

# Vermessung und Sortierung von Saatkörnern der Durchwachsenen Silphie zur Optimierung der Bestandesetablierung

Andreas Schäfer, Alessa Leder, Maximilian Graff, Lutz Damerow, Peter Schulze Lammers

Durch die Verwendung der in Nordamerika beheimateten Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) als Biogassubstrat besteht eine ökonomisch interessante Alternative und Ergänzung zum überwiegend eingesetzten Substrat Silomais. Aufgrund der ökologischen Vorteile wird zudem ein Beitrag zur Steigerung der Biodiversität in der Agrarlandschaft geleistet. Zur Etablierung eines leistungsfähigen Pflanzenbestandes mit einer Nutzungsdauer von mehr als 10 Jahren ist eine präzise Verteilung der Saatkörner notwendig. Die Saatkörner sind durch eine starke Heterogenität in Größe und Form innerhalb einer Saatgutcharge gekennzeichnet, wodurch die Einzelungsqualität negativ beeinflusst wird. Ziel der Versuche war die Quantifizierung der Größe und Geometrie von Saatkörnern aus verschiedenen Chargen. Im Rahmen der Untersuchungen wurden Saatkörner vermessen und anhand eines selbst erstellten Schemas in Fraktionen eingeteilt sowie verfahrenstechnisch analysiert. Die Untersuchungen belegen neben einer Optimierung der Einzelung durch eine Steigerung der Homogenität auch Potenzial zur Qualitätsverbesserung von kommerziell erhältlichem Saatgut.

## Schlüsselwörter

Korngeometrie, Kornvermessung, Homogenisierung, Einzelkornsaat, Präzisionssaat

Die Eignung der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L., im Folgenden Silphie genannt) als nachwachsender Rohstoff und Biogassubstrat wurde in den vergangenen Jahren in mehreren Forschungsarbeiten beschrieben. Der ausdauernde Korbbblütler kann mehrjährig genutzt werden und Trockenmasseerträge von über 200 dt ha<sup>-1</sup> erreichen (BIERTÜMPFEL und CONRAD 2013, HARTMANN et al. 2014). Die Wildpflanze aus Nordamerika, die bisher nur wenig züchterisch bearbeitet wurde (BLÜTHNER et al. 2016), erwies sich als vielversprechende Alternative und Ergänzung zu Mais (BIERTÜMPFEL et al. 2013). Jedoch erlaubte die bisweilen schwierige Etablierung der Silphie nur eine eingeschränkte Praxis-tauglichkeit. Eine erfolgreiche Bestandesetablierung wurde bisher nur durch Pflanzung erreicht. Diese zeit- und kostenintensive Methode kann durch ein Säverfahren ersetzt werden. Eine Aussaat mit praxisüblichen pneumatischen Einzelkornsämaschinen ist mit kleinen Modifikationen möglich (SCHÄFER et al. 2015). Aufgrund der langsamen Jugendentwicklung wird eine präzise und gleichmäßige Verteilung der Saatkörner zur Verringerung des Unkrautdrucks angestrebt. Ein geschlossener Bestand ist die Grundvoraussetzung für den Anbauerfolg der Silphie (BIERTÜMPFEL und CONRAD 2013).

Um einen endgültigen Bestand von vier Pflanzen je Quadratmeter zu erreichen, wird eine Saatkörnerstärke von 15 bis 18 Körnern je Quadratmeter empfohlen (BIERTÜMPFEL 2011). Eine Reduzierung des Saatgutaufwands ist aufgrund des hohen Saatgutpreises von 600 € kg<sup>-1</sup> (entspricht ca. 1.700 € ha<sup>-1</sup>) ein entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit des gesamten Anbauverfahrens. Zur Vermeidung

derung von ungleichmäßigen Pflanzenbeständen ist eine hohe Präzision der Einzelung erforderlich. Erschwert wird diese durch die in Größe und Form stark heterogenen Saatkörner mit einer geringen Tausendkornmasse von 16 bis 20 g. Grundsätzlich weisen die Saatkörner elliptische Formen auf und besitzen eine Symmetrie zur Längsachse (GANSBERGER et al. 2015, SCHÄFER et al. 2017). Auch die im Vergleich zur Länge (ca. 9 mm) und Breite (ca. 4,5 mm) geringe Dicke der Körner von ca. 1,5 mm erschweren eine exakte Einzelung und ließen bisher keine präzisere Einstellung der Sämaschine zu (SCHÄFER et al. 2017, STIEGER und BRINKMANN 1975).

### Problem- und Aufgabenstellung

Die unterschiedlichen Größen und geometrischen Formen beeinflussen die Einzelung. Zur Bestimmung der Korngröße und -geometrie sowie zum Vergleich mit den Ergebnissen von SCHÄFER et al. (2017), ist die Erfassung mehrerer Saatgutchargen notwendig. Es werden im Folgenden vier Saatgutchargen verschiedener Erntejahre vermessen und beschrieben. Die Ergebnisse sollen Aufschluss über Streuungen innerhalb und zwischen den einzelnen kommerziell erhältlichen Chargen und Erntejahren geben. Des Weiteren sollen Fraktionen zur Homogenisierung der Saatkörner vorgeschlagen werden. Mittels des Bonner Sägeräteprüfstands (Abbildung 1) wird der Einfluss auf die Einzelungsgenauigkeit überprüft (HEIER 2001, SCHMITTMANN 2014). Die Untersuchungen stehen unter dem übergeordneten Ziel der Reduzierung des Saatgutaufwandes durch eine präzisere Einzelung.

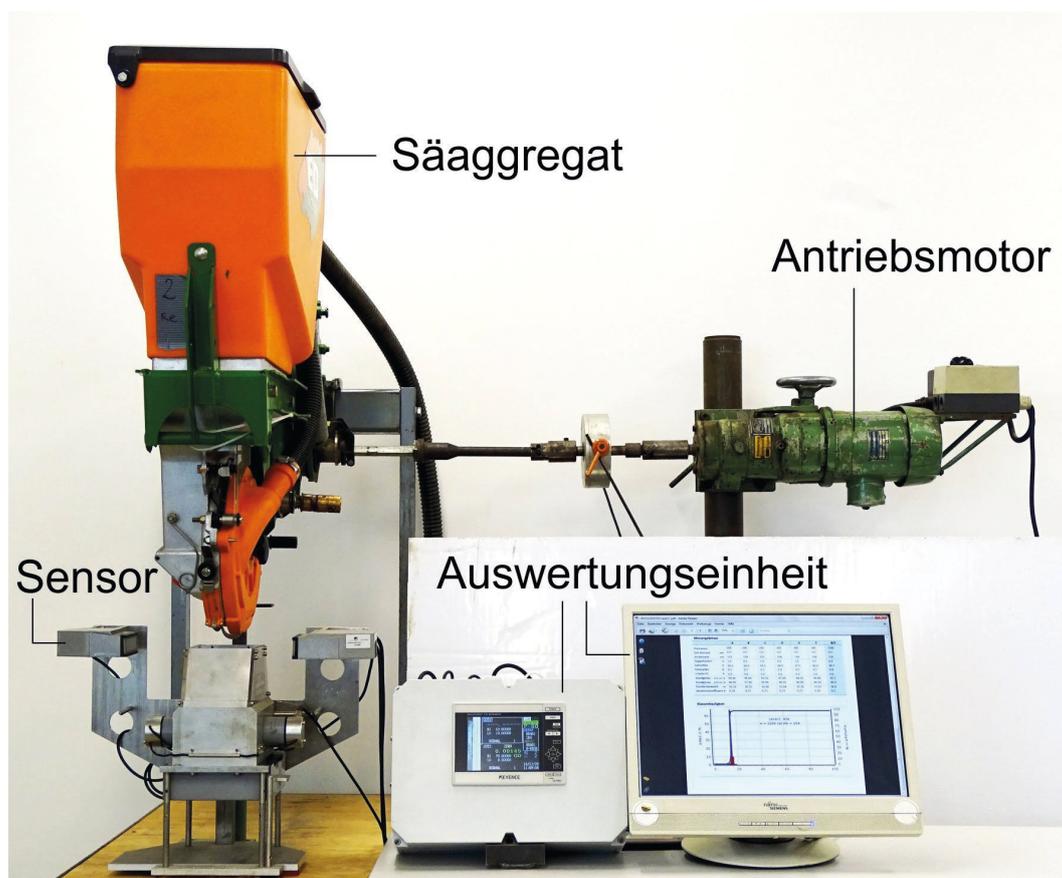


Abbildung 1: Aufbau des Bonner Sägeräteprüfstands (© A. Schäfer)

## Material und Methoden

Für die Untersuchung lagen vier Saatgutchargen aus den Jahren 2006, 2007, 2011 und 2016 ( $n > 450$ ) vor. Aus dem Erntejahr 2011 standen zwei Proben zur Verfügung, wobei aus der Probe 2011b ( $n = 950$ ) drei Fraktionen anhand morphologischer Merkmale zur verfahrenstechnischen Untersuchung gebildet wurden. Das Saatgut stellte die Firma N. L. Chrestensen Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GmbH zur Verfügung.

Die zu vermessenden Saatkörner wurden mittels eines Flachbettscanners (Typ Lide 220, Canon, Krefeld, Deutschland) aufgenommen. Je Scan erfolgte die Erfassung und Nummerierung von 50 Saatkörnern mit einer Auflösung von 600 dpi. Mittels einer Messuhr mit digitaler Anzeige wurde die Korndicke erfasst. Anschließend erfolgte das Einlesen sowie die Analyse der zuvor digital erstellten Scans der Körner in die Software nVision Designer (Version 2017.1, Impuls Imaging GmbH, Turkeim, Deutschland).

Zur Beschreibung der Korngröße wurden die Kornlänge, und -breite, der Umfang und die Fläche bestimmt. Die Länge der Saatkörner stellt dabei die längste Strecke innerhalb des Kornes dar. Die dazu orthogonal schneidende längste Strecke wird als Breite der Saatkörner definiert (Abbildung 2). Zur Bestimmung der Korngeometrie wurde der Öffnungswinkel ermittelt. Dazu wurde an die konisch aufeinander zulaufenden Seiten der Saatkörner jeweils eine Gerade mit der maximalen Anlagefläche an die Körner angelegt. Im Schnittpunkt beider Geraden kann der Öffnungswinkel der Saatkörner ermittelt werden (Abbildung 2).

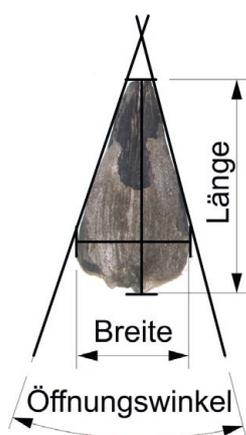


Abbildung 2: Exemplarische Darstellung der Parameter Länge, Breite und Öffnungswinkel eines untersuchten Saatkornes zur Beschreibung der Korngeometrie

Aufgrund der Ergebnisse erfolgte eine manuelle Sortierung der Saatkörner aus der Probe 2011b in drei Winkelfractionen. Die Analyse der Einzelung für die einzelnen Fraktionen erfolgte mit einer pneumatischen Einzelkornsämaschine (Amazone ED 302) auf dem Bonner Sägeräteprüfstand. Zur Beschreibung der agronomischen Parameter wurden eine Bestimmung der Keimfähigkeit nach IS-TA-Norm 2012 sowie eine Triebkraftprüfung unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt.

Das Tabellenkalkulationsprogramm Excel 2015 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) wurde zur Datenaufbereitung und deskriptiven Statistik genutzt. Zur komplexen Datenanalyse und -darstellung ist das Statistikprogramm SPSS Statistics (Version 18, IBM Corporation, Armonk, USA) eingesetzt worden. Ob ein Faktor normalverteilt ist, wurde mit dem Kolmogoroff-Smirnoff-Test (K-S-Test)

getestet. Eine einfaktorielle Varianzanalyse (Signifikanzniveau 0,05) wurde zur Untersuchung signifikanter Unterschiede zwischen mehreren Varianten durchgeführt. Mittels des Tucky-Tests erfolgte ein multipler Mittelwertvergleich. Die Mittelwerte der Varianten sind zur übersichtlichen Darstellung unterhalb der jeweiligen Boxplots aufgeführt.

## Ergebnisse und Diskussion

### Korngröße

Zur präzisen Beschreibung der Korngröße ist die Bestimmung der Kornlänge erforderlich. Die Längen der Saatkörner wurden für die verschiedenen Erntejahre statistisch ausgewertet (Abbildung 3). Es lassen sich signifikante Unterschiede zwischen den Erntejahren feststellen. Die Länge der Körner von 2011a ist mit im Mittel 9,17 mm am geringsten und unterscheidet sich somit signifikant von den Erntejahren 2007 und 2011b, die Mittelwerte von 9,59 mm und 9,64 mm zeigen. Die signifikant längsten Körner weisen die Erntejahre 2006 und 2016 auf.

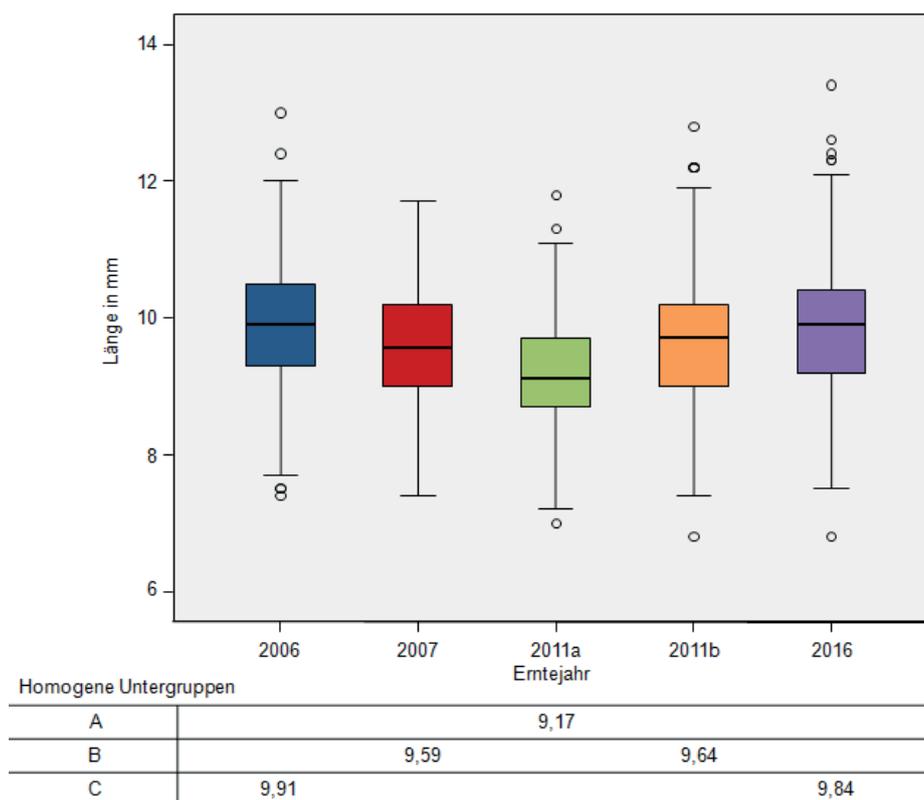


Abbildung 3: Streu- und Lagemaße der Kornlänge (in mm) in den verschiedenen Erntejahren

Die erhobenen Kornlängen entsprechen nur teilweise den in der Literatur beschriebenen Werten. NIQUEUX (1981) beschreibt die Samen der Silphie mit Längen von 9 bis 15 mm und Breiten von 6 bis 9 mm. Erklärt werden können diese Differenzen durch die mechanische Abtrennung der Spreublätter der Saatkörner, die standardmäßig zur Steigerung der Fließfähigkeit im Säherz erfolgt. Bei der mechanischen Abtrennung der Spreublätter, die durch den Saatgutproduzenten standardmäßig durchgeführt wird, können zudem Reste an den konisch zulaufenden Seiten des Saatkorns verblei-

ben. Im Vergleich zu den von SCHÄFER et al. (2017) vermessenen Saatkörnern, deren mittlere Länge 8,39 mm betrug, sind die Körner dieser Untersuchung länger. Die beschriebene Heterogenität der Körner innerhalb einer Saatgutcharge konnte ebenfalls bestätigt werden (SCHÄFER et al. 2017). Neben der Kornlänge stellt die Kornbreite einen wichtigen Parameter zur Beschreibung der Korngröße dar. Abbildung 4 zeigt die ermittelten Breiten der Körner für die verschiedenen Erntejahre.

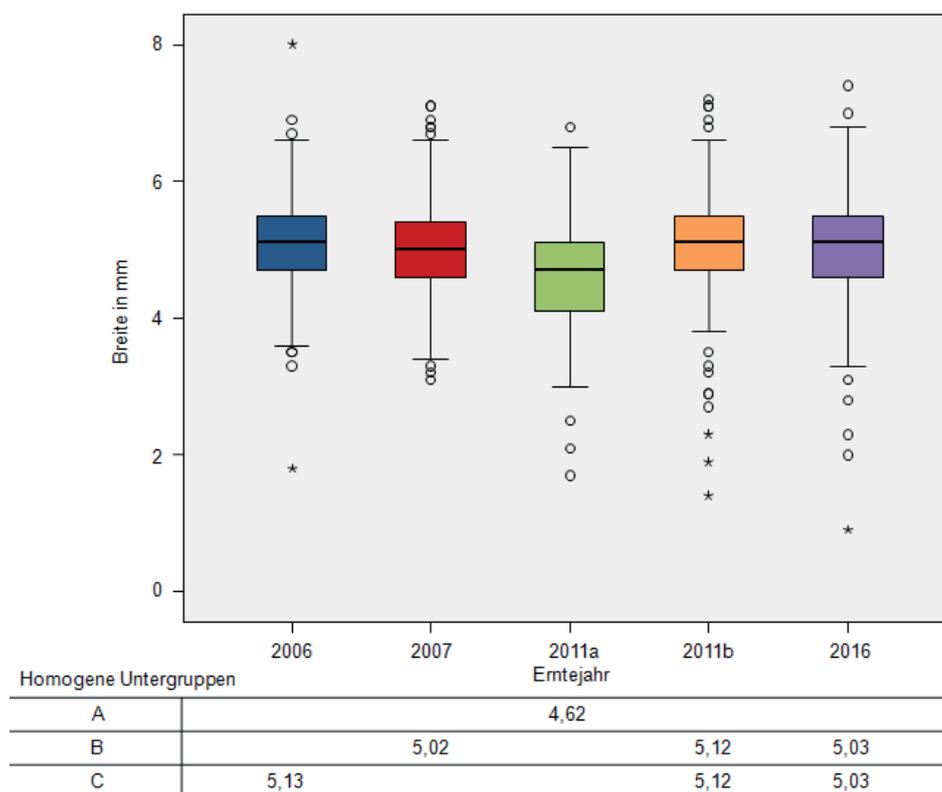


Abbildung 4: Streu- und Lagemaße der Kornbreite (in mm) in den verschiedenen Erntejahren

Zwischen den verschiedenen Erntejahren können signifikante Unterschiede der Kornbreite verzeichnet werden. Die Körner des Erntejahres 2011a weisen die signifikant geringsten Kornbreiten auf. Somit sind die Saatkörner dieser Charge sowohl kürzer als auch schmäler als die Körner der Erntejahre 2006, 2007, 2016 sowie der Charge 2011b. Auffällig ist die hohe Anzahl an Ausreißern, welche u. a. durch die mechanische Abtrennung der Spreublätter hervorgerufen werden.

Zusammenfassend lassen sich die signifikant unterschiedlichen Abmessungen der Saatkörner, insbesondere innerhalb eines Erntejahres (2011), durch folgende Ursachen erklären:

Die klimatischen Bedingungen während der Samenabreife haben einen Einfluss auf die Samenentwicklung. In klimatisch ungünstigen Jahren ist es für die Pflanze besonders wichtig ausreichend Samen zu produzieren. Hierbei spielt auch die Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit eine Rolle (ASSEFA et al. 2015). Da die untersuchten Körner von nur wenig züchterisch bearbeiteten Pflanzen stammen und sich aus verschiedenen geografischen Herkünften zusammensetzen, ist dieser Einfluss auf die Korngröße zu prüfen (ASSEFA et al. 2015). Die lange Blütendauer und das ungleichmäßige Abreifen der Samen sind weitere potenzielle Gründe für das Auftreten von heterogenen Saatkörnern (GANSBERGER 2016).

## Korngeometrie

Zur Beschreibung der Korngeometrie wurde der Parameter Öffnungswinkel herangezogen. Dazu wurden alle gemessenen Häufigkeiten auf die entsprechend gemessenen Öffnungswinkel in einem Diagramm geplottet, wobei drei Peaks festgestellt werden konnten. Anhand dieser Peaks erfolgte die manuelle Sortierung in drei Fraktionen mit folgenden Öffnungswinkeln: Fraktion 1: 0–30°, Fraktion 2: 30–45° sowie Fraktion 3: 45–60°. Die größte Fraktion stellt Fraktion 2 mit einem Anteil von 60% dar. Fraktion 1 und 3 liegen mit jeweils ungefähr 20% mengenmäßig deutlich darunter. Diese prozentualen Anteile sind über alle untersuchten Proben hinweg nahezu identisch. In Abbildung 5 sind Körner der jeweiligen Winkelfraktionen exemplarisch dargestellt.

Korn A kann mit einem Öffnungswinkel von 27° als länglich und schmal beschrieben und der Fraktion 1 zugeordnet werden. Korn B weist einem Öffnungswinkel von 38° auf und zeichnet sich durch eine kegelförmige Geometrie aus (Fraktion 2). Mit einem Öffnungswinkel von 49° ist Korn C als gestaucht zu beschreiben und zählt zur Fraktion 3 (Abbildung 5). Durch die Bestimmung des Öffnungswinkels können demnach Rückschlüsse auf die Form des Kornes gezogen werden. Als potenzielle Ursache für die unterschiedlichen Ausprägungen des Öffnungswinkels sind die oben genannten Gründe anzuführen.

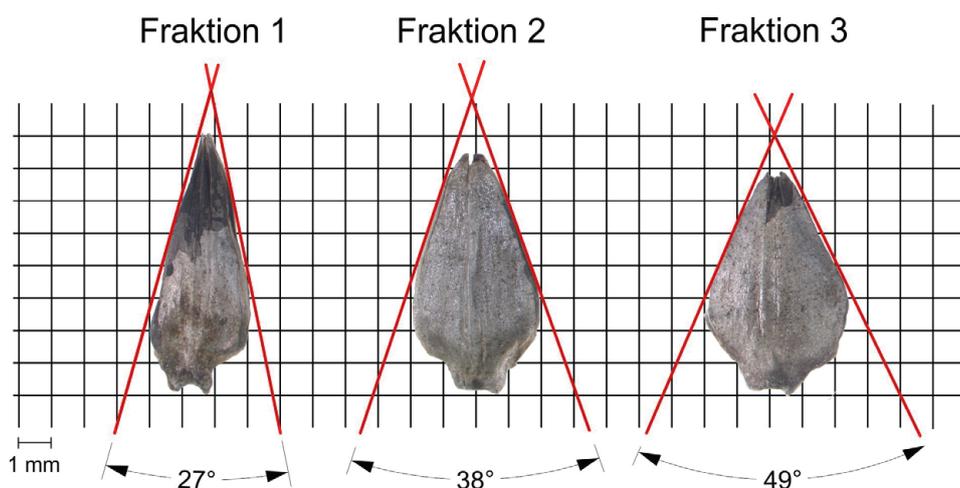


Abbildung 5: Exemplarische Darstellung der Körner der Winkelfraktionen 1 bis 3

## Einzelung

Der Einfluss der Winkelfraktion auf die Einzelungsqualität wurde in Versuchsreihen mit einer pneumatischen Einzelkornsämaschine auf dem Sägeräteprüfstand untersucht. Neben der Variation des Lochdurchmessers von 0,8 bis 1,8 mm wurden die Geschwindigkeiten von 2,5 und 5 km h<sup>-1</sup> in Kombination mit verschiedenen Unterdrücken untersucht. Zusätzlich zu den Winkelfraktionen wurde die Ausgangsprobe in den Versuchen eingesetzt. Die Ergebnisse der erfolgversprechenden Einzelungseinstellungen sind in Tabelle 1 dargestellt. Dabei bestätigen die Ergebnisse die bislang empfohlene Verwendung der Einzelungsscheibe mit einem Lochdurchmesser von 1,2 mm (KÖHLER und BIERTÜMPFEL 2016, SCHÄFER et al. 2016).

Tabelle 1: Prozentuale Stellenverteilung mit statistischer Absicherung durch homogene Untergruppen (a, b) für die Abdreprobe bei Verwendung einer Einzelungsscheibe mit Lochdurchmesser 1,2 mm, Vorfahrtgeschwindigkeit 2,5 km h<sup>-1</sup> und Unterdruck 67,6 mbar für die einzelnen Fraktionen sowie der Ausgangsprobe

Probe	Fraktion 1 0–30°	Fraktion 2 30–45°	Fraktion 3 45–60°	Ausgangsprobe
Doppelstellen in %	10,3 <sup>a</sup>	10,2 <sup>a</sup>	13,9 <sup>a</sup>	11,0 <sup>a</sup>
Sollstellen in %	88,4 <sup>b</sup>	88,3 <sup>b</sup>	82,3 <sup>a</sup>	86,3 <sup>ab</sup>
Einfach Fehlstellen in %	1,3 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	2,7 <sup>a</sup>
Mehrfach Fehlstellen in %	0,0 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>

Die Höhe der Sollstellen gilt als Qualitätsmerkmal bei der Bewertung einer Einzelkornsaat. Zwar werden durch die Verwendung der Fraktionen 1 und 2 keine Sollstellenanteile wie bei der Aussaat von Zuckerrüben erzielt, dennoch kann eine Steigerung des Sollstellenanteils im Vergleich zur Ausgangsprobe bewirkt werden. Gleichzeitig wird der Anteil an Fehlstellen mit 1,3 % halbiert (Tabelle 1). Somit ist von einer Steigerung der Einzelungsqualität zu sprechen. Aufgrund pflanzenbaulicher Besonderheiten ist eine Aussaat dieser Fraktionen ebenfalls vorteilhaft. Die Silphie ist nicht konkurrenzstark gegenüber Unkräutern, wodurch Fehlstellen zu nachhaltigen Problemen führen und aus diesem Grund zu vermeiden sind. Doppelstellen regulieren sich hingegen im Laufe der Nutzungsdauer selbst.

### Agronomische Parameter

Die relative Keimfähigkeit, die relative Triebkraft in Bezug auf alle untersuchten Varianten sowie die Tausendkornmasse wurden zur Überprüfung von agronomischen Parameter bestimmt (Tabelle 2). Zwar erreicht die Winkelfraktion 1 eine relative Keimfähigkeit von 112 %, allerdings verzeichnet diese Fraktion mit nur 82 % eine unterdurchschnittliche Triebkraft. Zudem weisen die Körner dieser Winkelfraktion die geringste Tausendkornmasse auf. Das günstigste Verhältnis von Keimfähigkeit und Triebkraft aller untersuchten Proben erzielen die Winkelfraktionen 2 und 3. Grundsätzlich besteht ein Zusammenhang zwischen Tausendkornmasse und der Triebkraft.

Tabelle 2: Relative Keimfähigkeit und relative Triebkraft der verschiedenen Winkelfraktionen und der Ausgangsprobe sowie deren Tausendkornmassen

Probe	Fraktion 1 0–30°	Fraktion 2 30–45°	Fraktion 3 45–60°	Ausgangsprobe
Relative Keimfähigkeit in %	112	97	96	97
Relative Triebkraft in %	82	107	108	104
Tausendkornmasse in g	15,6	18,5	17,4	17,4

Von den in Tabelle 2 aufgeführten Parameter kommt der Triebkraft die größte Bedeutung im Etablierungsverfahren zu. Besonders Saatkörner mit einer geringen Triebkraft, zu denen auch die Silphie zählt, sollten zur Absicherung der Feldaufgänge möglichst flach abgelegt werden. Im Falle einer flachen Ablage steigt jedoch auch das Risiko der Vertrocknung von Keimlingen, was bis zum Totalausfall führen kann. Besonders im empfohlenen Aussaatzeitraum der Silphie von Ende April bis Ende Mai besteht somit ein erhöhtes Anbaurisiko. Durch die Verwendung von Saatgut mit einer hohen Triebkraft ergeben sich jedoch Möglichkeiten, diesen Risiken entgegenzuwirken. Zum einen wäre eine

tiefere Ablage der Saatkörner zur Erzielung einer besseren Wasserversorgung aus dem kapillaren Aufstieg möglich. Auch im Falle einer Verkrustung der Bodenoberfläche ist eine höhere Triebkraft der Saatkörner und Keimlinge vorteilhaft. Somit können aufgrund der überdurchschnittlichen Triebkraft bei Verwendung der Fraktionen 2 und 3 verfahrenstechnische Vorteile in der Bestandesetablierung entstehen. Folglich kann durch die durchgeführte Fraktionierung der Saatkörner von einer Qualitätssteigerung gesprochen werden.

### **Bedeutung für den Anbau**

Zur Bewertung der Ergebnisse für das Etablierungsverfahren ist jedoch die Kombination aller untersuchten Parameter notwendig. Zwar konnte die Fraktion 2 sowohl die präziseste Einzelung als auch die größte Steigerung der Saatgutqualität erzielen, jedoch würde eine ausschließliche Vermarktung dieser Fraktion zu einem Ausschuss von 40 % führen. Es ist davon auszugehen, dass dies, ohne Berücksichtigung der Kosten für eine Fraktionierung, zu einer gleich großen Steigerung des Saatgutpreises führen wird. Durch die Verwendung der Fraktion 1 konnte allerdings eine identische Einzelungsqualität erzielt werden. Fraktion 3 überzeugt hingegen durch eine überdurchschnittliche Triebkraft im Vergleich zur Fraktion 1 und Ausgangsprobe. Zur Ausnutzung der verfahrenstechnischen Vorteile einer Fraktionierung sowie zur Vermeidung eines erhöhten Saatgutpreises wäre eine gezielte Vermarktung einzelner Chargen oder eine Zusammenlegung denkbar. Da für das gesamte Etablierungsverfahren die Vorteile einer höheren Triebkraft durch Absicherung eines Feldaufgangs überwiegen, sollte eine Zusammenlegung der Fraktionen 2 und 3 in Betracht gezogen werden. Aus der Kombination dieser positiven Eigenschaften wäre eine Reduktion des Saatgutaufwandes von bislang empfohlenen 15 bis 18 auf 12 Körner je  $\text{m}^2$  möglich. Durch die Reduktion der Saatstärke um 3 bis 6 Körner je  $\text{m}^2$  können bei einer Tausendkornmasse von 18 g und einem Saatgutpreis von  $600 \text{ € kg}^{-1}$  ca. 300 bis  $600 \text{ € ha}^{-1}$ , ohne Berücksichtigung der Fraktionierungskosten, eingespart werden. Somit wird die Attraktivität der Silphie für Landwirte deutlich angehoben.

### **Schlussfolgerungen**

Die Untersuchungen belegen große Streuungen der gemessenen Parameter sowohl in als auch zwischen den Saatgutchargen. Der Öffnungswinkel der Saatkörner ermöglicht eine Beschreibung der verschiedenen Kornformen innerhalb einer Saatgutcharge. Zudem lässt dieser Parameter eine Fraktionierung zur Steigerung der Homogenität zu. Durch die Sortierung und Erstellung der Fraktion 2 konnte eine präzisere Einzelung sowie Steigerung der Saatgutqualität erzielt werden. Jedoch wird dieser Vorteil bei einem Ausschuss der anderen Fraktionen (40 %) durch einen höheren Saatgutpreis aufgehoben. Da die Bestandesetablierung aufgrund der geringen Differenzen der Stellenverteilung maßgeblich durch die Steigerung der Saatgutqualität optimiert werden kann, wird die Zusammenlegung der Fraktionen 2 und 3 vorgeschlagen. Dies ermöglicht eine Reduzierung der Saatgutkosten um 300 bis  $600 \text{ € ha}^{-1}$ . Somit tragen die durchgeführten Untersuchungen zur verfahrenstechnischen Optimierung des Anbaus von Silphie bei.

## Literatur

- Assefa, T.; Jixiang, W.; Arvid, B. (2015): Genetic Variation for Achene Traits in Cup Plant (*Silphium perfoliatum* L.). Open Journal of Genetics 05 (02), S. 71–82, DOI: 10.4236/ojgen.2015.52006
- Biertümpfel, A.; Conrad, M. (2013): Abschlussbericht Teilvorhaben 2: Optimierung des Anbauverfahrens und Bereitstellung von Selektionsmaterial. Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena
- Biertümpfel, A. (2011): Anbautelegramm Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.). Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena
- Biertümpfel, A.; Reinhold, G.; Götz, R.; Zorn, W. (2013): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Durchwachsener Silphie. Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena
- Blüthner, W.; Krähmer, A.; Hänsch, K. (2016): Züchterische Verbesserung der Silphie – erste Schritte. Journal für Kulturpflanzen 12(68), S. 392–398, DOI: 10.1399/JfK.2016.12.09
- Gansberger, M.; Montgomery, L.; Liebhart, 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(Januar), S. 362–372, DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.09.047
- Hartmann, A.; Haller, J. (2014): Silphie und Co als Biogassubstrat – Erste Ergebnisse aus dem Dauerkulturanbau. In: TFZ-Merkblatt 4-5, 14PHm004
- Heier, L. (2001): Das Bonner Abstands-Aufzeichnungs-System. LANDTECHNIK SH 1(56). JS. 192–194
- Köhler, J.; Biertümpfel, A. (2016): Wie die Saat, so die Ernte – Erfolgreiche Etablierung Durchwachsener Silphie durch Aussaat. Journal für Kulturpflanzen 12(68), S. 356–365, DOI: 10.1399/JfK.2016.12.02
- Niqueux, M. (1981): A new forage plant: *Silphium perfoliatum*. Fourrages 87, S. 119–136
- Schmittmann, O. (2014): Das Bonner Abstands-aufzeichnungssystem zur Ermittlung von Feldaufgängen und Pflanzenabständen nach der Einzelkornsaat. In: Tagungsbericht der 45. DLG-Technikertagung, Hrsg.: Arbeitsgruppe „Feldversuche“ des DLG – Ausschusses „Versuchswesen in der Pflanzenproduktion“, S. 77–87
- Schäfer, A.; Meinhold T.; Damerow L.; Schulze Lammers, P. (2015): Bestandesetablierung der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum*) mittels Einzelkornsätechnik. LANDTECHNIK 70(6), S. 254–261, DOI: 10.15150/lt.2015.3115
- Schäfer, A.; Damerow L.; Schulze Lammers, P. (2016): Durchwachsene Silphie: Bestandesetablierung mittels Aussaat. Journal für Kulturpflanzen 12(68), S. 367–371, DOI: 10.1399/JfK.2016.12.04
- Schäfer, A.; Damerow, L.; Schulze Lammers, P. (2017): Bestimmung der Korngeometrie der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) als Voraussetzung für die Einzelkornsaat. LANDTECHNIK 72(3), S. 122–129, DOI: 10.15150/lt.2017.3159
- Stieger, W.; Brinkmann, W. (1975): Untersuchungen über die Beziehung zwischen Saatgutabmessungen und Einzelkornfassung bei pneumatischen Maissäegeräten. Grundlagen der Landtechnik 25, S. 105–110

## Autoren

**Andreas Schäfer** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, **Alessa Leder** ist Studentin im Masterstudiengang Nutzpflanzenwissenschaften, **Maximilian Graff** ist Absolvent des Masterstudiengangs Nutzpflanzenwissenschaften, **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

## Hinweis und Danksagung

Die verwendeten Daten wurden im Rahmen der Masterarbeit von Maximilian Graff erhoben und gemeinschaftlich zu diesem Artikel zusammengetragen. Somit gelten sowohl Frau Leder, Herr Graff sowie Herr Schäfer als Erstautoren. Die Versuche wurden im Rahmen des vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft unter dem Projekträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) geförderten Projektes „Durchwachsene Silphie – Anbauoptimierung, Sätechnik und Züchtung“ durchgeführt. Ein besonderer Dank geht an die Firma Chrestensen, die das Saatgut zur Verfügung stellte.