

Was leisten „alternative“ Kulturen im Vergleich zu Energiemais?

Wurth, W.¹, Jilg, A.¹, Messner, J.¹, Löffler, C.¹, Elsäßer, M.¹ & Zürcher, A.²

¹ Landwirtschaftliches Zentrum (LAZBW), Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

² Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), 76227 Karlsruhe

Joerg.messner@lazbw.bwl.de

Einleitung

Silomais ist die flächenmäßig bedeutsamste Kulturart bei der Substratbereitstellung für die Erzeugung von Biogas. Sein Anbau ist trotz seiner hervorragenden pflanzenbaulichen Eigenschaften jedoch nicht unumstritten. Eine Möglichkeit zur Erweiterung der Artenvielfalt in Agrarlandschaften ist der Anbau mehrjähriger Kulturarten und Dauerkulturen zur Biogasnutzung. Damit verbunden ist ein Beitrag zur Förderung der Biodiversität, insbesondere des Nahrungsangebots für Bienen und wildlebende Insekten, eine Verbesserung des Erosions- und Wasserschutzes, ein verstärkter Humusaufbau, der Schutz von Wildtieren und eine Bereicherung des Landschaftsbildes („Farbe ins Feld“). In den Fokus sind u.a. Kulturen gerückt, wie die Durchwachsende Silphie (*Silphium perfoliatum* L.), die bereits vor vielen Jahren für die Futternutzung geprüft wurden, aber sich für die Tierernährung nicht etablieren konnten (ELSÄßER *et al.*, 1989). Mehrjährige Blümmischungen sollen sich ebenfalls für die Biogasnutzung (VOLLRATH *et al.*, 2012) eignen und einen besonders reichhaltigen Blühaspekt bieten.

Material und Methoden

Zur Überprüfung der benannten Anforderungen legten das LTZ und das LAZBW mit Unterstützung durch die Landkreise Hohenlohe, Sigmaringen und Schwarzwald-Baar im Jahr 2011 eine Versuchsserie in Baden-Württemberg zum Anbau von mehrjährigen Kulturen als Alternativen zu Mais an (ZÜRCHER *et al.*, 2013). An den Standorten Aulendorf, Döggingen, Krauchenwies, Öhringen und Rheinstetten-Forchheim wurden folgende Kulturen geprüft: Durchwachsende Silphie, Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) (Grünschnittnutzung), Virginiamalve (*Sida hermaphrodita* L.) und verschiedene mehrjährige Wildpflanzenartenmischungen (WPM 1 Mischung der Fa. Rieger-Hofmann + WPM 2 „Biogas mehrjährig“ der Fa. Saaten Zeller). An den Standorten Aulendorf und Forchheim wurden zusätzlich die Kulturen Mais und Winter-Triticale zur Silonutzung in einer Silomais – Winter-Triticale-GPS / Phacelia-Fruchtfolge zum Vergleich geprüft. Die Wildpflanzenmischungen setzen sich aus bis zu 25 verschiedenen ein-, zwei- und mehrjährigen Kultur- und Wildpflanzenarten zusammen und sollen bis zu 5 Jahre im Ertrag stehen. Der Versuch wurde als Blockanlage mit dreifacher Wiederholung angelegt. Der Anbau erfolgte ortsüblich nach den Grundsätzen der „guten fachlichen Praxis“. Die mehrjährigen Kulturen wurden in Rheinstetten-Forchheim an drei und an allen weiteren Standorten an zwei Terminen geerntet. Diese Termine richteten sich nach der TM-Entwicklung und dem Blühverlauf der einzelnen Kulturen. Zielgröße war ein TM-Gehalt über 28% zum Zeitpunkt der Ernte.

An allen Standorten wurden die Biomasseerträge und die TM-Gehalte erfasst. An den Standorten Aulendorf und Rheinstetten-Forchheim wurden die Aufwüchse zusätzlich variantenweise einsiliert und auf Silierbarkeit sowie im Hohenheimer Biogasertragstest (HBT) auf die spezifische Methanbildung (Biogausausbeute) untersucht. Im Beitrag sind nur die Ergebnisse der beiden Versuchstandorte Aulendorf (Oberschwaben, AZ 53, sL, 620 m ü. NN, im Mittel 902 mm Niederschlag und mittlere Temperatur 8,4°C) und Rheinstetten-Forchheim (Rheinebene, AZ 24-32, IS, 117m ü.NN, im Mittel 742 mm Niederschlag und mittlere Temperatur 10,1 °C) dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Biomasseerträge

Mais lieferte im Mittel der drei Versuchsjahre an beiden Standorten (Tab. 1) den höchsten TM-Ertrag (21,1 bzw. 20,2 t/ha). Silphie erzielte am Standort Aulendorf mit 17,7 t/ha (früh geerntet) den zweithöchsten TM-Ertrag. Der spätere Erntetermin fiel mit 16,4 t/ha etwas ab. Ähnliches berichten auch MAST *et al.* (2013). Von vergleichbaren TM-Erträgen bei Silphie (15 – 20 t /ha) berichten

CONRAD *et al.* (2009), STOCKMANN und FRITZ (2013) auch von Erträgen über 20 t/ha. Silphie erreicht damit ein Ertragsniveau, das knapp unter dem Niveau des Silomais liegt. Als nächstes folgt die einjährige Kultur Triticale-GPS mit 15,2 t/ha. Trockenmasserträge bei Topinambur von 11,5 t/ha (früh) bzw. 13,3 (spät) wird auch in etwa bei WÜNSCH *et al.* erreicht. Die geringsten TM-Erträge wurden bei der Virginiamalve (spät) und der WPM 1 (früh) mit je 9,9 t/ha sowie Virginiamalve (früh) mit 9,1 t/ha und WPM 1 (spät) mit 8,4 t/ha erzielt. Die Ergebnisse bei der Virginiamalve lagen in etwa auf ähnlichem Niveau, wie bei REICHARDT (2011). Die Erträge der Wildpflanzenmischungen pendeln sich bei VOLLRATH *et al.* (2012) ab dem 2. Standjahr bei um die 10 t/ha ein und lagen damit auf einem ähnlichen Ertragsniveau.

In Rheinstetten-Forchheim waren die Unterschiede zwischen Maisertrag und Silphie größer. Silphie (früh) erzielte 11,6 t/ha, Silphie (mittel) und Triticale-GPS jeweils 11,1 t/ha. Auf 11 t/ha kam die WPM 2 (spät) gefolgt von der WPM 2 (früh) mit 10,5 t/ha. Die niedrigsten TM-Erträge wurden bei den Erntezeitvarianten der Virginiamalve und WPM 1 festgestellt (6,6 - 7,8 t/ha).

Tab. 1: Trockenmassertrag (t/ha*a) und spezifische Methanausbeute (NI/kg oTM) im dreijährigen Mittel (2012 – 2014)

	Rheinstetten-Forchheim		Aulendorf	
	TM-Ertrag (t/ha*a)	Spezifische Methanausbeute (NI/kg oTM)	TM-Ertrag (t/ha*a)	Spezifische Methanausbeute (NI/kg oTM)
Silphie früh	11,6 a	290 c	17,7 b	281 cd
Silphie mittel	11,1 ab	251 ef		
Silphie spät	9,2 bcd	275 d	16,4 bc	270 e
Topinambur früh	8,8 cd	298 *	11,5 e	288 c
Topinambur mittel	8,2 cde	286 *		
Topinambur spät	9,4 abc	294 *	13,3 d	276 de
Virginiamalve früh	7,5 de	253 e	9,1 fg	253 f
Virginiamalve mittel	7,8 de	235 g		
Virginiamalve spät	6,6 e	237 g	9,9 efg	244 g
WPM 1 früh	7,6 de	245 f	9,9 efg	259 f
WPM 1 mittel	7,6 de	214 i		
WPM 1 spät	7,4 de	233 g	8,4 g	234 f
WPM 2 früh	11,0 **	236 g	10,8 ef	
WPM 2 spät	10,5 **	221 h		223 i
Mais	20,2 **	363 a	21,1 a	369 a
Triticale-GPS	11,1 ab	321 b	15,2 c	337 b
LSD 5%	2,1	6,4	1,7	8,4

*Am Standort Forchheim nur 2-jähriges Mittel, statistisch nicht auswertbar

** statistisch nicht auswertbar

Die Artenzusammensetzung der Wildpflanzenmischungen änderte sich von Jahr zu Jahr stark. Im Ansaatjahr 2011 dominierten noch die einjährigen Arten Malve, Sonnenblume und Amarant. Im zweiten Anbaujahr blühten die Mischungen am vielfältigsten auf, es dominierten Arten wie Stein- klee, Natternkopf, Rainfarn und Beifuß. Im weiteren Verlauf der Jahre verengte sich das Blühan- gebot immer mehr in Richtung Beifuß. Ab 2014 setzte vor allem in der WPM 1 eine stärkere „Ver- grasung“ ein: Gemeine Risppe, Lieschgras und Knautgras breiteten sich aus. Dadurch ging der TM- Ertrag deutlich zurück.

Aber auch bei der Virginiamalve konnte ab 2014 das Nachlassen der Konkurrenzkräft beobachtet werden. Besonders bei früher Ernte machten sich standorttypische Gräser breit.

In Rheinstetten-Forchheim gingen 2014 die Krauterträge von Topinambur stark zurück. In Aulen- dorf wies Topinambur in allen Jahren ab Anfang Juli teils massives Lager auf. Dadurch wurden die Erntearbeiten erheblich behindert.

Silierbarkeit

Der Erhalt des Energiewertes und der Masse des Ausgangsmaterials ist das Ziel der Konservie- rung. Neben den unvermeidbaren Verlusten sind daher solche über Sickersaft und Fehlgärungen zu vermeiden. Die Silierbarkeit wird über den Zucker/Pufferkapazität-Quotienten (Z/PK), den Ver- gärbarkeitskoeffizienten (VK) und die Trockenmasse (TM) beurteilt. Der VK fasst mit dem Z/PK die

Gäreignung und den TM-Gehalt in einer Kennzahl zusammen. Ausgangsmaterial mit einem VK > 45 gilt als gut silierbar. Der Z/PK-Quotient gibt mit dem Verhältnis zwischen Zucker und Pufferkapazität an, um welchen Faktor die Zuckermenge im Siliergut größer ist als die zum Ansäuern auf pH 4,0 erforderliche Milchsäuremenge. Material mit einem Z/PK < 2,0 ist schwer vergärbbar, optimal ist ein Wert > 3,0. Bezüglich des TM-Gehaltes ist bei Werten unter 28-30% mit Verlusten über Sickersaft zu rechnen.

Zur Beurteilung der Silierbarkeit wurden die Substrate des Standortes Aulendorf der Jahre 2012 – 2014 ausgewertet (Tabelle 2). Bei der Durchwachsenen Silphie und Topinambur war in jedem Jahr aufgrund der geringen TM-Gehalte mit erheblichen Verlusten über Sickersaft zu rechnen. Im Mittel erzielten nur die Triticale-GPS, die Maissilage und die WPM 1 (spät) eine gute Vergärbbarkeit. Nur im Jahr 2014 lag der VK bei Topinambur, Virginiamalve (spät) und WPM 1 (früh und spät) ebenfalls über 45. Hier war der höhere Trockenmassegehalt des Ausgangsmaterials, eventuell aufgrund der veränderten Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, ausschlaggebend. Bei Topinambur machte sich zusätzlich der hohe Zuckergehalt positiv bemerkbar. Die Durchwachsene Silphie wies die schlechteste Silierbarkeit auf, diese Silagen enthielten ebenfalls die höchsten Buttersäuregehalte. Die durchgängig hohen ADF-Gehalte der mehrjährigen Kulturen erschweren zudem die Verdichtbarkeit.

Tab. 2: Siliereignung der untersuchten Kulturen am Standort Aulendorf im dreijährigen Mittel (2012 – 2014)

	TM (%)	ADF (%)	VK	Z/PK
Silphie früh	21,0 g	46,1 d	30 h	1,2 e
Silphie spät	24,5 f	50,3 b	30 h	0,7 g
Topinambur früh	21,3 g	41,8 f	37 g	1,9 d
Topinambur spät	24,4 f	43,1 e	44 d	2,4 c
Virginiamalve früh	34,1 c	47,0 cd	40 ef	0,8 g
Virginiamalve spät	35,4 b	47,1 c	43 de	0,9 fg
WPM 1 früh	30,8 e	50,1 b	41 ef	1,3 e
WPM 1 spät	37,0 a	52,8 a	47 c	1,3 e
WPM 2 spät	31,2 e	52,6 a	40 f	1,1 ef
Mais	32,2 d	20,7 *	57 b	3,0 b
Triticale-GPS	34,4 c	27,9 g	84 a	6,2 a
LSD 5%	0,9	0,92	2,3	0,3

* nur 2-jähriges Mittel, statistisch nicht auswertbar

Spezifische Methanausbeute und Methanerträge

Die spezifische Methanausbeute gibt an, wie viel Normliter (NI) Methan aus einem kg organischer Trockenmasse (oTM) erzeugt wurden. Die spezifischen Methanausbeuten sind in Tabelle 1 dargestellt.

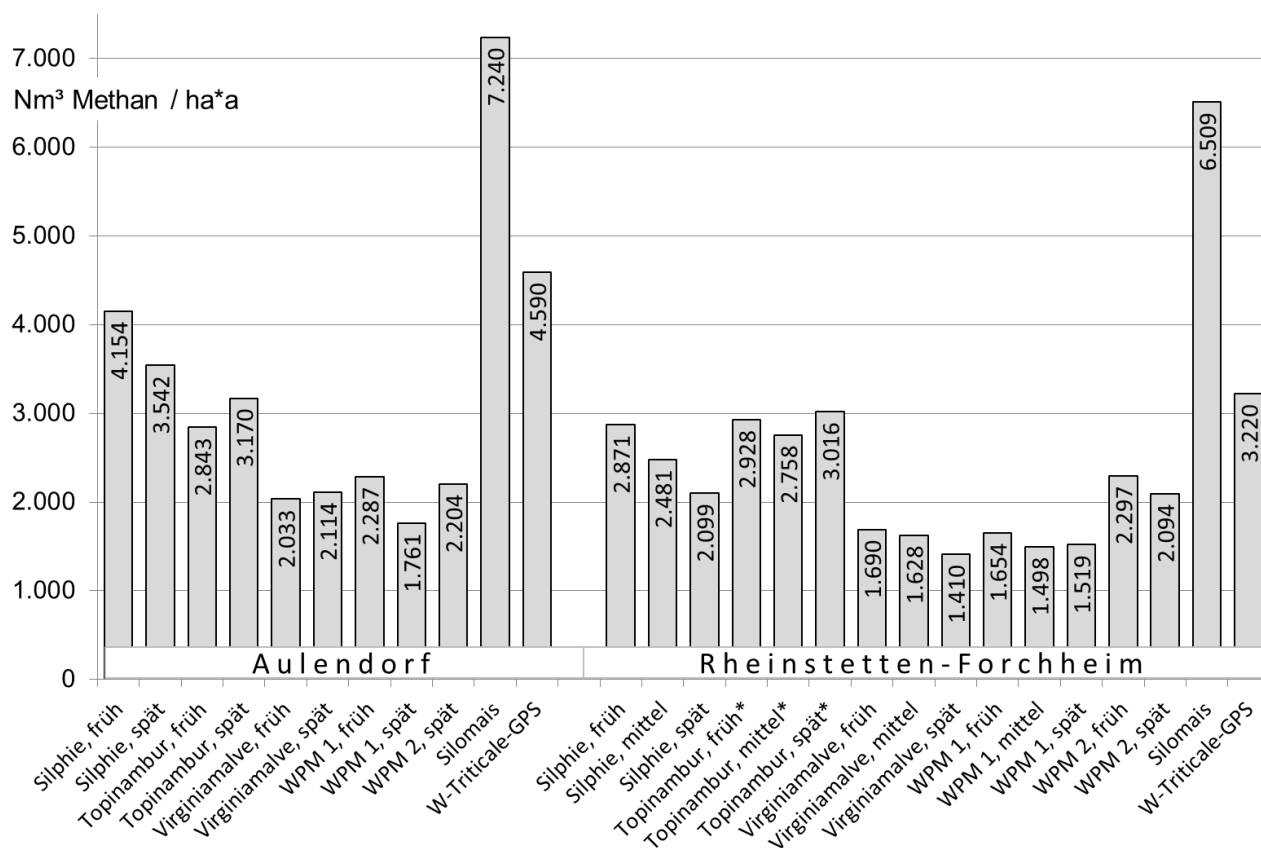
Am Standort Aulendorf war die spezifische Methanausbeute von Silomais mit durchschnittlich 369 NI/kg oTM über den gesamten Zeitraum hinweg am höchsten, gefolgt von Triticale-GPS mit 337 NI/kg oTS. Die spezifische Methanausbeute der weiteren Kulturen hingegen betrug im Mittel durchweg unter 300 NI/kg oTM und war damit mindestens 20%, teilweise auch über 30% unter dem Wert von Silomais. Dabei lagen die Durchwachsene Silphie mit dem frühen Erntetermin und Topinambur nur knapp, die Werte der Virginiamalve und der Wildpflanzenmischungen hingegen deutlich darunter.

Am Standort Rheinstetten-Forchheim zeigte sich das gleiche Bild wie in Aulendorf. Silomais wies mit 363 NI die höchste spezifische Methanbildung auf, gefolgt von der Triticale GPS mit 321 NI/kg oTM. Silphie und Topinambur lagen häufig bei 300 NI/kg oTM oder knapp darunter, die weiteren Kulturen lagen zumeist deutlich niedriger.

Es zeigte sich zudem, dass die spezifische Methanausbeute bei den späteren Ernteterminen tendenziell abnahm. Daher ist der Erntetermin so zu wählen, dass einerseits ein hoher Masseertrag erzielt wird, aber andererseits für eine verlustarme Silierung ein optimaler TS-Gehalt und ein hoher Vergärbarkeitskoeffizient erreicht werden und zudem der Verholungsgrad noch nicht zu weit fortgeschritten ist.

In Abb. 1 sind die Methanerträge je ha im 3-jährigen Mittel dargestellt. Am Standort Aulendorf kam Silomais auf 7.240 m³ Methanertrag je Hektar und Jahr (Nm³/ha*a). Die Triticale-GPS lag mit 4.590 m³/ha*a bei rund zwei Drittel des Silomaisertrages. Die Durchwachsene Silphie erreichte bei früher Ernte mit 4.154 m³/ha*a Methanertrag rund 60%, die anderen Kulturen lagen bei rund 30 – 40% des Methanertrags im Vergleich zum Silomais. Damit liegen die mittleren Methanerträge je ha am Standort Aulendorf auf einem ähnlichen Niveau wie bei VOLLRATH *et al.* (2012) für die Wildpflanzenmischungen (2.000 – 2.500m³/ha*a oder bei MAST *et al.* (2013) für die Silphie (4.000 – 4.500 m³/ha*a). Allerdings muss erwähnt werden, dass bei den bisher in der Literatur aufzufindenden Untersuchungen zumeist die Methanerträge aus dem Erntegut direkt bestimmt wurden und nicht wie bei der vorliegenden Untersuchung aus den gewonnenen Silagen unter Berücksichtigung der Silierverluste.

Am Standort Rheinstetten-Forchheim zeigte sich ein ähnliches Bild. Hier lagen die durchschnittlichen Methanerträge je ha von Silphie (frühe Ernte) Topinambur und Triticale-GPS mit rund 3.000 m³/ha*a bei 45 - 50% im Vergleich zum Silomais (6.509m³/ha*a). Die weiteren Kulturen lagen mit rund 2.000 m³/ha*a oder weniger in einer Bandbreite von 25 – 35% des Methanertrages je ha von Silomais. Bei Topinambur konnte hier nur das zweijährige Mittel dargestellt werden, da aufgrund von starkem Gräserbesatz in 2014 der Ertrag massiv eingebrochen war und deshalb keine Konservierung und Gasertragsbestimmung durchgeführt wurden.



* bei Topinambur am Standort Rheinstetten-Forchheim nur 2-jähriges Mittel (2012-13)

Abb. 1: Methanerträge (Nm³ / ha*a) im dreijährigen Mittel (2012 – 2014)

Fazit

In der Konsequenz zeigt das Ergebnis, dass im Vergleich zum Silomais bei den untersuchten mehrjährigen Kulturen die 1,5 – 4-fache Ackerfläche notwendig wäre, um den gleichen Methanertrag zu erreichen. In flächenknappen Regionen würde dies in der Folge die Pachtpreise noch weiter unter Druck setzen. Zudem war die Siliereignung bei den meisten der untersuchten mehrjährigen Kulturen ungünstig, so dass die Gefahr von Fehlgärungen hoch ist. Die Kulturen sollten möglichst mit anderen, leicht vergärbaren Pflanzen wie Mais, Getreide-GPS oder Gras einsiliert werden. Die Alternativkulturen sollten somit gegenwärtig weniger aus ertraglicher Sicht als viel mehr

aus ökologischer Sicht diskutiert werden. Unter diesen Aspekten bieten sich vor allem Grenzertragsstandorte, ungünstige Schlagformen und Randstreifen entlang von Wegen und Gewässer für deren Anbau nicht nur zur Verbesserung der Biodiversität an.

Literatur

- CONRAD, M., BIERTÜMPFEL, A. & VETTER, A. (2009): Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) – von der Futterpflanze zum Koferment. 2. Symp. Energiepfl. 2009, Berlin, Gülz. Fachgespräche Band 34
- ELSÄSSER, M., RÜCKERT, D. UND STEINGASS, H. (1989): Siliereignung und Futterwert von Resele-Gemenge und Durchwachsener Silphie (*Silphium perfoliatum*) zur Verwendung als Maisersatzpflanzen. Das wirtschaftseigene Futter, 29, 3, 238-264
- MAST, B., GRAEFF-HÖNNINGER, S., REINHARDT-HANISCH, A., LEMMER, A., OECHSNER, H. & CLAUPEIN, W. (2013): Mehrjährige Biogaskulturen – Einfluss des Erntezeitpunktes auf Ertrag, TS-Gehalt und Methan- ausbeute. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 25. S. 148–149
- REICHARDT, I. (2011): Anbauvergleich in Sachsen-Anhalt. Joule 3.2011. S. 70
- STOCKMANN, F. und FRITZ, M. (2013): Einfluss von Standort und Herkunft auf das Ertragspotenzial der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) unter bayerischen Anbaubedingungen. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 25. S. 146–147
- VOLLRATH, B., WERNER, A., DEGENBECK, M., ILLIES, I., ZELLER, J. & MARZINI, K. (2012): Energetische Verwertung von kräuterreichen Ansaaten in der Agrarlandschaft und im Siedlungsbereich – eine ökologische und wirtschaftliche Alternative bei der Biogasproduktion. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben Nr. 22005308 (08NR053)
- WÜNSCH, K. GRUBER, S. & CLAUPEIN, W. (2012): Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) als Energiepflanze. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 21, 211-212
- ZÜRCHER, A., STOLZENBURG, K., MESSNER, J., WURTH, W. & LÖFFLER, C. (2013): Was leisten alternative Kulturen im Vergleich zum Energiemais? Landinfo 5/2013, 45 - 50