

Bestimmung der Korngeometrie der Durchwachsenen Silphie als Voraussetzung für die Einzelkornsaat

Andreas Schäfer, Lutz Damerow, Peter Schulze Lammers

Auf der Suche nach ökonomisch und ökologisch interessanten Alternativen und Ergänzungen zum Silomais, dem derzeit überwiegend eingesetzten Biogassubstrat, hat sich die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) als aussichtsreich erwiesen. Der in Nordamerika beheimatete mehrjährige Korbblütler kann mittels modifizierter praxisüblicher Sätechnik etabliert werden. In den Saatgutchargen sind, bedingt durch eine lange Blütedauer und unterschiedliche geographische Herkünfte des Pflanzenmaterials, Körner unterschiedlicher Größen und Formen vorzufinden, was eine präzise Saatguteinzelung erschwert. Zur Quantifizierung der geometrischen Parameter wurden Saatkörner aufgenommen und vermessen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen dienen der Optimierung der Saatguteinzelung in Einzelkornsämaschinen.

Schlüsselwörter

Durchwachsene Silphie, Kornvermessung, Einzelkornsaat, Saatgutbehandlung, Inkrustierung

Um Fruchtfolgen zur Versorgung der Biogasanlagen mit pflanzlichen Substraten zu erweitern, sind Alternativen bzw. Ergänzungen zu dem überwiegend eingesetzten Substrat Mais erforderlich. Als erfolgversprechende Pflanzenart hat sich dabei die in Nordamerika beheimatete Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L., im Folgenden Silphie genannt) erwiesen. Neben einer Gasausbeute, die mit der des Silomaises vergleichbar ist, bietet die Silphie eine Reihe ökologischer Vorteile: Die Pflanze kann mehrjährig angebaut werden und ist durch eine ganzjährige Bodenbedeckung und einen langen Blütezeitraum von Juli bis September (BIERTÜMPFEL et al. 2012) gekennzeichnet. Zur erfolgreichen Einführung der Silphie in ein landwirtschaftliches Produktionsverfahren ist eine Optimierung des Anbaus erforderlich. Aufgrund des bislang praktizierten zeit- und kostenintensiven Pflanzverfahrens kommt der Entwicklung des Säverfahrens eine große Bedeutung zu (BIERTÜMPFEL und CONRAD 2013). Ziel der Aussaat ist die gleichmäßige Verteilung von etwa 12 Saatkörnern je Quadratmeter. Zur gleichmäßigen Verteilung der Saatkörner eignet sich die Einzelkornsaat. Mit einer modifizierten Einzelkornsämaschine konnten bereits eine gleichmäßige Einzelung der Saatkörner sowie homogene Auflaufergebnisse erzielt werden (SCHÄFER et al. 2015).

Da die Saatgutkosten mit 1.700 € ha⁻¹ den größten Teil (ca. 62 %) der Anbaukosten ausmachen, besteht durch eine präzise Einzelung die Möglichkeit zur Saatgut- sowie zur Kosteneinsparung (BIERTÜMPFEL und CONRAD 2013). Die präzise Einzelung des Saatgutes wird allerdings durch die Form und die Inhomogenität der Saatkörner in den Saatgutchargen erschwert. Dabei sind zwei Ursachen für die Inhomogenität herauszustellen: Zum einen sind trotz der aktuell laufenden züchterischen Bearbeitung der Silphie keine Sorten verfügbar. Im Handel erhältliches Saatgut setzt sich aus Saatkörnern verschiedener geografischer Herkünfte mit einer hohen genetischen Streuung zusammen (BIERTÜMPFEL

et al. 2012, GANSBERGER et al. 2015). Zum anderen reifen die Samen nach der Blüte ungleichmäßig ab, was unterschiedliche Größen der Saatkörner zur Folge hat (GANSBERGER 2016). Werden die Blütenstände nicht zum idealen Reifezustand, d. h. in mehreren Durchgängen geerntet, sondern die gesamten Blütenstände in einer Überfahrt, so befinden sich in den Chargen sowohl reife als auch unreife Samen (GANSBERGER 2016). Die reifen Samen mit dem an der Samenschale angehängten Spreublatt sind in Abbildung 1 (links) dargestellt. Dieser Zustand des Samens wird im Folgenden als „Naturform“ bezeichnet. Da diese Samen eine starke Keimhemmung aufweisen, gelten sie als dormant und sind somit nicht zur Aussaat geeignet (SCHEITHAUER 2012, TRÖLENBERG et al. 2012). Zudem verhaken sich die Spreublätter, wodurch es zur Brückenbildung innerhalb des Säherzes kommt.

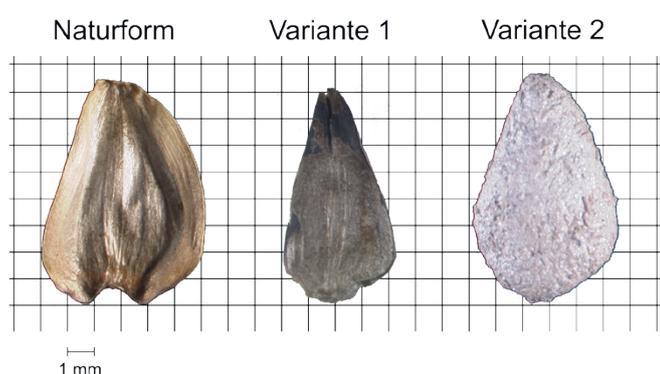


Abbildung 1: Überblick über verschiedene Typen der Silphiekörner

Daher ist das im Handel erhältliche Saatgut behandelt. Bei der Behandlung wird das Spreublatt mechanisch abgerieben und die Dormanz gebrochen. Die Körner in der Naturform variieren zwischen 9 und 15 mm in der Länge, zwischen 6 und 9 mm in der Breite und sind maximal 1 mm dick (NIQUEUX 1981). Das Tausendkorngewicht der Körner variiert von etwa 14 g (NEUMERKEL und MÄRTIN 1982) bis 21,5 g (KOWALSKI und WIERCINSKI 2004). In der Mitte der Abbildung 1 ist ein behandeltes, kommerziell erhältliches Saatkorn (im Folgenden Variante 1) abgebildet. In Abbildung 2 sind verschiedene Körner der Variante 1 mit den entsprechenden Abmessungen dargestellt.



Abbildung 2: Überblick über die verschiedenen Formen und Größen der Variante 1 innerhalb einer Charge

Zur präziseren Einzelung in den Sämaschinen werden Saatgüter pilliert. Eine Pillierung, wie bei Zuckerrübensaatgut üblich, ist bei den Saatkörnern der Silphie aufgrund der Geometrie nicht möglich. Für Versuchszwecke wurden deshalb kommerziell erhältliche Saatkörner inkrustiert (Abbildung 1, rechts).

Problem und Aufgabenstellung

Aufgrund der ungleichmäßigen Abreife der Samen und der damit verbundenen zeit- und kostenintensiven Ernte sowie Aufbereitung des Saatgutes sind die Saatgutkosten in Höhe von 1.700 € ha⁻¹ im Vergleich zu anderen Kulturen für die Biogaserzeugung als hoch einzustufen. Um die Attraktivität der Silphie für Biogasanlagenbetreiber zu steigern, müssen die Anbaukosten gesenkt und die Bestandesetablierung optimiert werden. Da die gleichmäßige Verteilung der Saatkörner die Grundvoraussetzung für einen leistungsfähigen Pflanzenbestand ist, spielt die Einzelung der Saatkörner eine elementare Rolle bei der Absicherung der Bestandesetablierung. Zudem reduzieren sich bei einer präzisen Einzelung der Saatgutaufwand und damit auch die Anbaukosten. Die Qualität der Einzelung ist jedoch stark von dem zu vereinzelnenden Korn und dessen geometrischer Form abhängig. So ist die Einzelung von flachen Körnern, wozu auch die Silphie zählt, schwieriger (STIEGER und BRINKMANN 1975). Zudem befinden sich innerhalb einer Saatgutcharge Saatkörner unterschiedlicher Größe, was ebenfalls einen negativen Einfluss auf die Einzelung hat.

Da durch homogenes Saatgut eine präzisere Einzelung erfolgen kann, war die Bestimmung der vorhandenen Korngrößen innerhalb einer Saatgutcharge Ziel dieser Arbeit. Dazu wurden sowohl Saatkörner der Variante 1 als auch Saatkörner der Variante 2 aufgenommen und vermessen. Die Ergebnisse geben Aufschluss darüber, ob eine Fraktionierung der Saatkörner zur Steigerung der Homogenität innerhalb einer Saatgutcharge sinnvoll ist.

Material und Methoden

Die untersuchten Saatkörner stammten von der Firma N. L. Chrestensen Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GmbH und sind nach der betriebsüblichen Methode durch den Züchter behandelt worden. Die Saatkörner der Variante 2 waren aus einer identischen Saatgutcharge und wurden von der Firma Kwizda agro GmbH in Österreich inkrustiert. Bei diesem Verfahren werden die Saatkörner vollständig mit einer hygroskopischen Hüllschicht überzogen. Genauere Angaben über die Inkrustierung ist geschütztes Firmen Know-how. Zur exakten Vermessung der Kornlänge, -breite und -fläche erfolgte die Aufnahme von jeweils 300 Saatkörnern der Varianten 1 und 2 mithilfe eines Binokulars (Modell MZ-16-F, Leica, Wetzlar, Software „DISKUS“). Die maximale Länge und Breite der Körner wurde mit der Vermessungssoftware „DISKUS“ gemessen. Eine digitale Messuhr, die an einem Stativ arretiert war, diente zur Messung der Korndicke. Der Messstift war federbelastet und drückte mit einer Kraft von 0,92 N auf die Körner. Die Messung der Kornfläche erfolgte anhand der aufgenommenen Bilder mittels des Programms „IfL Blob Analysis“ des Institutes für Landtechnik der Universität Bonn. Das Tabellenkalkulationsprogramm Excel 2015 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) wurde zur Datenaufbereitung und deskriptiven Statistik genutzt. Zur komplexen Datenanalyse ist das Statistikprogramm SPSS Statistics (IBM Corporation, Armonk, USA) eingesetzt worden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Formen der Körner aus Variante 1 lassen sich grundsätzlich als elliptisch beschreiben. Es besteht eine ausgeprägte Symmetrie zur Längsachse der Körner. Dennoch sind Unterschiede durch den Verlauf der Längsseiten festzuhalten. Bei einem Großteil der untersuchten Körner (ca. 70 %) laufen diese Seiten konisch auf einander zu und enden in einer ausgeprägten Spitze. Bei einem geringeren Anteil von etwa 30 % sind die Körner an der verjüngten Seite abgerundet. In der Ausprägung des Fortsatzes an der Unterseite der Körner gibt es ebenfalls Unterschiede. Teilweise waren die Körner mit dem Fortsatz in der Blüte verankert (Abbildung 2, am unteren Ende der Körner). Die Ausprägung unterliegt in dieser Stichprobe keinem erkennbaren Muster. Erklärbar ist dieser Effekt durch die Behandlung bzw. durch das mechanische Abreiben der Spreublätter. Die Formen der Körner aus Variante 2 unterscheiden sich nur geringfügig von denen der Variante 1. Die Ausprägung des Fortsatzes an der Unterseite der Körner lässt sich nach der Inkrustierung nicht mehr eindeutig nachvollziehen, da die Unterseite durch die Inkrustierungsmasse abgerundet ist.

Die vermessenen Körner der Variante 1 weisen eine mittlere Kornlänge von 8,39 mm auf. Diese ist etwa 0,6 mm kürzer als die Kornlänge der Variante 2. Die Standardabweichung ($\sigma = 0,80$) ist jedoch bei beiden untersuchten Varianten identisch. Durch die Inkrustierung wird die maximale Breite der Körner um ca. 0,5 mm auf 5,19 mm erhöht. Auch hier ist die Standardabweichung nahezu identisch. Die größte Veränderung durch die Inkrustierung ist bei der Korndicke zu verzeichnen. So weisen die Körner der Variante 2 mit 2,57 mm im Mittel eine fast doppelt so hohe Korndicke auf wie Variante 1. Allerdings belegt die größere Standardabweichung der Variante 2 eine größere Streuung der Korndicken. Diese lässt sich unter anderem darauf zurückführen, dass fünf vermessene Körner der Variante 2 zweifach inkrustiert worden waren. Insgesamt sind die Körner der Variante 2 länger, breiter und dicker als die nicht inkrustierten Saatkörner. Die stärkste Zunahme ist bei der Korndicke zu verzeichnen, da die flache Seite des Korns die größtmögliche Fläche für die Inkrustierung bietet. Die Kornfläche der Körner aus Variante 2 beträgt 26,74 mm². Die Körner der Variante 1 weisen mit 34,47 mm² eine ca. 30 % höhere Kornfläche auf (Tabelle 1, Abbildung 3).

Tabelle 1: Ergebnisse der Längen-, Breiten-, Dicken- und Flächenvermessung der Saatkörner der Varianten 1 und 2 (n = 300)

Saatkörner	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	
Variante 1	Länge in mm	8,39	0,8	6,05	10,39
	Breite in mm	4,71	0,54	3,47	6,06
	Dicke in mm	1,3	0,15	0,67	1,97
	Fläche in mm ²	26,74	5,7	18	35
Variante 2	Länge in mm	8,96	0,8	7,18	11,35
	Breite in mm	5,19	0,56	4,15	7,18
	Dicke in mm	2,57	0,3	1,42	4,45
	Fläche in mm ²	34,47	4,65	25	45

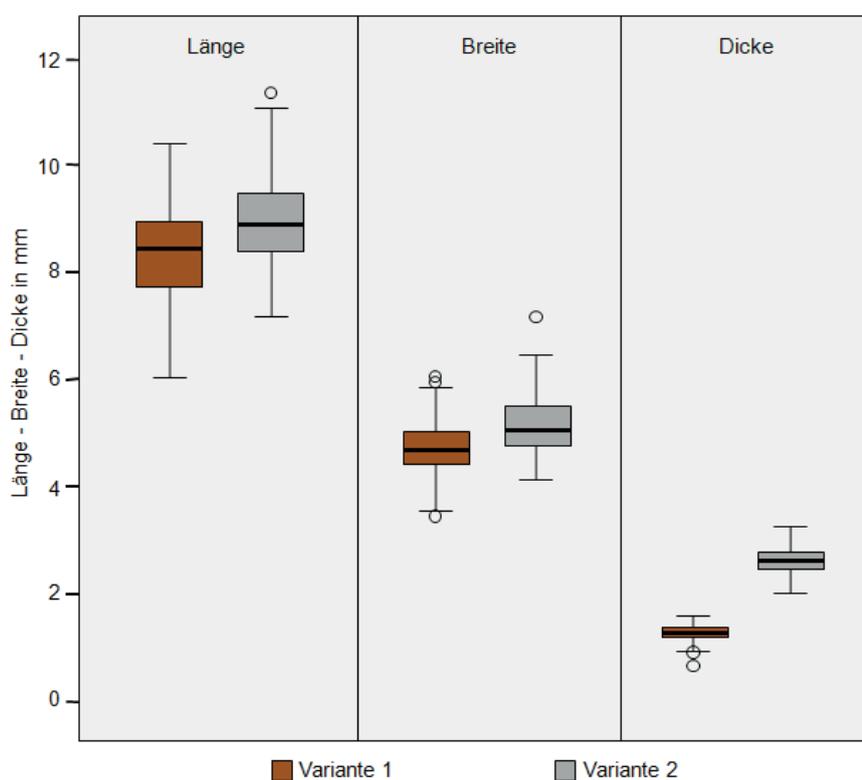


Abbildung 3: Streu- und Lagemaße der Länge, Breite und Dicke der Varianten 1 und 2 in mm

Die von NIQUEUX (1981) beschriebenen Abmessungen der Körner können nur bedingt bestätigt werden. Die im Rahmen dieser Versuche untersuchten Körner der Variante 1 waren kürzer und schmaler. Allerdings waren an diesen Körnern, im Vergleich zu den von Niqueux beschriebenen Körnern, die Spreublätter bereits abgetrennt. Sonst lägen die Messwerte mit großer Wahrscheinlichkeit in dem von Niqueux angegebenen Bereich. Die Streuung der Länge und Breite der Körner von einigen Millimetern konnte in der untersuchten Stichprobe nachgewiesen werden. Die von Niqueux angegebene maximale Korndicke von 1 mm wurde nicht belegt. Die Korndicke der untersuchten Körner der Variante 1 betrug im Mittel 1,30 mm und lag maximal bei 1,97 mm (Tabelle 1, Abbildung 3). Die im Vergleich zur Länge und Breite geringe Korndicke der Silphiekörner ist eine Ursache für das Auftreten von Fehlstellen bei pneumatischen Einzelkornsämaschinen (STIEGER und BRINKMANN 1975).

Die prozentuale Verteilung der Kornlängen mit einer Klassenbreite von 0,25 mm der Varianten 1 und 2 ist Abbildung 4 zu entnehmen. Für die Körner der Variante 1 ist ein kleinerer, vorgezogener Peak zwischen 6,75 und 8,00 mm zu verzeichnen. Die Körner dieser Längen weisen ein Längen-Breiten-Verhältnis von 1,58 auf. Dabei handelt es sich um die oben beschriebenen eiförmigen Körner. Die Körner des Hauptpeaks, die eine Länge zwischen 8,00 und 10,00 mm aufzeigen, haben hingegen ein Längen-Breiten-Verhältnis von 1,91. Ein noch größeres Längen-Breiten-Verhältnis von 2,35 weisen die Körner der Kornlängen größer 10,00 mm auf. Hierbei handelt es sich um die Körner, die konisch zu einer ausgeprägten Spitze zusammenlaufen. Diese Körner führten an der getesteten pneumatischen Einzelkornsämaschine mit rotierenden Einzelungsscheiben zu Doppelbelegungen. In diesem Fall werden zwei bis drei Körner in die Bohrung angesaugt und lassen sich nur bedingt vereinzeln. Insgesamt belegt das Verhältnis von Länge zu Breite, dass mit zunehmender Länge der

Körner die Breite abnimmt. Die Kornfläche nimmt so trotz zunehmender Länge nur geringfügig zu. Die unterschiedlichen Längen-Breiten-Verhältnisse der Körner (Variante 1) beruhen unter anderem auf der hohen genetischen Variabilität des Pflanzenmaterials.

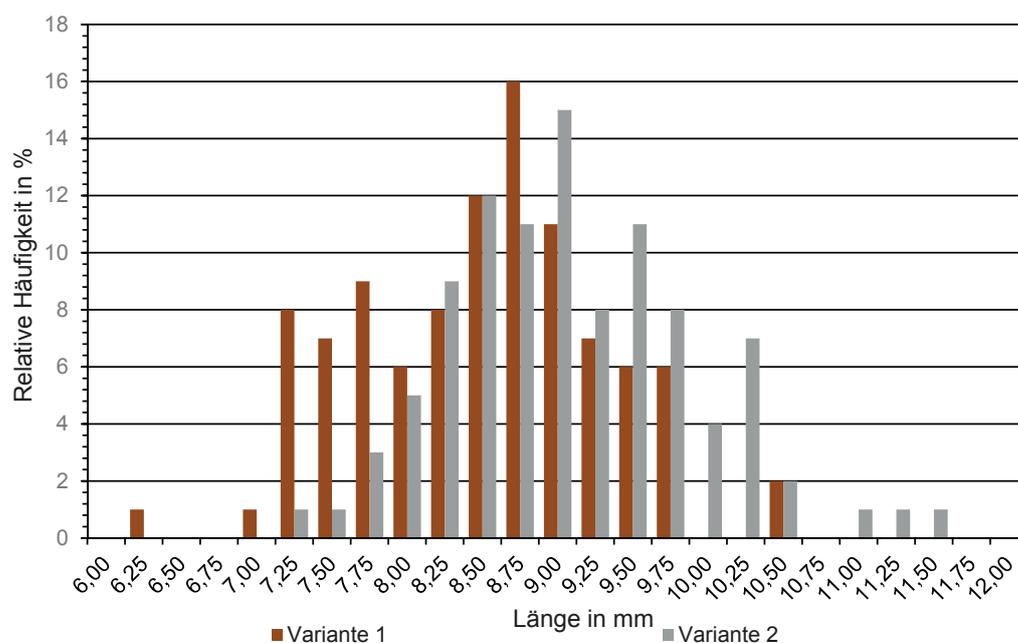


Abbildung 4: Prozentuale Verteilung der maximalen Kornlängen in den Varianten 1 und 2 in mm

Die Körner mit einer Kornlänge bis 8,00 mm machen einen prozentualen Anteil von 25 % der Saatgutpartie aus. Zur Steigerung der Homogenität und damit zur Präzisierung der Einzelung ist eine Aussiebung dieser Fraktion in Betracht zu ziehen. Ein weiteres Argument für eine Aussiebung dieser Fraktion ist die, zwar nur geringfügige, geringere Korndicke dieser Körner. Aufgrund der Ergebnisse von STIEGER und BRINKMANN (1975) ist so ein geringerer Fehlstellenanteil möglich. KLÜVER (1991) belegte, dass einheitliches Saatgut in Form und Größe zur präzisen Saatguteinzelung in der Einzelkorn-sämaschine vorteilhaft ist. Zudem konnten ASSEFA et al. (2015) eine positive Korrelation zwischen der Größe und dem Gewicht des Saatkorns mit der Keimrate, wie bei Korbblütlern üblich, auch bei Silphie nachweisen. Somit kann durch eine Aussiebung kleiner Saatkörner die Saatgutqualität bzw. die Keimfähigkeit erhöht werden.

Bei den Körnern der Variante 2 tritt der oben beschriebene vordere Peak der Kornlängen nicht auf (Abbildung 4). Dennoch finden sich in der Variante 2, wie bei Variante 1, die oben beschriebenen unterschiedlichen Kornformen. Durch die Inkrustierung wird das Tausendkorngewicht auf ca. 60 Gramm verdreifacht. Untersuchungen mit einer Versuchsmaschine zeigten, dass durch das größere Tausendkorngewicht bessere Fließeigenschaften im Säherz entstehen. Gleichzeitig werden die Spitzen der Körner durch die Inkrustierung abgerundet, was den oben beschriebenen Effekt der Doppelbelegung an den Bohrungen reduziert bzw. unterbindet. Bei einem im Gewächshaus angelegten Keimschalenversuch konnte ein schnellerer Feldaufgang dieser Körner dokumentiert werden. Ein Feldversuch zeigte neben dem schnelleren Feldaufgang ebenfalls einen signifikant höheren Feld-

bestand im Vergleich zu den Körnern der Variante 1. Der schnelle Feldaufgang der inkrustierten Saatkörner lässt sich durch die wasserziehende Eigenschaft der Inkrustationsmasse begründen. Somit steht dem Keimling mehr Wasser für die Keimung zur Verfügung. Dies ist vorteilhaft, da der junge Keimling bedingt durch die geringe Ablagetiefe von 15 mm, schnell vertrocknen kann. Somit nehmen zum jetzigen Zeitpunkt die agronomischen Vorteile der Inkrustierung einen höheren Stellenwert als die technischen Vorteile ein. Zwar sind die Kosten für die Inkrustierung mit 200 € kg⁻¹ vergleichsweise hoch, dennoch können sie sich durch höhere und sichere Feldaufgänge rentieren. Es ist davon auszugehen, dass die Inkrustierung bei größeren Abnahmemengen kostengünstiger wird.

Schlussfolgerungen

Die Vermessung der Saatgutvarianten 1 und 2 hat Aufschluss über die verschiedenen Saatgutformen und -größen gegeben. Es konnte gezeigt werden, dass eine Fraktionierung besonders die untersuchte Variante 1 homogenisieren würde. So ist von einer präziseren Einzelung auszugehen, was eine Reduktion des Saatgutaufwands und somit der Saatgutkosten bewirkt. Eine Inkrustierung hat nur einen geringen Effekt auf die Homogenisierung der Saatgutcharge. Bedingt durch andere verfahrenstechnische und agronomische Vorteile ist die Inkrustierung dennoch für die Aussaat der Silphie in Betracht zu ziehen. Die Ursachen für die Inhomogenität der Körner sind neben der genetischen Streuung des Pflanzenmaterials die lange Blütezeit und Abreife. In derzeit laufenden Versuchen werden die Ursachen in verschiedenen Saatgutchargen und Erntejahren analysiert. Die Ergebnisse zeigen, welche Voraussetzungen beim Einzelkornsäverfahren nötig sind, um die Attraktivität der Silphie für Landwirte zu steigern.

Literatur

- Assefa, T.; Wu, J.X.; Boe, A. (2015): Genetic Variation for Achene Traits in Cup Plant (*Silphium perfoliatum* L.). *Open Journal of Genetics* 5, pp. 71–82
- Biertümpfel, A.; Conrad, M.; Blüthner, W.-D. (2012): Korbblütler könnte Mais verdrängen. *Biogas Journal Sonderheft Energiepflanzen*, S. 38–41
- Biertümpfel, A.; Conrad, M. (2013): Abschlussbericht Teilvorhaben 2: „Optimierung des Anbauverfahrens und Bereitstellung von Selektionsmaterial“. Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, S. 5
- Gansberger, M.; Montgomery, L. F.R.; Liebhard, P. (2015): Botanical characteristics, crop management and potential of *Silphium perfoliatum* L. as a renewable resource for biogas production: A review. *Industrial Crops and Products* 63 pp, S. 362–372
- Gansberger, M. (2016): Samenmorphologie, Keimprozess, Saatgutaufbereitung und Bestimmung der Lebensfähigkeit von *Silphium perfoliatum* L. Samen. *Journal für Kulturpflanzen* 68(12), S. 363–366
- Klüver, B. (1991): Ablagegenauigkeit von Einzelkornsämaschinen für Körnerleguminosen. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, VDI-MEG Nr. 125
- Kowalski, R.; Wierciński, J. (2004): Evaluation of chemical composition of some *Silphium* L. species seeds as alternative foodstuff raw materials. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 13/54(4), pp. 349–354
- Neumerkel, W. und Martin, B. (1982): Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) – eine neue Futterpflanze. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde* 26, S. 261–271
- Niqueux, M. (1981): A new forage plant: *Silphium perfoliatum*. *Fourrages* 87, pp. 119–136
- Schäfer, A.; Meinhold, T.; Damerow, L.; Schulze Lammers, P. (2015): Bestandesetablierung der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum*) mittels Einzelkornsätechnik. *Landtechnik* 70(6), S. 254–261, <http://dx.doi.org/10.15150/lt.2015.3115>

- Scheithauer, F. (2012): Broschüre: Anbauanleitung für die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*). Hrsg.: N.L. Chrestensen, Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GMBH, Erfurt
- Stieger, W; Brinkmann, W. (1975): Untersuchungen über die Beziehung zwischen Saatgutabmessungen und Einzelkornfassung bei pneumatischen Maissägeräten. Grundlagen der Landtechnik 25, S. 105–110
- Trölenberg, S. D.; Kruse, M.; Jonitz, A. (2012): Verbesserung der Saatgutqualität bei der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.). Kongressband VDLUFA-Schriftenreihe 68, S. 936–933

Autoren

Andreas Schäfer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, **Dr.-Ing. Lutz Damerow** ist Akademischer Oberrat und **Prof. Dr.-Ing. Peter Schulze Lammers** ist Leiter der Sektion Systemtechnik in der Pflanzenproduktion am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn, E-Mail: a.schaefer@uni-bonn.de.

Danksagungen

Die Versuche wurden im Rahmen des derzeit laufenden, von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) geförderten Projektes „Durchwachsene Silphie – Anbauoptimierung, Sätechnik und Züchtung“ durchgeführt. Dafür möchten wir uns bei der FNR sowie bei den Projektpartnern bedanken. Ein besonderer Dank geht an die Firma Chrestensen für die Bereitstellung des Saatgutes.