine vom Typ Monosem (2,5 mm Lochscheiben) mit einem Reihenabstand von 45 cm und einem Ablageabstand in der Reihe von 9 cm. Die Saatstärke belief sich somit auf 2,0 kg/ha. Zur Aussaat war der Boden aufgrund vorheriger Niederschläge gut durchfeuchtet. Während der nachfolgenden trockenen Witterungsperiode bewässerte der Betrieb mit dem Schleppschlauch (Gülletechnik). Im Voraufbau kam eine Tankmischung von je 2,5 l/ha Boxer + Stomp Aqua zur Anwendung. Weitere Unkrautregulierungsmaßnahmen erfolgten nicht. Eine Bonitur des Feldaufgangs ergab, dass eine Bestandesdichte von ca. 4,8 Pflanzen/m² erreicht worden ist, was einer Feldaufgangsrate von ca. 36 % entspricht. Diese, trotz günstiger Bedingungen, geringe Aufgangsrate ist wahrscheinlich der etwas zu tiefen Ablage von 3 bis 4 cm, auf die die Maschine eingestellt war, geschuldet. Bei der Bonitur im Frühjahr 2013 waren die Pflanzenzahlen/m² unverändert, Auswinterungsschäden waren demzufolge nicht aufgetreten. Ein relativ hoher Besatz mit Ungräsern wurde durch eine Applikation von 2,0 l/ha Fusilade MAX im April 2013 bekämpft. Zur Nährstoffversorgung ist die Ausbringung von 2 x 30 m³ Gärrest vorgesehen, was für eine optimale Ernährung der Pflanzen ausreichend sein sollte. Insgesamt verspricht der gut etablierte Bestand zukünftig hohe Erträge.

Im Rahmen eines Pilot- und Demonstrationsvorhabens des Freistaates wurden in 2011 Praxisflächen in den drei Agrarbetrieben auf insgesamt ca. 5 ha Fläche angelegt. Die Bestandesetablierung erfolgte durch Pflanzung. In allen drei Betrieben waren hohe Anwuchsraten zu verzeichnen. Probleme bereitete im späteren Vegetationsverlauf insbesondere auf einem Standort die starke Verunkrautung, die nur durch ein Abmulchen des Bestandes eingedämmt werden konnte. Bedingt durch die Unkrautkonkurrenz gingen die Silphiepflanzen hier relativ schwach entwickelt in den Winter, was sich in einem geringen Ertrag von ca. 50 % des Maisertrages widerspiegelte. Deutlich besser schnitt die Silphie im zweiten Betrieb mit 107 dt TM/ha ab, obwohl auch hier der Maisertrag höher war. Aufgrund eines Eigentümerwechsels war eine weitere Betreuung des Pilotvorhabens am dritten Standort nicht möglich.

In der Weiterführung des Thüringer Pilot- und Demonstrationsprojektes 2012 bildete die Bestandesetablierung durch Aussaat den Schwerpunkt der Arbeiten. Auf insgesamt ca. 10 ha wurde in sieben Landwirtschaftsunternehmen in Nord-, Mittel- und Ostthüringen Silphie ge-drillt. Dabei kamen in den einzelnen Betrieben Flächen zwischen 0,5 und 2,5 ha zur Anlage. Das vorbehandelte Saatgut stammte von der NLC in Erfurt. Zur Aussaat, die sich vom 11.05. bis 02.06.2012 erstreckte, wurde die betriebseigene Technik verwendet, in der Regel mechanische Drillmaschinen mit kontinuierlicher Ablage, keine Einzelkornsämaschinen. Allerdings kam es bei einigen Maschinen zu Problemen mit dem schlecht fließenden Silphiesaatgut, das zu Verstopfungen führte. Die Saatstärke schwankte zwischen 2,0 und 2,5 kg/ha. Problematisch war die trockene Witterung nach der Saat, durch die sich das Auflaufen der Pflanzen verzögerte. Zudem kam es an einigen Orten zu Starkniederschlägen, die dann wiederum zu Verschlämmungen und Verkrustungen der Oberfläche führten, was sich wiederum negativ auf die Feldaufgangsbedingungen auswirkte. Bonituren ergaben, dass je m² zwischen 6 und 9 Pflanzen aufgegangen waren, was bei gleichmäßiger Verteilung durchaus für einen guten Bestand ausreicht. Trotz einmaligem Herbizideinsatz und teilweise auch mechanischer Pflege entwickelte sich auf allen Flächen ein recht hoher Unkrautbesatz, der teilweise durch den Einsatz eines Mulchers in ca. 10 cm Höhe eingedämmt wurde. Im Ergebnis der Bonituren im Herbst zeigte sich, dass die Bestände recht unterschiedlich entwickelt waren. Einige Schläge waren sehr gleichmäßig, nahezu unkrautfrei und hatten nahezu Bestandeschluss erreicht. Hier wiesen die Pflanzen Rosettendurchmesser von ca. 40 bis 60 cm auf,

was auf hohe Erträge im ersten Erntejahr schließen lässt. Andere Schläge waren dagegen lückiger mit höherem Unkrautbesatz, wiesen aber auch die erforderliche Sollpflanzenzahl auf, so dass kein Umbruch erforderlich war. Alle in 2012 im Rahmen des Thüringer Pilot- und Demonstrationsvorhabens gedrillten Silphiebestände werden in 2014 einen Ertrag liefern, wobei die volle Ertragshöhe bei den weniger gut entwickelten Schlägen erst ab 2014 zu erwarten ist.

Insgesamt belegen die Aussaatversuche in der Praxis, dass eine Silphiesaat generell möglich ist. Sie zeigen aber auch, dass die Silphie hohe Anforderungen an die Saatbettqualität stellt und einen relativ hohen Pflegeaufwand erfordert. Wichtig ist auch eine gleichmäßige flache Ablage, für die es zukünftig geeignete Maschinentypen in der Praxis zu eruieren gilt. Auch der chemisch-mechanischen Pflege der Bestände muss weiterhin große Aufmerksamkeit zukommen.

II.3 Telefonische Befragung der Silphieanbauer

Die Kriterien der Befragung erfüllten 121 Betriebe mit insgesamt ca. 180 ha Anbaufläche. Von diesen gaben 76 Auskunft, was 63 % entspricht. Diese bewirtschafteten insgesamt ca. 147 ha Silphie, so dass 74 % der ausgewählten Anbaufläche erfasst worden sind. Dabei waren die Anbauer über nahezu das gesamte Bundesgebiet verteilt (Tab. 45).

Tabelle 45: Silphieanbauer nach Bundesländern – Teilnehmer der Befragung 2012

Bundesland/Anlagejahr	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Gesamt
Baden-Württemberg	-	1	-	-	1	2	4
Bayern	-	-	-	3	2	5	10
Brandenburg	-	-	-	1	1	2	4
Hessen	-	-	-	2	2	-	4
Mecklenburg-Vorpommern	-	-	-	-	-	2	2
Niedersachsen	-	-	-	4	17	13	34
Nordrhein-Westfalen	-	-	-	1	-	1	2
Saarland	-	-	-	-	-	2	2
Sachsen-Anhalt	-	-	-	1	1	-	2
Schleswig-Holstein	-	-	-	2	-	-	2
Thüringen	1	-	1	1	6	1	10
Summe	1	1	1	15	30	15	76

Den flächenmäßig größten Anbauumfang wiesen laut der Befragung Niedersachsen, Brandenburg, Thüringen und Bayern auf (Tab. 46).

Tabelle 46: Silphieanbauflächen nach Bundesländern – Teilnehmer der Befragung 2012

Bundesland/Anlagejahr	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Gesamt
Baden-Württemberg	-	1,5	-	-	0,5	1,5	3,5
Bayern	-	-	-	3,1	1,9	10,7	15,7
Brandenburg	-	-	-	2,5	2,0	40,0	44,5
Hessen	-	-	-	1,2	2,8	-	4,0
Mecklenburg-Vorpommern	-	-	-	-	-	5,3	5,3
Niedersachsen	-	-	-	0,7	20,2	15,7	42,6
Nordrhein-Westfalen	-	-	-	2,6	-	1,0	3,6
Saarland	-	-	-	-	-	4,0	4,0
Sachsen-Anhalt	-	-	-	1,0	1,6	-	2,6
Schleswig-Holstein	-	-	-	3,8	-	-	3,8
Thüringen	0,6	-	3,8	0,7	11,7	0,5	17,3
Summe	0,6	1,5	3,8	21,6	40,7	78,7	146,9

Dabei sind mit Niedersachsen und Bayern Regionen mit hoher Maiskonzentration vertreten. Der große Anbauumfang in Brandenburg ist auf ein von der FNR gefördertes Projekt zurückzuführen, in dem verschiedenen Biogaspflanzen, darunter auch die Silphie, auf insgesamt je

40 ha angebaut und beim Einsatz in der Biogasanlage verglichen werden. In Thüringen, einem Bundesland mit < 10 % Mais an der Ackerfläche, ist die vergleichsweise umfangreiche Anbaufläche zum Großteil durch die Pilot- und Demonstrationsvorhaben des Freistaats bedingt.

Auch die klimatischen Bedingungen unterscheiden sich in den Bundesländern erheblich, so dass eventuell auch Rückschlüsse auf die Standorteignung der Silphie möglich sein sollten. Die in Tabelle 47 dargestellten Standortdaten zeigen auch, dass die Silphie insgesamt auf Flächen mit relativ geringer Bodengüte angebaut wurde. Die meisten Landwirtschaftsbetriebe nutzten Rest- und Splitterflächen für den Anbau der Dauerkultur, was den direkten Vergleich mit dem Mais, der in der Regel auf besseren Flächen stand, verzerrt.

Tabelle 47: Charakterisierung der erfassten Anbauflächen

Bundesland/Anlagejahr	Ackerzahl	Niederschlag (mm)	Temperatur (°C)
Baden-Württemberg	51	743	8,5
Bayern	37	754	7,6
Brandenburg	32	533	7,9
Hessen	44	623	7,4
Mecklenburg-Vorpommern	32	555	8,0
Niedersachsen	35	733	8,3
Nordrhein-Westfalen	37	733	10,3
Saarland	47	745	9,4
Sachsen-Anhalt	34	525	7,8
Schleswig-Holstein	29	925	7,8
Thüringen	41	599	8,0
Mittelwert	37	696	8,2

Bei der Befragung wurden zum einen die anbautechnischen Daten des Anlagejahres erfasst und mit der Pflanzenentwicklung bis zum Herbst nach der Pflanzung in Beziehung gesetzt. Dabei ist zu beachten, dass es sich, insbesondere bei den Angaben zur Pflanzenentwicklung, um subjektive Einschätzungen der Befragten handelt. Die Abfrage ergab, dass 92 % der Betriebe im Zeitraum Mai/Juni pflanzten. Die Pflanzen erreichten einen Bestandesschluss von ca. 75 % und entwickelten Rosetten von etwa 40 cm Durchmesser. Die erst im Juli gepflanzten Bestände gingen mit < 60 % Bestandesschluss und 30 cm Durchmesser deutlich schwächer entwickelt in den Winter. Auch eine Beregnung bzw. Bewässerung nach der Pflanzung, die mehr als die Hälfte der Anbauer durchführten, begünstigte die Pflanzenentwicklung. Gleiches gilt für die Düngung im Anpflanzjahr, die von 70 % der Landwirte vorgenommen worden ist. Sehr stark wirkte sich auch die Pflegeintensität, d. h. die Anzahl chemischer und/oder mechanischer Unkrautbekämpfungsmaßnahmen auf die Pflanzenentwicklung aus. So erreichten Bestände mit 0 bis 2 Maßnahmen einen Bestandesschluss von knapp 70 %, solche mit hoher Pflegeintensität von mehr als vier Maßnahmen dagegen über 90 %, wobei hier auch der allgemeine Zustand der Fläche und der vorhandene Unkrautdruck zu berücksichtigen ist. Tatsache ist jedoch, dass Schläge mit geringer Verunkrautung deutlich besser entwickelt in den Winter gingen als solche mit mittlerem bzw. starkem Unkrautbesatz. Nach Einschätzung der befragten Landwirte wiesen gering verunkrautete Bestände einen Deckungsgrad von mehr als 90 % auf, bei mittel bis stark verunkrauteten bedeckte die Silphie im Herbst gerade mal 60 bis 70 % des Bodens.

Im zweiten Teil der Befragung wurden die agrotechnischen Daten und die Ertragsleistung der Silphie im ersten Erntejahr erfasst. In die Auswertung gingen die Angaben von 31 Betrieben mit knapp 50 ha Silphiefläche ein, wobei wiederum eine große Streubreite der klimatischen Verhältnisse gegeben war (Tab. 48).

Tabelle 48: Charakterisierung der erfassten Anbauflächen

Bundesland	Betriebe	Fläche (ha)	Ackerzahl	Niederschlag (mm)	Temperatur (°C)
Baden-Württemberg	1	1,5	58	680	7,8
Bayern	4	3,9	46	595	7,3
Brandenburg	2	4,5	35	455	8,9
Hessen	3	3,4	38	685	6,4
Niedersachsen	10	13,7	36	673	8,2
Nordrhein-Westfalen	2	5,4	26	800	9,8
Sachsen-Anhalt	1	1,0	50	550	7,8
Schleswig-Holstein	2	3,8	29	925	7,8
Thüringen	6	11,4	44	600	7,8
Summe bzw. Mittelwert	31	48,6	39	699	8,0

Der Vergleich der Silphieerträge mit dem Maisertrag des jeweiligen Betriebes im gleichen Jahr zeigte, dass die Silphie im Durchschnitt aller befragten Unternehmen im ersten Erntejahr 63 % vom Mais erreichte. Dabei schwankte der Wert zwischen 46 % und 89 % in den einzelnen Bundesländern (Tab. 49).

Tabelle 49: Vergleich der Silphieerträge im ersten Erntejahr mit dem Maisertrag des gleichen Jahres

Bundesland	Silphieertrag (dt TM/ha)	Maisertrag (dt TM/ha)	Silphie rel. zu Mais (%)
Baden-Württemberg	165,2	185,0	89
Bayern	120,3	175,1	69
Brandenburg	86,8	149,8	58
Hessen	82,5	166,3	50
Niedersachsen	75,1	163,2	46
Nordrhein-Westfalen	123,7	196,8	83
Sachsen-Anhalt	61,6	105,0	59
Schleswig-Holstein	67,9	120,1	56
Thüringen	86,5	153,3	53
Mittelwert	89,8	160,5	63

Bei Betrachtung der Ertragshöhe ist einerseits zu beachten, dass die Silphie, wie auch aus Tabelle 48 hervorgeht, nicht immer auf Flächen der gleichen Standortgüte stand wie der Mais. Zum anderen waren die Jahre 2011 und 2012, in denen die meisten Betriebe ihre Silphie erstmals ernteten, von der Witterung ausgesprochen günstig für den Mais, so dass in den meisten Regionen überdurchschnittliche Maiserträge erzielt wurden. Zudem ist durch die anbautechnischen Versuche belegt, dass der Silphieertrag im zweiten Erntejahr ansteigt.

Dass bei entsprechend intensiver Bearbeitung der Silphie aber auch im ersten Erntejahr bereits Erträge auf Maisniveau möglich sind, zeigt Abb. 29.

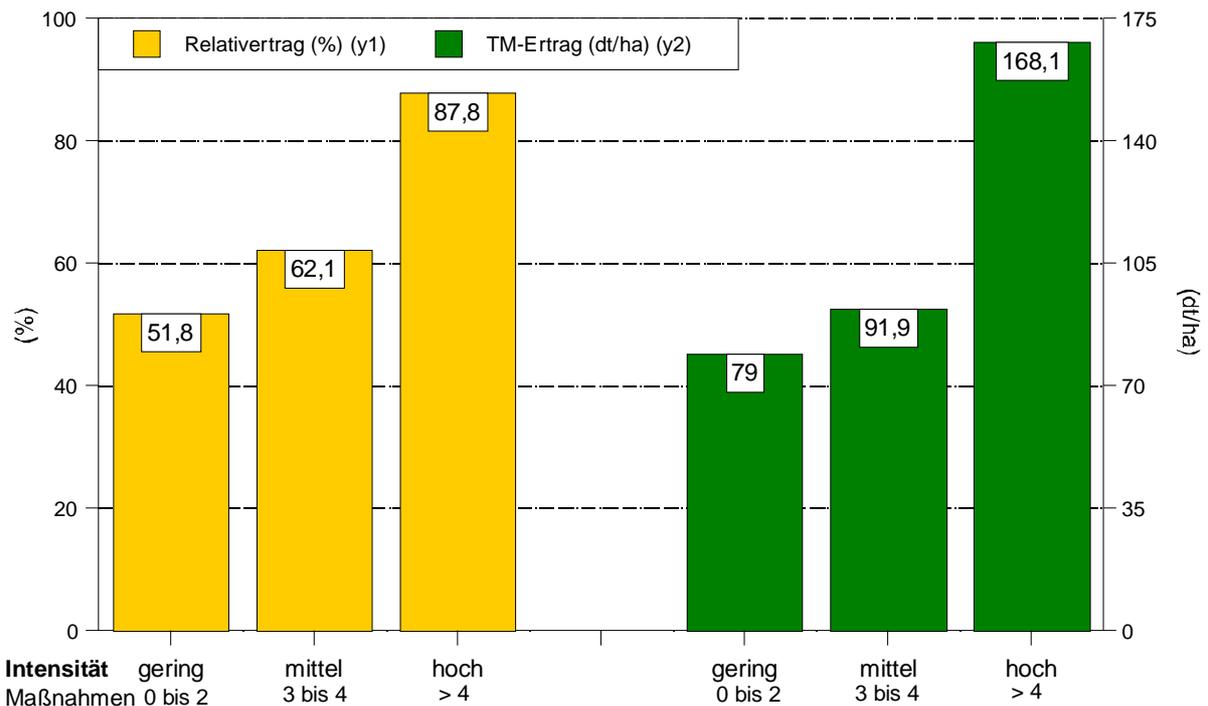


Abbildung 29: Einfluss der Pflegeintensität auf den Ertrag von Silphie im ersten Erntejahr im Vergleich zu Mais

Insgesamt bestätigten die Ergebnisse der Befragung, dass sich mit steigender Intensität im Anlagejahr die Aufwendungen in den Folgejahren deutlich verringern. Gleichzeitig sind bei einer entsprechenden Pflege und Düngung bereits im ersten Erntejahr hohe Erträge möglich, womit sich die Konkurrenzfähigkeit der Silphie gegenüber dem Mais verbessert. Gleichzeitig zeigte die Befragung auch, dass es wichtig ist, rechtzeitig zu pflanzen, bei Bedarf eine Anpflanzbewässerung durchzuführen, die N-Versorgung der Jungpflanzen zu gewährleisten und termingerechte Unkrautbekämpfungsmaßnahmen abzusichern. Mit diesen Maßnahmen können die Pflanzen bis zum Herbst des Anpflanzjahres eine große Rosette bilden und den Bestand schließen, was wiederum geringe Aufwendungen im Folgejahr und hohe Erträge schon im ersten Erntejahr zur Folge hat.

Von den befragten Landwirten bekundeten 75 % die Absicht, ihre Anbauflächen auszudehnen, von denen wiederum 75 % dies ausschließlich auf Basis eines praxistauglichen Säverfahrens in Betracht ziehen, 20 % würden gegebenenfalls auch Pflanzen, 5 % ziehen die Pflanzung generell vor. 20 % der Silphieanbauer machen ihre Entscheidung zur Ausdehnung des Flächenumfangs von den weiteren Ergebnissen abhängig. Lediglich 5 % planen vorerst keine Erweiterung der Silphie im Betrieb.

II.4 Bereitstellung von Selektionsmaterial

Zu Projektbeginn wurden 100 Einzelpflanzen (EP) aus einem dreijährigen Silphiebestand einer russischen Herkunft in Dornburg ausgegraben, geteilt und in Erfurt als Reihenpflanzung wieder eingesetzt. In Dornburg erfolgte die Pflanzung im Abstand von 1 x 1 m isoliert von anderen Silphieversuchen bzw. -beständen. In 2010 waren an diesen Pflanzen noch keine Untersuchungen möglich, da sich die Pflanzen aufgrund des Teilens und der Umpflanzung sehr unterschiedlich entwickelten. Es wurde lediglich eine Samenernte mittels Handpflücke durchgeführt und der NLC für eine eventuelle weitere Vermehrung zur Verfügung gestellt. In 2011 wurden die Einzelpflanzen hinsichtlich ihrer morphologischen Merkma-

le und ihrer Inhaltsstoffgehalte untersucht. Von den ursprünglich 100 Pflanzen waren in Dornburg 90 angewachsen. Die Ernte erfolgte am 31.08.2011. Es zeigte sich, dass innerhalb des Materials eine relativ große Variabilität besteht (Tab. 50). Dies bezieht sich sowohl auf morphologische als auch auf inhaltsstoffliche Merkmale. Insbesondere die Streubreite bezüglich der Gasausbeuten ließ auf gute Selektionschancen hoffen, wobei die Werte insgesamt auf einem relativ hohen Niveau lagen.

Tabelle 50: Variabilität selektierter Einzelpflanzen aus einer russischen Herkunft VS Dornburg 2011

Merkmal	Maßeinheit	n	\bar{x}	Minimum	Maximum
Trockenmasseertrag Ganzpflanze	g/Pflanze	90	2038	561	4373
Trockensubstanzgehalt Ganzpflanze	%	90	21,6	15,6	27,4
Stängelzahl/Pflanze		90	10,5	5	28
Blühende Stängel/Pflanze		90	9,6	5	23
Stängellänge	cm	90	273	207	313
Stängeldurchmesser	cm	90	2,18	1,18	3,17
Blatt : Stängel-Verhältnis	1 :	90	3,6	2,4	5,2
Rohaschegehalt in der Ganzpflanze (getrocknet)	% TM	90	10,97	8,85	13,80
Rohaschegehalt in der Ganzpflanze (Silage)	% TM	89	11,66	8,49	17,30
Ligningehalt in der Ganzpflanze (getrocknet)	% TM	90	7,58	6,03	10,50
Ligningehalt in der Ganzpflanze (Silage)	% TM	89	6,79	5,14	9,77
ADF in der Ganzpflanze (getrocknet)	% TM	90	44,79	36,80	53,90
ADF in der Ganzpflanze (Silage)	% TM	89	44,08	34,20	52,80
Biogausbeute HBT	NI/kg oTS	86	478,7	338,0	553,0
Methanausbeute HBT	NI/kg oTS	86	286,2	206,0	321,0

Morphologische Merkmale, TS-Gehalt zur Ernte und Ertrag einerseits und Inhaltsstoffgehalte andererseits waren in 2011 nicht miteinander korreliert. Die 13 besten EP wurden durch die NLC in einer Isolierstelle zur separaten Saatgutgewinnung zusammengefasst.

In 2012 erfolgte in Dornburg wiederum eine Bestimmung der morphologischen Merkmale sowie der Inhaltsstoffe analog zu 2011. Allerdings war eine Untersuchung der Biogas- und Methanausbeuten im HBT aus Kapazitätsgründen nicht möglich. Aus den Werten in Tabelle 51 geht hervor, dass trotz Ernte zum nahezu gleichen Termin (28.08.2012) wie im Vorjahr die Silphie schon deutlich stärker abgereift war. Die Variabilität innerhalb der morphologischen Merkmale und auch der Inhaltsstoffe war ähnlich hoch wie im Vorjahr.

Tabelle 51: Variabilität selektierter Einzelpflanzen aus einer russischen Herkunft VS Dornburg 2012

Merkmal	Maßeinheit	n	\bar{x}	Minimum	Maximum
Trockenmasseertrag Ganzpflanze	g/Pflanze	90	2436	921	5279
Trockensubstanzgehalt Ganzpflanze	%	90	27,0	22,5	35,3
Stängelzahl/Pflanze		90	14,7	8	32
Stängellänge	cm	90	260	155	306
Stängeldurchmesser	cm	90	1,71	0,92	2,44
Blatt : Stängel-Verhältnis	1 :	90	3,83	2,20	6,64
Rohaschegehalt in der Ganzpflanze (getrocknet)	% TM	90	10,24	7,35	12,90
Ligningehalt in der Ganzpflanze (getrocknet)	% TM	90	7,10	5,27	9,24
ADF in der Ganzpflanze (getrocknet)	% TM	90	46,36	40,30	58,30

Die EP-Erträge und die Stängellänge 2011 und 2012 waren positiv korreliert mit einem Bestimmtheitsmaß von $> 0,5$. Signifikante Beziehungen bestanden auch zwischen dem ADF- und Ligningehalt beider Jahre. Dies deutet darauf hin, dass diese Merkmale genetisch bedingt sind, was für die weitere Züchtung von großer Bedeutung ist.

Des Weiteren erfolgte in 2010 eine Einzelpflanzenselektion in einem 2008/09 etablierten Silphiebestand einer ukrainischen Herkunft. An den Pflanzen wurden zur Ernte verschiedene morphologische Merkmale erfasst und die Inhaltsstoffe anschließend separat in Blatt und

Stängel untersucht. Die zusätzlich vorgenommene Zählung der Blüten je Stängel diente zur Erarbeitung von grundlegenden Daten im Rahmen des Projektes zur „Agrarökologischen Bewertung der Durchwachsenen Silphie“, in dem die TLL involviert ist. Die Ergebnisse der EP-Untersuchung beinhaltet Tabelle 52.

Tabelle 52: Variabilität selektierter Einzelpflanzen aus einer ukrainischen Herkunft VS Dornburg 2010

Merkmal	Maßeinheit	n	\bar{x}	Minimum	Maximum
Trockenmasseertrag Ganzpflanze	g/Pflanze	21	744,7	333,6	1.335,6
Trockensubstanzgehalt Ganzpflanze	%	22	21,2	15,7	27,3
Stängelnzahl/Pflanze		22	9,9	6	16
Stängellänge	cm	107	237	125	295
Stängeldurchmesser	cm	107	1,48	0,70	2,50
Blütenzahl/Stängel		107	15,9	0	73
Blatt : Stängel-Verhältnis	1 :	21	2,0	1,3	3,6
Rohaschegehalt im Blatt	% TM	22	13,8	12,1	18,3
Rohaschegehalt im Stängel	% TM	22	6,23	4,21	9,30
Rohaschegehalt in der Ganzpflanze, berechnet	% TM	21	8,70	6,25	12,41
Ligningehalt im Blatt	% TM	22	5,10	3,17	9,59
Ligningehalt im Stängel	% TM	22	7,27	6,03	8,57
Ligningehalt in der Ganzpflanze, berechnet	% TM	21	6,54	5,37	8,59
ADF im Blatt	% TM	22	28,6	23,1	34,8
ADF im Stängel	% TM	22	49,4	43,5	56,2
ADF in der Ganzpflanze, berechnet	% TM	21	42,3	37,5	50,3

Die Werte verdeutlichen, dass innerhalb der insgesamt recht homogen erscheinenden Silphieherkunft eine erhebliche Variabilität vorhanden war, die Spielraum für eine erfolgreiche Auslese versprach. Interessant war, dass die analysierten Asche-, Lignin- und ADF-Gehalte im Mittel der selektierten Pflanzen deutlich unter denen der restlichen Versuche lagen. Hier wurden im Mittel von 165 untersuchten Proben 10,5 % (7,69 bis 15,80 %) Asche, 7,53 % (5,10 bis 10,6 %) Lignin und 46,7 % (37,2 bis 61,9 %) ADF festgestellt, während das Selektionsmaterial nur durchschnittlich 8,70 % Rohasche, 6,54 % Lignin und 42,3 % ADF enthielt. Aufgrund dieser positiven Ergebnisse erfolgten eine Teilung aussichtsreicher Pflanzen und eine Übergabe an NLC mit dem Ziel der weiteren züchterischen Bearbeitung und separaten Vermehrung. Auffällig waren die hohen Aschegehalte im Blatt, was möglicherweise durch anhaftenden Staub an der rauen Blattoberfläche zu erklären sein könnte. Zwischen morphologischen Merkmalen, TS-Gehalt zur Ernte und Ertrag einerseits und den Inhaltsstoffgehalten andererseits bestanden keinerlei Korrelationen. In 2012 wurden weitere 20 Pflanzen dieser Herkunft selektiert und an NLC zur weiteren züchterischen Bearbeitung übergeben.

Die Bereitstellung von Selektionsmaterial für NLC aus den in der TLL vorhandenen Herkünften trug dazu bei, dass ein erster Selektionszyklus bei der Silphie begonnen werden konnte, in dessen Ergebnis in naher Zukunft erste Linien zur Prüfung kommen sollen.

II.5 Ökonomische Bewertung

Auf Basis der bisherigen Versuchsergebnisse, der betreuten Praxisflächen sowie der telefonischen Befragung der Silphieanbauer wurde eine ökonomische Bewertung des Silphieanbaus durch das Referat 620 „Betriebswirtschaft“ der TLL unter Federführung von Dr. G. Reinhold und Dr. J. Degner vorgenommen. Vergleichbare Verfahrensschritte bzw. Arbeitsgänge lehnen sich an die „Betriebswirtschaftlichen Richtwerte Silomaisproduktion“ (Degner, et al. 2012, www.tll.de/ainfo), die auf KTBL-Daten und eigenen Berechnungen basiert, an.

Für die Berechnungen sind die Produktionsbedingungen von Thüringen auf 20 ha Schlaggröße mit 100 % Pachtflächenanteil unterstellt worden.

Die Nutzungsdauer der mehrjährigen Pflanze wurde mit 10 Jahren im unteren Bereich der in der Literatur angegebenen Werte gewählt. Dazu ist noch ein Jahr für die Plantagenetablierung (ohne Ertrag) hinzuzurechnen. Die Ertragshöhe von 130 dt TM/ha (mittlerer Ertrag) bzw. 160 dt TM/ha (hoher Ertrag) basiert auf den durchschnittlichen Praxis- und Parzellenerträgen und bewegt sich dabei im Bereich des Silomais (Tab. 53 und 54).

Tabelle 53: Parameter für die Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat, Mittelwerte für 10 Erntejahre

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

Tabelle 54: Leistungen der Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat, Mittelwert für 10 Erntejahre

Nutzungsart	ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag	mittlerer Ertrag Feldbereitstellung	mittlerer Ertrag ohne Silo
TM Ertrag z. Ernte	dt _{TM} /ha	130	160	130	130
TM Gehalt z. Ernte		26%	26%	26%	26%
Grünmasseertrag, brutto	dt/ha	500	615	500	500
Energie Erntegut	MJ NEL/ kg TM	7,2	3,5	2,3	1,7
Energie Futtermittel	MJ NEL/ kg TM	6,9	6,9	6,9	6,9
Energieverluste, total		16%	-72%	-159%	-247%
TM Verluste		13%	13%	13%	13%
TM Ertrag netto	dt _{TM} /ha	114	140	114	114
Energieertrag, netto	MJ NEL/ha	78.488	96.600	78.488	78.488
TM Gehalt z. Fütterung		26%	26%	26%	26%
FM Ertrag Futter netto	dt/ha	437,5	538	438	438
FM Ertrag Futter brutto	dt/ha	500	615	500	500
Rohasche (XA)	g/kg TM	100	100	100	100
Methanertrag	l/kg oTS	285	285	285	285
	m ³ CH ₄ /t _{FM}	66,7	67	67	67
	m ³ CH ₄ /t _{TM}	256,5	256,5	256,5	256,5
	m ³ CH ₄ /ha	2918	3591	2918	2918

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 Verwertungs-Varianten ist der in den neuen Ländern übliche Leistungsübergang frei Biogasanlage abgebildet worden. Zusätzlich erfolgte die Kostenermittlung in den Varianten Feldbereitstellung (Verkauf des erntefähigen Bestandes) und „ohne Silo“ (Verkauf frei Biogasanlage, wobei die Siloanlage Eigentum der Biogasanlage ist), jeweils bei Rückführung der Biogasgülle an den Landwirt.

Die Anlage von Silphiebeständen erfolgte bisher vorrangig als Pflanzung. Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse zeigen jedoch, dass die Bestandesetablierung auch durch Saat mög-

lich ist. Aus diesem Grund werden die Kosten für Plantageanlage getrennt nach den Varianten „Pflanzung“ (II.5.1) und „Aussaat“ (II.5.2) betriebswirtschaftlich dargestellt. Die sich für die Anlage ergebenden Kosten werden in die betriebswirtschaftlichen Richtwerte für die Varianten „Pflanzung“ als auch „Aussaat“ für die Folgejahre übernommen.

II.5.1 Ökonomische Bewertung – 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 Kalkulation (Tab. 55) gingen dabei eine zweimalige Bodenbearbeitung im Frühjahr, Pflanzgutkosten von 0,09 €/Pflanze bei 40.000 Pflanzen/ha sowie die Pflanzung selbst mit 500 €/ha Lohnarbeit ein. Des Weiteren wurden eine Düngung von 100 kg N/ha, ein 3,5maliger Herbizideinsatz, eine Maschinenhacke sowie 12 AKh/ha Handhacke für die Bekämpfung von Problemunkräutern kalkuliert. Die Aufwendungen für die Reinhaltung der Bestände sind damit relativ großzügig bemessen und sind bei einem normalen Unkrautdruck auf der Fläche und wüchsigen Witterungsbedingungen in diesem Umfang nicht erforderlich.

Gemäß den gewählten Unterstellungen belaufen sich damit die Anlagekosten auf 5.159 €/ha (mittlerer Ertrag) bzw. 5.190 €/ha bei hohem Ertragsniveau. Unter Berücksichtigung der 10 Erntejahre entstehen somit jährliche Kosten von 645 €/ha bzw. 649 €/ha aus der mit 5 % verzinsten Anlage der Plantage. Diese reduzieren sich mit steigender Nutzungsdauer. Geht man von 15 Erntejahren aus, was durchaus realistisch ist, wären es 473 bzw. 476 €/ha.

Tabelle 55: Richtwerte für Herstellungskosten von Silphieplantagen (Pflanzung) bei zwei Intensitätsstufen - Anlagejahr

Position		ME	Mittlerer Ertrag	Hoher Ertrag	
Jahresertrag TM zur Ernte		dt _{TM} /ha	0	0	
Futtermittel frei Krippe bzw. Maul		dt/ha	0	0	
Direktkosten	Pflanzgut	€/ha	3600	3600	
	Düngemittel	€/ha	100	100	
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	242	242	
	Konservierung	€/ha	0	0	
	Summe	€/ha	3942	3942	
Arbeits erledigungs-kosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	55	55	
	Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	50	50	
	Kraft- u. Schmierstoffe	€/ha	47	47	
	Maschinenvermögen	€/ha	951	951	
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,37	0,37	
	AfA Maschinen	€/ha	78	78	
	Arbeitszeitbedarf Handhacke	AKh/ha	12	12	
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	3,7	3,7	
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	1,8	1,8	
	Personalkosten	€/ha	224	224	
Lohnarbeit	€/ha	500	500		
Summe	€/ha	904	904		
Arbeits erledigung inkl. Leitung u. Verwaltung	Summe	€/ha	1000	1000	
Kosten für Zahlungsansprüche		€/ha			
Flächenkosten	Pacht	€/BP	BP	45	55
		3,1	€/ha	140	171
Sonstige	Berufsgenossenschaft	€/ha	6	6	
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55	
	Summe	€/ha	61	61	
Summe Kosten		€/ha	5142	5173	
		€/dt _{TM}	0,0	0,0	
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung		€/ha	5142	5173	
		€/dt _{TM}	0,0	0,0	
Flächenzahlungen dar. Zahlungsansprüche 336 10 % Mod.		€/ha	302	302	
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, u. Flächenzahlungen		€/ha	4840	4871	
		€/dt _{TM}	0,0	0,0	
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlung u. Nutzungskosten		€/ha	5040	5071	
Gewinnbeitrag von Marktfrüchten 200 €/ha 200 €/ha		€/dt _{TM}	0,0	0,0	
Kapitalbindung	50% Sachanl.	€/ha	3394	3394	
Zinsansatz	60% var.Ko+Pers. 3,5%	€/ha	119	119	
Herstellungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung, u. Zinsansatz		€/ha	5159	5190	
Nutzungsdauer		Jahre	10	10	
Zinsaufwand	5%	€/ha	129	130	
Tilgung		€/ha	516	519	
Aufwand Plantagenerrichtung (abgezinst)		€/ha	645	649	

Diese berechneten Kosten für die Bestandesanlage gingen in die ökonomische Bewertung des Verfahrens ein. Die Berechnung der Düngerkosten erfolgte anhand der ermittelten mittleren Entzüge von 0,92 kg N/dt TM, 0,18 kg P/dt TM, 1,70 kg K/dt TM und 0,39 kg Mg/dt TM als Mineraldüngung für die Erntejahre. Da ab dem zweiten Anbaujahr ein Herbizideinsatz in der Regel nicht mehr erforderlich ist und nur in Ausnahmefällen erforderlich sein sollte, wurden hier nur minimale Kosten veranschlagt (Tab. 56).

Tabelle 56: Richtwerte für Herstellungskosten Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat (Pflanzung) bei zwei Intensitätsstufen Mittelwerte für 10 Erntejahre

Position		ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag	mittl. Ertrag Feldbe- reit.	mittl. Ertrag o. Silo
Jahresertrag TM zur Ernte		dt _{TM} /ha	130	160	130	130
Trockenmasse des Futtermittels		dt/ha	114	140	114	114
Futtermittel frei Krippe bzw. Maul		dt/ha	438	538	438	438
Direktkosten	Pflanzgut	€/ha	0	0	0	0
	Düngemittel	€/ha	381	469	381	381
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	6	6	6	6
	Konservierung	€/ha	35	44	0	0
	Summe	€/ha	423	519	388	388
Arbeits-erledi-gungskosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	78	90	2	69
	Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	88	103	2	74
	Kraft- u. Schmierstoffe €/l 0,95	€/ha	83	98	2	70
	Maschinenvermögen	€/ha	1592	1815	32	1454
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,77	0,94	0,02	0,63
	AfA Maschinen	€/ha	143	160	3	131
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	10,3	12,5	0,3	6,8
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	2,5	2,5	0,1	2,5
	Personalkosten 9,49 €/h Nebenb. 50%	€/ha	182	213	6	132
	Lohnarbeit	€/ha	0	0	0	0
	Summe	€/ha	486	561	12	402
Arbeitserledigung inkl. Leitung u. Verwaltung	Summe	€/ha	564	653	15	459
Kosten für Zah-lungsansprüche		€/ha				
Gebäude	Vermögen	€/ha	2023	2490	0	0
	Unterhaltung	€/ha	40	49	0	0
	AfA (ant. Neuwert) 100 % 15 J. NND	€/ha	135	166	0	0
	Summe	€/ha	175	215	0	0
Flächen-kosten	Pacht €/BP 3,1	BP	45	55	45	45
		€/ha	140	171	140	140
Sonstige	Berufsgenossenschaft	€/ha	6	6	6	6
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55	55	55
	Summe	€/ha	61	61	61	61
Kosten für Plantagenetablierung		€/ha	645	649	645	645
Summe Kosten		€/ha	2008	2268	1248	1693
	inkl. LBG o. Hilfsstoffe 6 €/ha	€/ha	570	659	21	465
		€/dt _{TM}	17,6	16,2	11,0	14,9
Nettowert Nährstoffrücklieferung mit Futteransatz	BGA	€/ha	156	190	156	156
Kosteneinsparung mit Gülleinsatz		€/ha	0	0	0	0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung		€/ha	1852	2078	1093	1537
		€/dt _{TM}	16,3	14,8	9,6	13,5
Flächenzahlungen dar. Zahl.ansp. 336 10 % Mod.		€/ha	302	302	302	302
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung u. Flächenzahlungen		€/ha	1550	1775	790	1235
		€/dt _{TM}	13,6	12,7	6,9	10,9
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlung u. Nut-zungskosten		€/ha	1750	1975	990	1435
	Gewinnbeitrag von Marktfrüchten 200 €/ha 200 €/ha	€/dt _{TM}	15,4	14,1	8,7	12,6
Kapitalbindung	50 % Sachanl. 60 % var.Ko+Pers.	€/ha	2221	2646	163	1063
Zinsansatz	3,5 %	€/ha	78	93	6	37
Herstellungs- inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz		€/ha	1828	2068	996	1472
		€/dt	4,18	3,8	2,3	3,4
		€/dt _{TM}	16,07	14,8	8,8	12,9
Methan-erzeugungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz		€/m ³ CH ₄	0,63	0,58	0,34	0,50
		€/kWh				
Rohstoffkosten BGA	38% elektr. Wirkungsgrad	€/m ³ CH ₄ Strom	0,16	0,15	0,09	0,13

Weitere Arbeitsgänge, die sich im Wesentlichen auf Ernte und Konservierung beschränken, entsprechen weitgehend der Silomaisproduktion unter den Bedingungen Thüringens. Innerhalb der Gebäudekosten wirkt der geringere TS-Gehalt im Vergleich zu Mais kostensteigernd. Für die Festkosten, Flächen- und sonstige Kosten ergeben sich keine Änderungen. Daraus resultieren Kosten von 2.008 €/ha bzw. 17,6 €/dt TM bei mittlerem Ertrag und 2.268 €/ha bzw. 16,2 €/dt TM bei hohem Ertrag. Der Bruttowert des Gärrestes bei einer Nutzung im eigenen Betrieb ist mit 334 €/ha bzw. 411 €/ha berechnet. Abzüglich der Ausbringungskosten, der nach Düngeverordnung unterstellten N-Verluste (wie Schweinegülle) und des Mineraldüngeräquivalentes ergibt sich ein Nettonährstoffwert von 156 €/ha bzw. 190 €/ha FM, der der Fruchtart Silphie gutzuschreiben ist. Dies führt zu einer Reduzierung der Kosten auf 16,3 €/dt TM (mittlerer Ertrag) bzw. 14,8 €/dt TM (hoher Ertrag). Unter Berücksichtigung der Flächenzahlungen von 302 €/ha (Durchschnitt Thüringen) verringern sich die Aufwendungen auf 13,6 €/dt TM bzw. 12,7 €/dt TM. Vergleicht man diese Werte mit dem Silomais, der bei mittlerem Ertrag 10,0 €/dt TM bzw. 9,6 €/dt TM bei hohem Ertrag kostet, schneidet die Silphie deutlich schlechter ab. Die geringeren Aufwendungen im Pflanzenbau in den Nutzungsjahren werden durch die hohen Kosten für die Plantagenerrichtung mit den Schwerpunkten Pflanzkosten und Kosten der Pflanzen (3.600 €/ha) sowie Pflanzenschutz negativ beeinflusst. Zusätzlich der Kapitalbindung und des Zinsansatzes von 3,5 % belaufen sich die Vollkosten auf 4,18 €/dt FM bzw. 3,80 €/dt FM. Dem stehen Werte von 3,98 €/dt FM bzw. 3,78 €/dt FM bei Mais gegenüber. Eine Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit der Silphie ist nur durch längere Nutzungszeiten, die durchaus realistisch sind bzw. Einsparungen in den Anlagekosten zu erreichen.

II.5.2 Ökonomische Bewertung – Etablierung durch Saat

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

Abweichend von der Pflanzung gingen in die Berechnung der Aufwendungen für die Bestandesanlage Saatgutkosten von 680 €/kg bei einem Saatgutbedarf von 2,5 kg/ha ein. Das sind nur 50 % der Kosten für die Silphiepflanzen. Als Drilltechnik wurde eine Einzelkornsämaschine, wie sie für die Zuckerrübensaat üblich ist, veranschlagt. Da die Silphiejungpflanzen sich relativ langsam entwickeln, liegen der Berechnung vier Herbizidmaßnahmen, zwei Maschinenhacken und 28 AKh/ha Handhacke zugrunde. Alle weiteren Maßnahmen und Unterstellungen entsprechen denen der Pflanzung. Mit dem Ersatz der Pflanzung durch Saat reduzieren sich die Anlagekosten auf 3.118 €/ha bei mittlerem bzw. 3.149 €/ha bei hohem Ertragsniveau und liegen bei etwa 60 % der Kosten für Pflanzung. Die Aufwendungen für die Bestandesetablierung belaufen sich somit bei 10 Erntejahren auf 390 €/ha bzw. 394 €/ha. Legt man eine Nutzungsdauer von 15 Jahren zugrunde, sinken die Kosten auf 286 €/ha bzw. 289 €/ha (Tab. 57).

Tabelle 57: Richtwerte für Herstellungskosten von Silphieplantagen (Aussaart) bei zwei Intensitätsstufen, Anlagejahr

Position		ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag
Jahresertrag Trockenmasse zur Ernte		dt _{TM} /ha	0	0
Futtermittel frei Krippe bzw. Maul		dt/ha	0	0
Direktkosten	Saatgut	€/ha	1700	1700
	Düngemittel	€/ha	100	100
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	257	257
	Konservierung	€/ha	0	0
	Summe	€/ha	2057	2057
Arbeiterledigungs-	Unterhaltung Maschinen	€/ha	76	76
kosten	Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	58	58
	Kraft- u. Schmierstoffe	€/ha	55	55
	Maschinenvermögen	€/ha	1284	1284
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,49	0,49
	AfA Maschinen	€/ha	104	104
	Arbeitszeitbedarf Handhacke	AKh/ha	28	28
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	5,3	5,3
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	2,5	2,5
	Personalkosten	€/ha	451	451
	Lohnarbeit	€/ha	0	0
	Summe	€/ha	686	686
Arbeiterledigung inkl. Leitung u. Verwaltung	Summe	€/ha	880	880
Kosten für Zahlungsansprüche		€/ha		
Flächenkosten	Pacht	€/BP	BP	45
		3,1	€/ha	140
				55
Sonstige	Berufsgenossenschaft	€/ha	6	6
	sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55
	Summe	€/ha	61	61
Summe Kosten		€/ha	3138	3169
		€/dt _{TM}	0,0	0,0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung		€/ha	3138	3169
		€/dt _{TM}	0,0	0,0
Flächenzahlungen	dar. Zahlungsansprüche	€/ha	302	302
	336 10 % Mod.			
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung u. Flächenzahlungen		€/ha	2836	2867
		€/dt _{TM}	0,0	0,0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlung u. Nutzungskosten		€/ha	3036	3067
	Gewinnbeitrag von Marktfrüchten	€/dt _{TM}	0,0	0,0
	200 €/ha 200 €/ha			
Kapitalbindung	50 % Sachanl.	€/ha	2342	2342
Zinsansatz	60 % var.Ko+Pers.	€/ha	82	82
	3,5 %			
Herstellungs- inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz		€/ha	3118	3149
Nutzungsdauer		Jahre	10	10
Zinsaufwand	5 %	€/ha	78	79
Tilgung		€/ha	312	315
Aufwand Plantagenerrichtung (abgezinst)		€/ha	390	394

Diese Anlagekosten gingen wiederum in die weitere Berechnung ein. Da die weiteren Unterstellungen weitgehend gleichblieben, verringerte sich die Summe der Kosten um die Differenz zur Pflanzung entsprechend auf 1.753 €/ha (mittlerer Ertrag) bzw. 2.013 €/ha (hoher Ertrag). Dies ergibt Kosten von 15,4 €/dt TM bzw. 14,4 €/dt TM. Unter Berücksichtigung der Gärrestrückführung, der Flächenzahlungen und des Zinsansatzes entstehen somit Kosten von 13,8 €/dt TM bzw. 3,59 €/dt FM bei mittlerem sowie 12,9 €/dt TM bzw. 3,40 €/dt FM bei hohem Ertragsniveau (Tab. 58), womit die Silphie bei Saat bei einer Nutzungsdauer von 10 Ernten um ca. 15 % besser abschneidet als das Pflanzverfahren.

Tabelle 58: Richtwerte für Herstellungskosten Produktion von Silphiesilage als Gärsubstrat (Aussaat) bei zwei Intensitätsstufen, Mittelwerte für 10 Erntejahre

Position	ME	mittlerer Ertrag	hoher Ertrag	mittl. Ertrag Feldbereit.	mittl. Ertrag o. Silo
Jahresertrag TM zur Ernte	dt _{TM} /ha	130	160	130	130
Trockenmasse des Futtermittels	dt/ha	114	140	114	114
Futtermittel frei Krippe bzw. Maul	dt/ha	438	538	438	438
Direktkosten					
Saatgut	€/ha	0	0	0	0
Düngemittel	€/ha	381	469	381	381
Pflanzenschutzmittel	€/ha	6	6	6	6
Konservierung	€/ha	35	44	0	0
Summe	€/ha	423	519	388	388
Arbeits-erledigungskosten					
Unterhaltung Maschinen	€/ha	78	90	2	69
Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	88	103	2	74
Kraft- u. Schmierstoffe €/l 0,95	€/ha	83	98	2	70
Maschinenvermögen	€/ha	1592	1815	32	1454
Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,77	0,94	0,02	0,63
AfA Maschinen	€/ha	143	160	3	131
Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha	10,3	12,5	0,3	6,8
Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha	2,5	2,5	0,1	2,5
Personalk. 9,49 €/h Nebenk. 50%	€/ha	182	213	6	132
Lohnarbeit	€/ha	0	0	0	0
Summe	€/ha	486	561	12	402
Arbeits-erledigung inkl. Leitung u. Verwaltung					
Summe	€/ha	564	653	15	459
Kosten für Zahlungsansprüche					
Gebäude	€/ha				
Vermögen	€/ha	2023	2490	0	0
Unterhaltung	€/ha	40	49	0	0
AfA (ant. Neuwert) 100 % 15 J. NND	€/ha	135	166	0	0
Summe	€/ha	175	215	0	0
Flächenkosten	€/BP				
Pacht	BP	45	55	45	45
	€/ha	140	171	140	140
Sonstige					
Berufsgenossenschaft	€/ha	6	6	6	6
sonstiger allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55	55	55
Summe	€/ha	61	61	61	61
Kosten für Plantagenetablierung	€/ha	390	394	390	390
Summe Kosten	€/ha	1753	2013	993	1438
dar. Arbeitserledigungsk. inkl. LBG o. Hilfsstoffe 6 €/ha	€/ha	570	659	21	465
	€/dt _{TM}	15,4	14,4	8,7	12,6
Kosteneinsparung mit Gülleinsatz	€/ha	0	0	0	0
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung	€/ha	1597	1822	838	1282
	€/dt _{TM}	14,0	13,0	7,4	11,3
dar.Zahl.-ansp. 336 10 % Mod.	€/ha	302	302	302	302
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung u. Flächenzahlungen	€/ha	1295	1520	535	980
	€/dt _{TM}	11,4	10,9	4,7	8,6
Herstellungskosten inkl. Nährstoffrücklieferung, Flächenzahlungen u. Nutzungskosten	€/ha	1495	1720	735	1180
Gewinnbeitrag von Marktfrüchten 200 €/ha 200 €/ha	€/dt _{TM}	13,1	12,3	6,5	10,4
Kapitalbind. 50 % Sachanl. 60 % var.Ko+Pers. Zinsansatz 3,5 %	€/ha	2221	2646	163	1063
Herstellungs- inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz	€/ha	78	93	6	37
	€/dt	1573	1813	741	1217
	€/dt _{TM}	3,59	3,4	1,7	2,8
	€/dt _{TM}	13,82	12,9	6,5	10,7
Methanherzeugungskosten inkl. Nutzungskosten, Nährstoffrückführung u. Zinsansatz	€/m ³ CH ₄	0,54	0,50	0,25	0,42
Rohstoffkosten BGA 38 % elektr. Wirkungsgrad	€/kWh _{St.}	0,14	0,13	0,07	0,11

In Bezug auf die Kosten je dt Frischmasse ist die Silphie bei Etablierung durch Saat dem Mais um ca. 10 % überlegen, durch die geringeren TS-Gehalte zur Ernte liegt sie jedoch bei 10 Ernten immer noch zwischen 1,10 €/dt TM (hoher Ertrag) und 1,40 €/dt TM (mittlerer Ertrag) über dem Mais (Abb. 30).

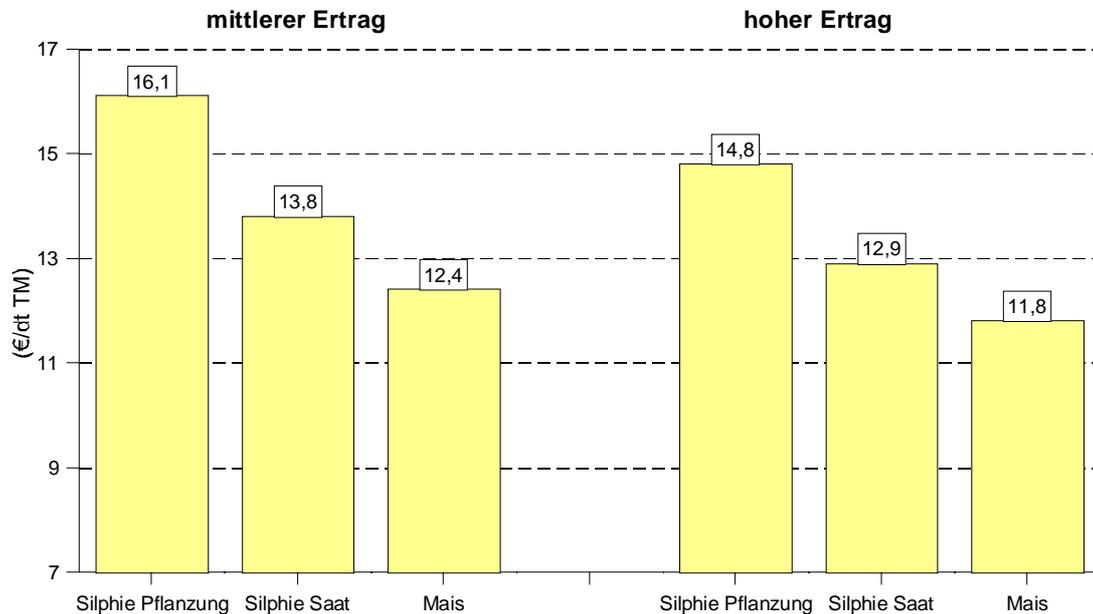


Abbildung 30: Kostenvergleich Silphiesilage im Pflanz- und Saatverfahren zu Maissilage bei zwei Intensitätsstufen und 10 Erntejahren

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

Außerdem sind in die ökonomische Bewertung die ökologischen Vorteile der Silphie nicht berücksichtigt worden. So würde beispielsweise eine mit dem Silphieanbau verbundene Honigproduktion zu erheblichen Mehreinnahmen führen.

II.6 Verwertung der Ergebnisse

Zu Projektbeginn im Frühjahr 2010 lag der Anbauumfang der Durchwachsenen Silphie bundesweit bei ca. 25 ha. Im Laufe der letzten drei Jahre stieg die Anbaufläche auf ca. 300 ha in 2012 (Abb. 31).

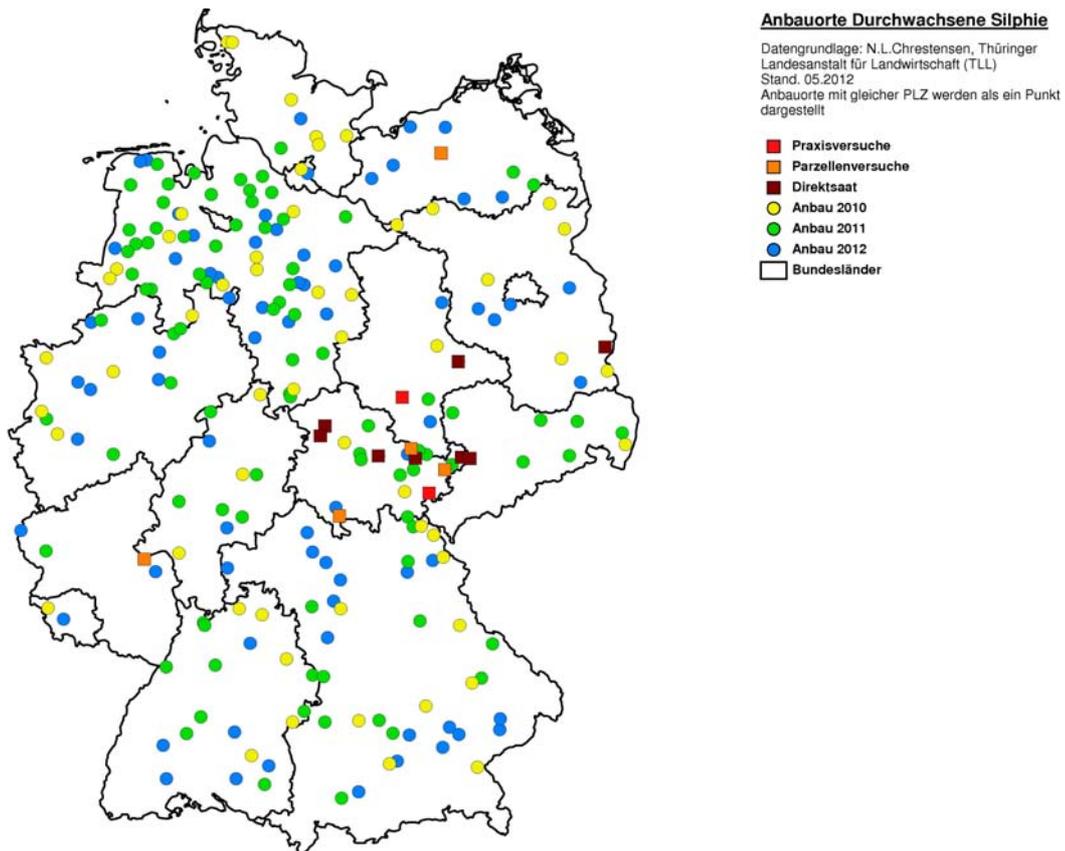


Abbildung 31: Anbauorte der Durchwachsenen Silphie in Deutschland 2012

In 2013 werden weitere 80 bis 100 ha hinzukommen. Dabei ist festzustellen, dass eine Reihe von Landwirtschaftsunternehmen, die mit kleinen Testflächen zur Silphie begonnen haben, ihre Anbauflächen erweitern, aber auch zahlreiche Landwirte neu einsteigen werden, was für eine zunehmende Akzeptanz spricht. Dieser Trend ist nicht zuletzt auf die intensiven Arbeiten und praxisrelevanten Ergebnisse zur Optimierung des Anbauverfahrens im Rahmen des vorliegenden Projektes zurückzuführen. Die schon 2004 bzw. 2005 angelegten Prüfungen, die bereits sieben bzw. acht Mal zur Ernte kamen, lassen bisher noch keinen Ertragsrückgang erkennen, so dass die bisher geschätzte Nutzungsdauer von mindestens 10 Jahren als sicher anzusehen und auch von einer deutlich längeren Nutzung auszugehen ist. Erste gesicherte Aussagen zur Standorteignung sind auf Basis der mehrortigen Herkunftsprüfung und der Befragung der Betriebe möglich.

Die Untersuchungen zur Etablierung der Silphie durch Saat im Parzellenmaßstab und erste Praxisversuche dazu führen verstärkt dazu, dass auch Saatgut in größerem Umfang von Praxisbetrieben nachgefragt wird. Ausreichend Saatgut kann von der NLC durch die Anlage von Vermehrungsflächen und die Entwicklung eines teilmechanisierten Ernteverfahrens bereitgestellt werden.

Zukünftig gilt es insbesondere, das gesamte Verfahren der Silphieaussaat, beginnend vom Saatgut, über die Drilltechnik bis hin zu Ablageabstand, Ablagetiefe und Unkrautbekämpfung für die Praxis sicher zu gestalten. Hier sind dringend weitere Arbeiten erforderlich. Parallel dazu muss die züchterische Bearbeitung fortgesetzt werden, um zu ertragreicherem, homogenerem Material mit hohen Biogas- und Methanausbeuten zu gelangen, zumal die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass innerhalb des vorhandenen Materials eine ausreichende Variabilität der Inhaltstoffe für eine erfolgreiche Auslese gegeben sind.

II.7 Arbeiten von Dritten

In 2012 lief unter Projektleitung des Johann-Heinrich-von-Thünen-Instituts (vTI) in Braunschweig das vom BMELV über die FNR geförderte Projekt „Agrarökologische Bewertung der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum*) als eine Biomassepflanze der Zukunft“ an, von dem zukünftig interessante Ergebnisse zum Einfluss der Silphie auf die ober- und unterirdische Biodiversität zu erwarten sind. Weiterhin werden Aspekte des Wasserhaushalts und der Ökophysiologie der Silphie bearbeitet.

Auch im Projekt „Optimierte Energiepflanzen-Anbausysteme zur nachhaltigen Biogaserzeugung - Upscaling der FuE-Ergebnisse zu neuen Kulturen und deren Implementierung“ (gefördert vom BMELV) ist die Silphie mit einer Flächengröße von 20 ha vertreten. Aufgrund der Anlage der Flächen 2012 sind erste Ergebnisse zum Einsatz in der Biogasanlage im Vergleich zu weiteren alternativen Energieträgern erst 2013 zu erwarten.

Im Rahmen der Kooperation der Landesanstalten auf dem Gebiet des Pflanzenbaus leitet die TLL die Arbeitsgruppe „Kleine und mittlere Kulturen“. Ziel der Arbeitsgruppe ist es, die Arbeiten im Bereich der vom Anbauumfang her weniger bedeutsamen, aber für Fruchtfolge und Biodiversität wichtigen Kulturen zu koordinieren, Aktivitäten zu bündeln und so eine Bearbeitung bei sinkender Kapazität der Länder abzusichern. Die Durchwachsene Silphie wurde in die Liste der kleinen Kulturen aufgenommen, wobei Thüringen für die Bearbeitung der Pflanze federführend ist. Zu den jährlichen Treffen wurde deutlich, dass sich mehrere Bundesländer, vor allem Baden-Württemberg, Bayern und Hessen, versuchsseitig mit der Silphie beschäftigen. Im Rahmen der Kooperation kam in 2013 ein bundesweiter Standortvergleich zur Anlage, wobei die Etablierung parallel durch Saat und Pflanzung erfolgte.

Intensivere Untersuchungen zur Silphie, insbesondere zum Herbizideinsatz und zur Düngung, führt die LWK Niedersachsen durch. In diesem Bundesland, das durch einen überdurchschnittlich hohen Maisanteil in der Fruchtfolge gekennzeichnet ist, stieg die Silphieanbaufläche in den letzten Jahren am stärksten an. Dadurch besteht erhöhter Beratungsbedarf, auf den u. a. durch gemeinsame Veranstaltungen, wie z. B. den Niedersächsisch-Thüringischen Silphietag im Januar 2013 und Abstimmungen im Bereich der Versuche eingegangen wurde.

In mehreren universitären Einrichtungen laufen ebenfalls Untersuchungen zur Silphie, beispielhaft erwähnt seien hier die Arbeiten von Prof. P. Gerstberger der Universität Bayreuth oder auch die Arbeiten der Universität Göttingen, die in der Bachelorarbeit „Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) - Literaturübersicht und Untersuchungen zu Keimung und Aufgang“ Eingang fanden.

II.8 Publikationen zu den Ergebnissen

Während der Projektlaufzeit wurden die Ergebnisse zu verschiedenen Fachveranstaltungen sowie in der landwirtschaftlichen Fachpresse vorgestellt. Des Weiteren erfolgte eine Vorstellung der Silphieversuche zum jährlich im Juli stattfindenden Energiepflanzenfeldtag sowie bei diversen Feldführungen für Vertreter aus Praxis, Beratung sowie Wissenschaft und Forschung.

Veröffentlichungen

Biertümpfel, A.; Conrad, M.: Anbaugelegentlichkeit Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*). Jena: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010 (Aktualisierung 2011, 2012 und 2013), <http://www.tll.de/ainfo>

- Biertümpfel, A.; Conrad, M.: Leckerbissen für Bienen und Methanbakterien. In: BIOGAS Journal, Sonderheft Energiepflanzen (2010), S. 67-69
- Biertümpfel, A.; Conrad, M.: Aktueller Pflanzenbaurat: Durchwachsene Silphie als Substrat-Alternative. In: Bauernzeitung (51), 45. KW (2010), S. 9
- Biertümpfel, A.; Conrad, M.: Aktueller Pflanzenbaurat: Durchwachsende Silphie – eine sinnvolle Ergänzung zum Mais. In: Bauernzeitung (52), 47. KW (2011), S. 8
- Biertümpfel, A.; Conrad, M.: Durchwachsene Silphie. In: Energiepflanzen, Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus, KTBL-Datensammlung (2012). S. 81-92
- Biertümpfel, A.; Conrad, M.: Silphie. In: Energiepflanzen für Biogasanlagen, Regionalbrochure Thüringen (2012), S. 40-43
- Biertümpfel, A. Conrad, M.: Gefundenes Fressen, Die Durchwachsene Silphie Trachtspflanze der Zukunft. In: Die Biene, Heft 8 (2012), S. 14-15
- Biertümpfel, A.; Conrad, M. Die Landesanstalt für Landwirtschaft informiert: Ergebnisse der Silphiesaat 2012. In: Bauernzeitung 53, 42. KW (2012), S. 12
- Blüthner, W.-D.; Biertümpfel, A.; Conrad, M.: Erhöhung des Leistungspotenzials und der Konkurrenzfähigkeit der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.). In: 3. Symposium Energiepflanzen am 02./03.11.2011 in Berlin, Tagungsband
- Conrad, M.; Biertümpfel, A.: Erhöhung des Leistungspotenzials und der Konkurrenzfähigkeit der Durchwachsenen Silphie durch Züchtung und Optimierung des Anbauverfahrens, Teilvorhaben 2: Optimierung des Anbauverfahrens und Bereitstellung von Selektionsmaterial. In: Jahresbericht 2010, Schriftenreihe Heft 2 (2011), S. 120-122
- Conrad, M.; Biertümpfel, A.: Eine Option für die Biogasanlage – die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.). In: Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven. FNR / KTBL-Kongress. 20-21. September in Göttingen. Kurzfassungen der Vorträge und Poster (2011), S. 331
- Conrad, M.; Biertümpfel, A.: Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) – Anbauempfehlungen, Versuchsauswertungen, ökologische Gesichtspunkte. In: <http://www.tll.de>
- Conrad, M.; Biertümpfel, A.: Projekt 99.05 – Drittmittel, Erhöhung des Leistungspotenzials und der Konkurrenzfähigkeit der Durchwachsenen Silphie durch Züchtung und Optimierung des Anbauverfahrens, Teilvorhaben 2: Optimierung des Anbauverfahrens und Bereitstellung von Selektionsmaterial. In: Jahresbericht 2011, Schriftenreihe Heft 4 (2012), S. 108-110
- Conrad, M.; Biertümpfel, A.; Vetter, A.: Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) – ein alternatives Koferment. In: Gülzower Fachgespräche, Band 32, Tagungsband „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ 15./16.09.2009 in Weimar (2010), S. 438-439

Vorträge

Biertümpfel, Andrea:

- Anbau von Durchwachsener Silphie, Projekttreffen Ganzpflanzengetreide am 26.01.2011 in Dornburg
- Aktuelle Informationen zum Anbauverfahren und Erfahrungen der Durchwachsenen Silphie aus dem Jahr 2011, Silphiefachgespräch am 07.03.2012 in Dornburg

Aktuelle Versuche der TLL, Vorstellung eines gemeinsamen Versuchskonzeptes zur Silphie, Koordinierungstreffen der AG „Kleine und mittlere Kulturen“ der Landesanstalten am 08.03.2012 in Jena

Hinweise zur Bestandesetablierung durch Aussaat, Niedersächsisch-Thüringer Silphietag am 14.01.2013 in Walsrode

Alternativen zum Mais – Silphie, Sida und Co., 19. Thüringer Bioenergietag am 28.02.2013 in Jena

Conrad, Michael:

Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) – von der Futterpflanze zum Koferment, Energiepflanzenfachgespräch der Bioenergieberatung Thüringen am 04.03.2010 in Tegau

Durchwachsene Silphie - Futterpflanze, Koferment und Bienenweide, Energiepflanzenfachgespräch der Naturschutzakademie Hessen am 29.04.2010 in Wetzlar

Durchwachsene Silphie, Beratertreffen Mitteldeutschland am 30.08.2010 in Dornburg

Durchwachsene Silphie - eine alternative Pflanze zur Biogasgewinnung, Informationsveranstaltung der RWE am 31.08.2010 in Güterglück

Durchwachsene Silphie- was kann der Praktiker erwarten? 4. FNR-Workshop am 17.11.2010 in Hannover

Durchwachsene Silphie - ein Ausblick, Sächsischer Bioenergietag am 18.11.2010 in Groitsch

Durchwachsene Silphie - ein potenzielles Koferment, Beraterveranstaltung der Bioenergie-region Jena/Saale-Holzlandkreis am 20.01.2011 in Stadtroda

Durchwachsene Silphie - Ergebnisse des Jahres 2010, Informationsveranstaltung der RWE und der Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt am 21.01.2011 in Göritz

Durchwachsene Silphie - ein Koferment mit ökologischem Potenzial, Tagung „Pflanzenbau aktuell“ der LLFG am 24.01.2011 in Bernburg

Durchwachsene Silphie - Versuchsergebnisse und Anbauempfehlungen, Tagung „Biomassebereitstellung aus der Landwirtschaft“ der SLULG am 26.01.2011 in Leipzig

Die Durchwachsene Silphie – ein alternatives Koferment, Informationsveranstaltung der RWE am 09.03.2011 in Köln

Durchwachsene Silphie, Vortragsveranstaltung zum zehnjährigen Bestehen des Energiepflanzenzentrums Straubing am 12.07.2011 in Straubing

Durchwachsene Silphie - Was kann der Praktiker erwarten? 1. Grenzübergreifendes Bioenergieforum am 26.10.2011 in Freiberg-Colmnitz

Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) – Anbauempfehlungen, Versuchsauswertungen, ökologische Gesichtspunkte, Fachgespräch Energiepflanzen „Durchwachsene Silphie“ der TLL am 05.12.2011 in Jena

Durchwachsene Silphie - Anbauempfehlungen, Versuchsauswertung, Ökologische Gesichtspunkte, 1. Erfahrungsaustausch der Anbauer von Durchwachsener Silphie in Niedersachsen am 02.02.2012 in Verden

Durchwachsene Silphie – Auswertung der Versuche 2011, 2. Treffen der Silphieanbauer unter Förderung von Vattenfall am 29.02.2012 in Lübbenau

- Durchwachsene Silphie - Vor- und Nachteile, Versuchsergebnisse und ökologische Bedeutung, Oberfränkischer Imkertag am 18.03.2012 in Schweinfurt
- Durchwachsene Silphie, Anbauempfehlungen, Versuchsauswertungen, Ökologische Aspekte, Informationsveranstaltung der Regionalen Bioenergieberatung der BLE, FH Bingen, DLR am 28.08.2012 in Bingen
- Durchwachsene Silphie, Versuchsergebnisse, Anbauempfehlungen, Ökologie, Vortragsveranstaltung des Biogasfachverbandes zu alternativen Kofermentpflanzen am 13.09.2012 in St. Johann-Gächingen
- Durchwachsene Silphie - Versuchsergebnisse und ökologische Betrachtungen, Mitteldeutscher Imkertag am 03.11.2012 in Stadtroda
- Durchwachsene Silphie -Erfahrungen und Ergebnisse beim Anbau der Kultur über mehr als fünf Jahre, Winterschulung der Kreisverbände Elbe-Elster und Spree-Neiße e. V. des Südbrandenburgischen Bauernverbandes und Vattenfall, am 05.12.2012 in Duben
- Ergebnisse der telefonischen Befragung von Silphieanbauern 2010 bis 2012, Niedersächsisch-Thüringer Silphietag am 14.01.2013 in Walsrode
- Durchwachsene Silphie als neue Biogaspflanzen – Versuchsergebnisse, Anbauempfehlungen, Praxisanbau, Bernburger Energiepflanzentag der LLFG am 21.01.2013 in Bernburg
- Durchwachsene Silphie – Anbau, Ökologie und Praxis, Jahrestagung Thüringer Feldversuchsring am 31.01.2013 in Stadtroda

III Zusammenfassung

Durch die wachsende Zahl von Biogasanlagen und den damit steigenden Bedarf an pflanzlichen Kofermenten hat sich in den letzten Jahren die Suche nach Ergänzungen bzw. Alternativen zum Mais intensiviert. Die Durchwachsenen Silphie, eine Pflanze mit guter Anbau-eignung in Deutschland, hohen Biomasseerträgen und relativ günstigen Methanausbeuten, hat ihre diesbezügliche Eignung bereits in Feldversuchen und ersten Praxistests unter Beweis gestellt. Allerdings war es für eine weitere erfolgreiche Einführung in die landwirtschaftliche Praxis und vor allem eine kontinuierliche Anbauerweiterung dringend erforderlich, das Anbauverfahren zu optimieren, Aussagen zur möglichen Nutzungsdauer und zu den Gasausbeuten zu erarbeiten sowie Optimierungsmöglichkeiten für letztgenannten Aspekt aufzuzeigen. Die gewonnenen Erkenntnisse aus Parzellenversuchen sollten in landwirtschaftlichen Unternehmen auf ihre Praxistauglichkeit geprüft und wissenschaftlich begleitet werden. Ein weiterer Schwerpunkt des Vorhabens bestand in der Bereitstellung von Selektionsmaterial für die züchterische Bearbeitung der Durchwachsenen Silphie, die durch den Projektpartner, die N. L. Chrestensen GmbH, begonnen worden ist.

Während der Projektlaufzeit wurden insgesamt 25 Parzellenversuche betreut und fünf Praxisversuche wissenschaftlich begleitet. Im Ergebnis der Untersuchungen zeigte sich, dass die Silphie auch bei einer Nutzungsdauer von derzeit acht Erntejahren an zwei Thüringer Standorten keinen Ertragsrückgang aufwies und im Mittel der Jahre in beiden Versuchsstationen über dem Durchschnittsertrag von Silomais lag. Dies lässt den Schluss zu, dass die Nutzungsdauer von Silphie mehr als 10 Jahre betragen kann, was zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit gegenüber Mais beiträgt. Gleichzeitig konnte anhand der Ergebnisse eines

Versuches mit gestaffelten Ernteterminen von Ende Juli bis Ende September über drei Jahre belegt werden, dass die Silphie die höchsten Methanerträge je Flächeneinheit von der letzten August- bis in die erste Septemberdekade erreicht. In diesem Zeitraum liegen auch die TS-Gehalte in einem Bereich, der eine sichere Silierung ohne größere Sickersaftverluste zulässt. Danach sinken die Biomasseerträge durch den einsetzenden Blattfall und auch die Methanausbeuten gehen durch die fortschreitende Lignifizierung zurück. Dies bedeutet, dass die Silphie bei größeren Flächen vor dem Silomais bzw. bei gemeinsamer Silierung mit dem frühen Silomais geerntet werden sollte, um die Methanerträge je Flächen zu optimieren.

Bereits seit 2008 (Anlage 2007) standen an vier Standorten Prüfungen zur Ertragsleistung mehrerer Herkünfte im Feld. Diese wurden im Rahmen des Projektes weitergeführt. Es zeigte sich, dass die Silphie in Dornburg und Bingen im Mittel der Jahre und Herkünfte dem Silomais ebenbürtig war, in Gülzow in Heßberg jedoch ertraglich unterlegen. Einzelne Herkünfte konnten aber auch hier in einigen Jahren das Silomaisniveau erreichen bzw. übertreffen, was die Schlussfolgerung nahelegt, dass weiterhin dringend Untersuchungen zur Standort-eignung unterschiedlicher Herkünfte erforderlich sind. Untersuchungen zu den Inhaltsstoffen Asche, Lignin und ADF zeigen weniger eine genetische Bedingtheit, sondern eher eine gewisse Standortabhängigkeit. Auch hier sind weitere Untersuchungen anzuraten. Insgesamt stehen derzeit in Dornburg acht Herkünfte in unterschiedlichen Versuchen und z. T. verschiedenen Anlagejahren im Feld, was einen Vergleich des Leistungsvermögens erschwert. Trotzdem zeigte sich beim Vergleich der Erträge, dass einige Herkünfte in allen Standjahren über dem Herkunftsmittel lagen, was auf ein genetisch bedingtes hohes Ertragsvermögen hindeutet. Gleiches trifft auf die im HBT bestimmten Methanausbeuten zu. Auch hier wiesen mehrere Akzessionen nahezu durchgehend Werte über dem Durchschnitt auf, was ebenfalls auf eine gewisse Erblichkeit des Merkmals hinweist. Diese Ergebnisse gilt es zukünftig, in einem Exaktversuch weiter zu prüfen und zu verifizieren. Weiterhin ist es gelungen, durch eine Vorverlegung des Erntezeitpunktes entsprechend der Ergebnisse des Ernteterminversuchs die durchschnittlichen Methanausbeuten 2011 und 2012 um ca. 15 % gegenüber 2010 zu erhöhen.

In 2011 und 2012 wurde ein Teil der verfügbaren Herkünfte in kontinuierlichen Versuchen an der Universität Hohenheim auf ihre Methanausbeuten untersucht. Leider konnten die Ergebnisse des ersten Jahres aufgrund von Problemen mit der Struktur der Silphiesilagen nur eingeschränkt gewertet werden. Trotzdem bestätigten die bereits in den HBT-Untersuchungen besten Herkünfte auch im Durchflussversuch ihr hohes Methanbildungspotenzial. Bei der Wiederholung der Versuche in 2012 traten wiederum deutliche Unterschiede zwischen den Herkünften auf, die Rangfolge der Herkünfte entsprach weitgehend der von 2011. Dies bestätigt die Annahme einer genetischen Bedingtheit des Merkmals. Insgesamt lagen die Werte ca. 10 % unter den Vergleichsergebnissen des HBT, was durch das verbleibende Restgaspotenzial zu erklären ist. Weitere Untersuchungen zur Methanausbeute der Silphie in kontinuierlichen Versuchen zur Verifizierung der Ergebnisse sind dringend notwendig.

Im Rahmen des Projektes erfolgte eine Weiterführung der Prüfung unterschiedlicher Arten der Silphie, um zu klären, ob es in der Familie noch weitere Arten mit hohen Biomasseerträgen und guten Methanausbeuten gibt, die potenziell als Biogaskoferment geeignet sein könnten. Dazu kamen in einem Versuch *Silphium trifoliatum* und *Silphium lacinatum* zum Anbau, als Standard diente eine Brandenburger Herkunft von *Silphium perfoliatum*. Beide Arten konnten weder in ertraglicher noch in Hinblick auf die Biogasausbeuten mit Silpium

perfoliatum konkurrieren und wiesen zudem eine schlechtere Anbaueignung, wie z. B. eine hohe Lagerneigung, auf, so dass sie als Kosubstratpflanzen nicht geeignet sind.

Bei der bisher üblichen Bestandesetablierung durch Pflanzen machen die Pflanzgutkosten einen erheblichen Anteil der im Anlagejahr entstehenden Kosten aus. Deshalb wurde in einem zweiortigen Versuch geprüft, ob sich die Pflanzenzahl von den derzeit empfohlenen 40.000 Pfl./ha auf 26.700 bzw. 17.800 Pfl./ha reduzieren lässt. Es zeigte sich, dass sich hohe Silphieerträge auch bei niedrigeren Pflanzenzahlen erzielen lassen. Damit reduzieren sich einerseits die Anlagekosten, zum anderen steigen jedoch der Pflegeaufwand im Anlagejahr wegen des längeren Zeitraums bis zum Bestandesschluss und das Anlagerisiko, insbesondere bei ungünstigen Bedingungen nach der Pflanzung.

Eine weitere Möglichkeit, Kosten zu sparen bzw. einen Erlös im Anlagejahr zu realisieren, bildet der Anbau unter Deckfrucht. Dies wurde mit relativ gutem Erfolg, allerdings bei optimaler Wasserversorgung, in einem Versuch getestet, in dem nach erfolgter Pflanzung der Silphie Hirse mit verminderter Saatstärke eingesät worden ist. Hier erreichten die Prüfglieder mit Deckfrucht in der Summe der vier Versuchsjahre einen Mehrertrag von 13 % (einschließlich Hirseertrag) gegenüber dem Prüfglied ohne Deckfrucht. Im Folgejahr erfolgte eine Wiederholung des Versuches, jedoch bei Aussaat unter Deckfrucht. Aufgrund der trockenen Witterung im Frühjahr des Anlagejahres ging die Silphie unter der Hirse sehr lückig auf, blieb in der Entwicklung deutlich hinter der Blanksaat zurück und erreichte im ersten Ertragsjahr einen Minderertrag von 54 %. Diesen Ertragsrückgang holte die Silphie auch im Laufe von vier Erntejahren, einschließlich Deckfruchtertrag, nicht auf. Dies verdeutlicht die Risiken eines solchen Verfahrens. In Anbetracht der hohen Anlagekosten und der langen Nutzungsdauer ist von einem Anbau unter Deckfrucht abzuraten.

In einem weiteren Versuch wurde die Fragestellung der optimalen Saat- und Pflanzzeit von Silphie bearbeitet. Im Ergebnis des Versuches, der 2009 erstmalig angelegt und 2010 an zwei Orten wiederholt worden ist, zeigte sich, dass im Interesse eines hohen Ertrages im ersten Erntejahr bis spätestens Mitte Juli, besser Ende Juni gepflanzt bzw. Mitte Juni gesät werden sollte. Allerdings ist die Silphie auch bei späterer Anlage in der Lage, das Ertragsdefizit des ersten Erntejahres im zweiten auszugleichen, jedoch sind dann wiederum Aufwendungen im Bereich der Bestandespflege erforderlich, die bei optimal entwickelten Beständen bereits im ersten Ertragsjahr nicht mehr nötig sind. Eine Aussaat der Silphie nach Winterzwischenfrüchten, wie Futterroggen oder Ganzpflanzengetreide mit rechtzeitiger Ernte im Mai ist ebenfalls möglich, wie ein 2012 angelegter Versuch belegt. Jedoch kommt hier einer optimalen Saatbettbereitung große Bedeutung zu. Eine Saat nach leguminosen- und grasbetonten Winterzwischenfrüchten, wie z. B. Landsberger Gemenge, ist dagegen nicht zu empfehlen, weil die Saatbettbereitung durch die umfangreichen Wurzelrückstände behindert wird und der Durchwuchs in der Silphie kaum bekämpfbar ist. Auch bei diesem Verfahren erhöht sich das Anlagerisiko, so dass es in Hinblick auf die hohen Anlagekosten und die angestrebte Nutzungsdauer gründlich abzuwägen ist.

Silphie benötigt zur Bildung einer Dezitonne Trockenmasse ca. 0,9 kg Stickstoff. Eine Deckung des Stickstoffbedarfs der Silphie durch die Ausbringung von Gärresten würde sich positiv auf die Verfahrenskosten auswirken. Deshalb wurde der Einsatz von Gärrest im Vergleich zur mineralischen und einer kombinierten Düngung in einem ersten Versuch untersucht. Es deutete sich an, dass die Silphie in der Lage ist, Biogasgülle bzw. Gärreste sehr gut zu verwerten. Hier sind dringend weitere Untersuchungen, z. B. zum Ausbringungszeitpunkt bzw. zum Splitting der Gaben, erforderlich.

Ein großes Hindernis für die Aussaat der Silphie stellt die Keimhemmung, die unbehandelte Samen aufweisen, dar, da sie bei einem Saattermin im Frühjahr nur sehr ungleichmäßig und verzögert keimen. Durch die NLC wurden, neben einer chemischen Vorbehandlungsmethode, auch mechanische Verfahren zur Brechung der Dormanz getestet und dieses Saatgut 2010 in einem Feldversuch im Vergleich zu unbehandeltem Saatgut geprüft. Diese wiesen bereits 14 Tage nach der Saat Feldaufgangsraten zwischen 67 und 84 % auf. Zur Endbonitur belief sich die niedrigste Feldaufgangsrate der behandelten Prüfglieder auf 79 %, während das unbehandelte Saatgut maximal 42 % erreichte. Die Ergebnisse zeigen, dass es bei Verwendung von behandeltem Saatgut und günstigen Witterungsbedingungen möglich ist, die Silphie mit einer Einzelkornsämaschine zu etablieren. Allerdings kommt der Ablagegenauigkeit, vor allem der Ablagetiefe, große Bedeutung zu. In Gewächshausversuchen wurde nachgewiesen, dass die Silphie, trotz ihrer relativ hohen Tausendkornmasse von ca. 15 g nur über eine eingeschränkte Triebkraft verfügt. Bereits bei Ablagetiefen von > 2 cm sinkt die Aufgangsrate drastisch ab, was die hohen Anforderungen der Pflanze an die Saatbettbereitung und die verwendete Technik verdeutlicht. Insbesondere im letztgenannten Bereich sind dringend weitere Untersuchungen erforderlich. Wichtig ist es, für die Praxis herauszuarbeiten, welche gängige, in landwirtschaftlichen Unternehmen vorhandene Technik für die Silphiesaat geeignet ist.

Begleitend zu den Aussaatversuchen wurden schwerpunktmäßig die Herbizidversuche in Saat weitergeführt. Auch mehrere Versuche in gepflanzten Beständen kamen zur Anlage. Im Ergebnis der Untersuchungen konnten für beide Verfahren einige Herbizide mit guter Wirkung und Verträglichkeit herausgearbeitet werden. Außerdem bildeten die Versuche eine Grundlage für die Anträge auf Ausweitung des Geltungsbereichs einer Zulassung auf geringfügige Verwendung nach § 51 Pflanzenschutzgesetz für das Mittel Stomp Aqua, die durch den Zulassungsinhaber im Frühjahr 2013 für gesäte, gepflanzte und etablierte Silphiebestände gestellt worden sind. Trotzdem reicht das derzeit zu empfehlende Mittelspektrum noch nicht aus, um die Bestände ohne zusätzliche mechanische Pflegemaßnahmen sauber zu halten. Hier sind weitere Arbeiten zwingend notwendig.

Während der Projektlaufzeit erfolgte die Anlage bzw. weitere wissenschaftliche Begleitung mehrerer Praxisversuche. Bei der Neuanlage von Praxisflächen lag das Hauptaugenmerk bei der Bestandesetablierung durch Saat, bei den bereits länger bestehenden wurden die Biomasseerträge und die Nacherntebehandlung weiter betrachtet. Eine Praxisfläche diente auch der Erprobung verschiedener Verfahren der Saatguternte. Begleitend dazu kamen im Rahmen von Thüringer Pilot- und Demonstrationsprojekten in 2011 und 2012 weitere Silphiebestände in Saat und Pflanzung zur Anlage, die durch die TLL wissenschaftlich begleitet wurden und deren Ergebnisse in das Projekt einfließen. Insgesamt belegten die Versuche, dass das für die Pflanzung erarbeitete Anbauverfahren generell praxistauglich ist und auch eine Saat unter Praxisbedingungen prinzipiell möglich ist. Allerdings zeigten sich auch hier die hohen Anforderungen der Silphie an die Saatbettqualität, die Ablagegenauigkeit der Sämaschine sowie die Bestandespflege. In den letztgenannten Bereichen müssen dringend weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Um Probleme im Produktionsverfahren zu erfassen und auch grundlegende Daten für die ökonomische Bewertung der Silphie zu erarbeiten, erfolgte im Herbst und Winter 2012 eine telefonische Befragung von Silphieanbauern mit einer Anbaufläche von mindestens 0,5 ha. Die Kriterien der Befragung erfüllten 121 Betriebe in 11 Bundesländern mit ca. 180 ha Silphiefläche, von denen 76 Auskünfte gaben, was einem Flächenumfang von 146 ha ent-

sprach. Neben den standörtlichen Gegebenheiten des Betriebes wurden anbautechnische Daten, wie Pflanztermin, Bestandesdichte, Düngung, Pflegemaßnahmen sowie bei Anlagen vor 2012 der Ertrag der Silphie im Vergleich zu Mais abgefragt. Die Befragung lieferte wertvolle Hinweise sowohl bezüglich offener Fragen im Anbauverfahren als auch in Richtung der Aufwendungen für die Anlage, die in die ökonomische Bewertung des Anbaus eingingen. Aufschlussreich war, dass 75 % der Landwirte die Absicht bekundeten, ihre Anbauflächen auszudehnen.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten bestand in der Bereitstellung von Selektionsmaterial für den Projektpartner N. L. Chrestensen. Dies sowie die Untersuchung morphologischer und inhaltsstofflicher Merkmale selektierter Einzelpflanzen trug dazu bei, dass ein erster Selektionszyklus bei der Silphie erfolgreich begonnen werden konnte, in dessen Ergebnis zeitnah erste Linien zur Prüfung kommen können.

Auf der Basis der bisherigen Ergebnisse aus Exakt- und Praxisversuchen sowie der telefonischen Befragung der Landwirte wurde vom Referat Betriebswirtschaft der TLL eine ökonomische Bewertung des Silphieanbaus für Pflanz- und Saatverfahren, jeweils separat für das Anlagejahr und die Nutzungsjahre erarbeitet. Daraus geht hervor, dass die Silphie bei Anlage durch Saat und unterstellten 10 Erntejahren dem Mais in Bezug auf die Kosten je dt Frischmasse überlegen ist. Bezogen auf die Trockenmasse schneidet sie jedoch wegen der geringeren Trockensubstanzgehalte zur Ernte immer noch etwas schlechter ab. Geht man von 15 Nutzungsjahren aus, werden auch gepflanzte Bestände gegenüber Mais konkurrenzfähig. Zu beachten ist, dass im Anbauverfahren Silphie noch deutliche Optimierungsmöglichkeiten bestehen und dass auf den gegenwärtig hauptsächlich für den Anbau genutzten Rest- und Splitterflächen, die mitunter kaum ackerbaulich genutzt wurden, ein unverhältnismäßig hoher Pflegeaufwand erforderlich ist. Keine Berücksichtigung fanden in der ökonomischen Betrachtung der Silphie deren ökologische Vorteile, wie z. B. Wind- und Erosionsschutz oder auch die Bienenweide, die Imker zunehmend nutzen.

Im Ergebnis aller bisherigen Untersuchungen ist einzuschätzen, dass die Durchwachsene Silphie unter den bisher geprüften alternativen Kofermenten durchaus eine sinnvolle Ergänzung zu Mais darstellen kann. Voraussetzungen dafür sind ein sicheres Aussaatverfahren mit praxistauglichen Sämaschinen, verbunden mit effizientem Pflanzenschutz sowie züchterisch verbessertes Material mit hohem Biomassertrag und gesteigerten Methanausbeuten.