



## **Versuchsbericht 2012**

# ***SILPHIUM PERFOLIATUM* FÜR DIE BIOGAS- PRODUKTION - LEISTUNGSVERGLEICH VERSCHIEDENER HERKÜNFTE**

ITB gGmbH an der Fachhochschule Bingen, Berlinstrasse 107 a, 55411 Bingen  
in Zusammenarbeit mit der TLL, Dornburg

Jan Petersen

Bingen im März 2011

## Einleitung

Die perennierende Asteraceae *Silphium perfoliatum* wird als Rohstoffpflanze für Biogasanlagen diskutiert. Die Pflanze verspricht ähnlich hohe Erträge und Vergärbarkeit wie der Mais. Da Sorten im engeren Sinne nicht existieren und ein Anbau in Europa derzeit kaum erfolgt, fehlen Erfahrungen zum Anbau und Eignung verschiedenen Herkünfte. In Bingen wurden daher in Zusammenarbeit mit der TLL vier verschiedene *Silphium*-Herkünfte im Mai 2007 in einem Feldversuch ausgepflanzt. Ziel ist es den Wuchs und die Ertragsleistungen der Herkünfte zu vergleichen und die Qualität hinsichtlich der Eignung für die Biogasproduktion zu untersuchen. Der vorliegende Bericht zeigt die Ergebnisse des Feldversuches am Standort Bingen und stellt sie vergleichend mit den Ergebnissen der Vorjahre dar.

## Material und Methoden

Die Anlage des Versuches erfolgte im Mai 2007. Im 2-Blattstadium wurden 4 Pflanzen/m<sup>2</sup> mit 50 cm Reihenabstand und 50 cm in der Reihe gesetzt. Es wurden 5-reihige Parzellen mit 8 m Länge mit 4 Wiederholungen im lateinischen Quadrat angelegt. Der Wiederaustrieb erfolgte am 8.3.10 und damit etwa 10 Tage früher als im Vorjahr. Pflanzenausfälle wurden nicht beobachtet. Eine N<sub>min</sub>-Beprobung zu Vegetationsbeginn ergab einen Wert von 41 kg/ha N. Am 26.3. wurden 60 kg/ha N als KAS gedüngt. Ferner wurde am selben Termin eine Düngung mit Kaliumsulfat (100 kg/ha K<sub>2</sub>O) durchgeführt. Weitere pflanzenbaulichen Maßnahmen waren im Vegetationsverlauf nicht notwendig.

Die Hauptblüte der Silphie war von Anfang Juli bis Mitte August. Wie in den Vorjahren blühte die Herkunft Russland um 10 Tage später.

Die Messung der Pflanzenhöhe und des Stängeldurchmessers erfolgte an den Randreihen direkt nach der Kernbeerntung der Parzellen. Am 21.9.2010 erfolgte die Ernte mit der Hand. Die die mittleren Reihe je Parzelle wurden ca. 10 cm über den Boden abgeschnitten und auf dem Feld verwogen. Eine Teilprobe (ca. 10%) jeder Parzelle wurde mit einem Gartenhäckselgerät zerkleinert. Eine Probe des Häckselgutes je Parzelle wurde eingewogen und bis zur Gewichtskonstanz bei 105°C getrocknet. Frisches Häckselgut wurde in 5 l Plastikeimer eingefüllt, mit einer Spindelpresse verdichtet und luftdicht verschlossen. Hieraus wurden Proben für die Weender Analyse und die Vergärungsexperimente (9 Wochen nach der Ernte) entnommen. Die Weender Analyse (Doppelbestimmungen) erfolgte aus einer Mischprobe der Parzellen je Herkunft nach den üblichen Standardmethoden. Die Vergärung wurde in 6 l Fermentern im Batchverfahren durchgeführt. Hierzu wurden jeweils 100 g bei 60°C getrocknete und auf 1 mm gemahlene Silage, 4 kg Fermentergülle einer Praxisbiogasanlage und 1,5 l Leitungswasser je Fermenter (Glasfermenter, HWS, Mainz) eingesetzt. Insgesamt standen 10 Fermenter zur Verfügung. Pro Versuchsglied wurde eine Doppelbestimmung durchgeführt. Zwei der 10 Fermenter wurden nur mit Fermentergülle und Wasser befüllt, um die Nettobiogasmenge der jeweils verwendeten *Silphium*herkunft zu kalkulieren. Die Vergärung wurde bei 40 °C für 28 Tage durchgeführt. In den Fermentern war jeweils ein Paddelrührwerk in zwei Ebenen eingebracht. Die Rührintensität betrug 15 min. je Stunde bei einer Umdrehungszahl von 150 U/min in der ersten und 100 U/min ab der zweiten Woche. Das je Fermenter gebildete Biogas wurde in einem 40 l Gasfolienspeicherbeutel (Firma Ritter) aufgefangen und je nach Füllstand anfangs täglich, im weiteren Versuchsverlauf in größeren Abständen entleert. Die Entleerung erfolgte durch einen Laborkompressor über eine Gasuhr zur Erfassung der Gasmenge. Ein Teilgasstrom wurde bei der Entleerung über den Biogasmonitor (Firma Ansynco) geleitet, um die Gaszusammensetzung (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>S-

Gehalt) zu bestimmen. Bei jeder Entleerung wurden zudem die Raumtemperatur und der Luftdruck erfasst, um das Normgasvolumen gemäß DIN 1343 bestimmen zu können.

Nach der Ernte wurden die Anzahl der Stängel je Pflanze, die Durchmesser der Stängel 10 cm über den Boden und der Anteil der verbräunten (kranken) Stängel anhand der Stoppeln ermittelt. Die Stoppeln wurden Ende Oktober gemulcht.

## Ergebnisse

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen den Verlauf der Lufttemperatur im Monatsmittel und die Niederschlagsmonatssummen für 2012 und im Vergleich hierzu das langjährige Mittel für den Standort Bingen.

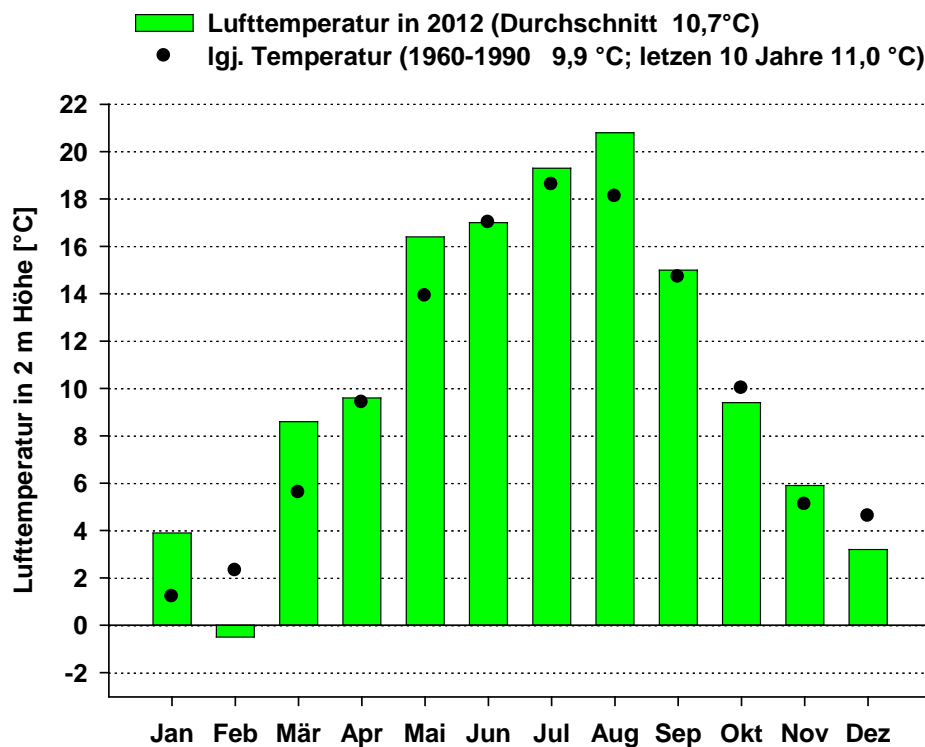


Abb. 1: Verlauf der Lufttemperatur (Monatsmittel) in Bingen 2012

Die Temperaturen waren bis auf den Juni in allen Monaten überdurchschnittlich. Besonders warm fielen die Monate Mai und August aus. Der kalte Februar führte zwar zu einem etwas späteren Austrieb, jedoch konnten die Pflanzen durch den warmen März rasch ihren Entwicklungsrückstand aufholen.

Die Niederschlagssummen der Monate des Jahres 2012 (Abb. 2) zeigt das trockene Frühjahr. Lediglich der Juni brachte deutlich höhere Niederschläge als das langjährige Mittel. Aufgrund der hohen Temperaturen lag die klimatische Wasserbilanz von Feb. Bis Sept. nur im Juni bei 0. Alle anderen Monate der Vegetationsperiode (Feb.-Sept.) wiesen eine negative klimatische Wasserbilanz auf. In der Summe wurde eine klimatische Wasserbilanz des Jahres 2012 von -117 mm festgestellt.

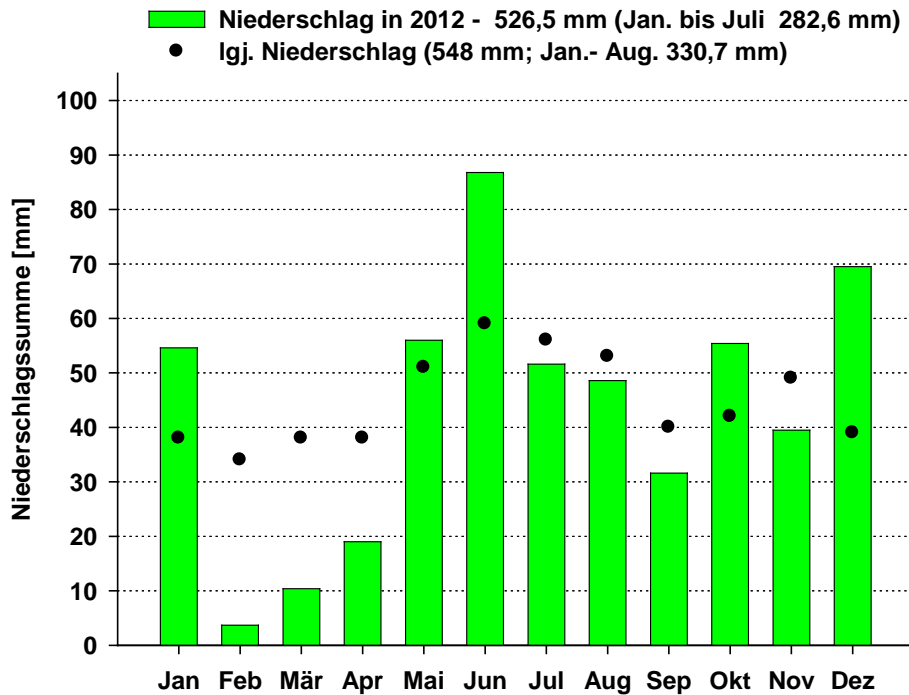


Abb. 2: Verlauf der Niederschlagssummen in Bingen des Jahres 2012

Die Sprosslänge der *Silphium*-Herkünfte zeigt nur geringe Differenzen der Herkunft 1 bis 3. In 2012 wurden 220 bis 250 cm erreicht (Abb. 3). Eine etwas größere Endhöhe erzielte wie in den Vorjahren die russische Herkunft. Der deutliche Unterschied zur Höhenmessung von 2012 und 2011 zu den Vorjahren ist auf die extreme Trockenheit während des Schossens zurückzuführen. Die Auswirkungen auf das Längenwachstum waren 2012 nicht ganz so gravierend, da die Niederschläge im Juni früher einsetzten als im Vorjahr.

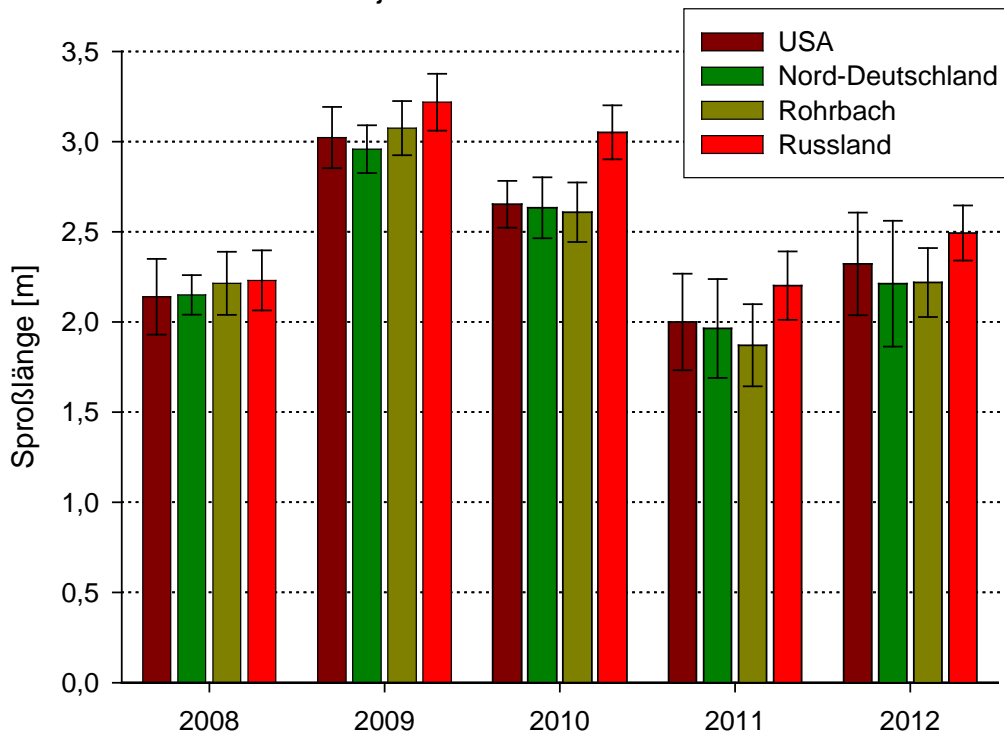


Abb. 3: Sproßlänge von verschiedenen *Silphium perfoliatum* Herkünften – Bingen 2008 bis 2012

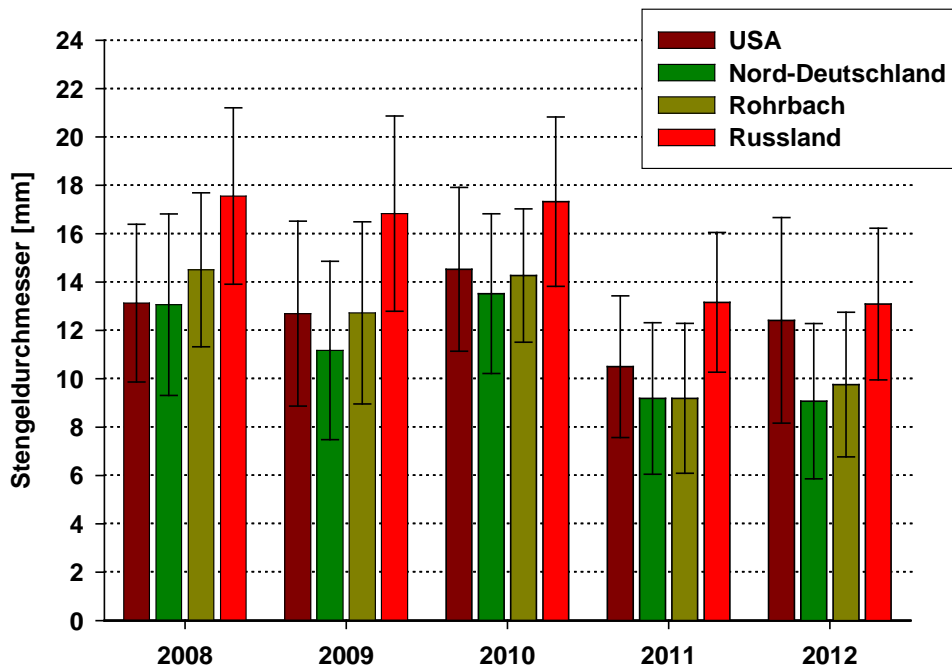


Abb. 4a: Stängeldurchmesser zur Ernte von verschiedenen *Silphium perfoliatum* Herkünften im Vergleich der Jahre 2008 bis 2012 (Standort Bingen)

Die Bestimmung der durchschnittlichen Triebanzahl und des Triebdurchmessers nach der Ernte zeigte wenig Unterschiede zwischen den Herkünften 1 bis 3 (Abb. 4a und b). An der Stängelbasis wurden 9 bis 13 mm Durchmesser bei einer Stängelanahl von 7 bis 10 je Pflanze ermittelt. Eine etwas abweichende Morphologie zeigte in allen Jahren die Herkunft Russland. Hier wurden durchschnittlich auch in 2012 zwei Stängel weniger je Pflanze ausgebildet. Ähnliche Differenzen wurden auch in den Vorjahren registriert. Eine signifikante Zunahme der Stängelanahl je Pflanze über die Jahre konnte bislang nicht festgestellt werden. Der Stängeldurchmesser der Herkunft 4 lag auch in 2011 und 2012 deutlich höher im Vergleich zu den anderen Herkünften. Allerdings fielen die Stängeldurchmesser in beiden Jahren generell mit -4 mm deutlich geringer aus als in den Vorjahren. Die dünneren Stängel sind wie die geringere Pflanzenhöhe auf die extreme Trockenheit in der ersten Jahreshälfte zurückzuführen. Weder bei der Pflanzenhöhe noch beim Dickenwachstum des Stängels konnte ein kompensatorisches Wachstum von *Silphium* mit den einsetzenden Sommerniederschlägen festgestellt werden. Welkesymptome während der Trockenperiode wurde an den Pflanzen aber zu keiner Zeit des Jahres beobachtet

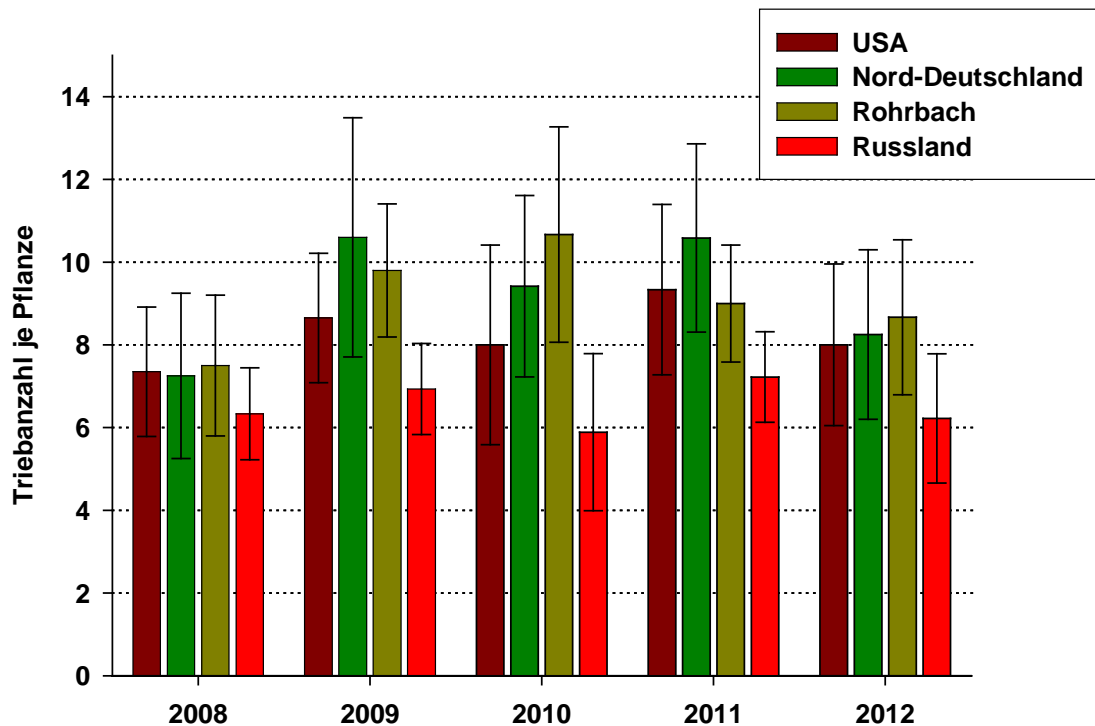


Abb. 4b: Triebanzahl je Pflanze zur Ernte von verschiedenen *Silphium perfoliatum* Herkünften im Vergleich der Jahre 2008 bis 2012

Abbildung 5 zeigt den Anteil verbräunter Stängel je Pflanzen und die Reduktion des Stängeldurchmessers von kranken zu gesunden Stängeln. Vermutlich hat ein Pilzbefall (Sklerotinia?) zum Absterben einzelner Stängel geführt. Auffällig war der geringere Anteil kranker Stängel bei allen Herkünften. Mit unter 8% lag dieser Wert ähnlich niedrig wie im Vorjahr (5%). Die wenigen verbräunten Stängel wiesen dann einen um etwa 50% reduzierten Sproßdurchmesser auf. Auffällig im Jahr 2012 war, dass die Herkunft Rohrbach keine kranken Stängel aufwies.

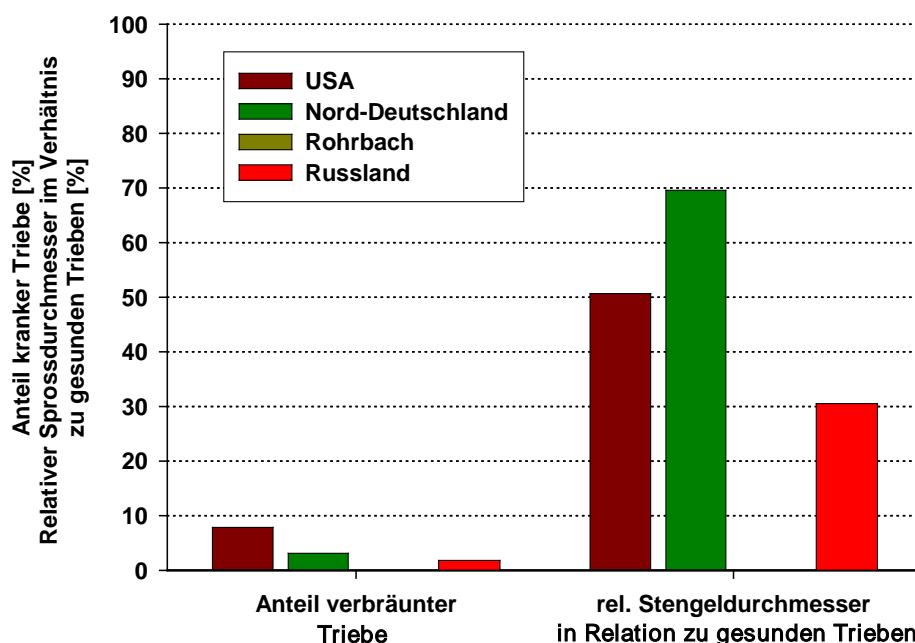


Abb. 5: Anteil kranker Triebe und Reduktion des Stängeldurchmessers verbräunter

## Triebe verschiedener *Silphium perfoliatum* Herkünfte - Bingen 2012

Die Abbildung 6 zeigt die Erträge der vier Herkünfte in den Erntejahren. Bei den Ergebnissen wird deutlich, dass die russische Herkunft einen Ertragsvorteil gegenüber den anderen Herkünften zeigte. Während die russische Herkunft in 2008 noch ca. 21 t/ha erzielte, erreichte sie im Folgejahr noch ca. 16 t/ha. Die übrigen Herkünfte zeigten ähnliche Erträge im jeweiligen Erntejahr. Während 2008 noch gut 16 t/ha erzielt wurden, waren dies in 2009 um die 13 t/ha und in 2010 um die 17 t/ha. Die geringeren Erträge in 2009 sind auf geringere Stängeldurchmesser, einen früheren Erntetermin und vor allem auf Ernteverlust bei maschineller Ernte durch Lagerbildung der Pflanzen zurückzuführen. Die höheren Erträge in 2010 gegenüber dem Vorjahr sind u.a. durch Änderung des Erntesystems zu erklären. Auch in 2010 war eine deutliche Lagerbildung in allen Herkünften zu erkennen. Bei einer maschinellen Ernte kann ein guter Bezug zur Parzellenfläche nicht hergestellt werden. Daher wurde ab 2010 mit der Hand eine Kernberentung (1,5 x 8 m) durchgeführt. Die Frühjahrs- und Frühsommertrockenheit der Jahre 2011 und 2012 haben wie bei Stängeldurchmesser und Sproßlänge auch zu einer deutlichen Biomassenreduktion geführt. Im Vergleich zu den Vorjahren wurde nur etwa das halbe Ertragsniveau erreicht. Die Sproßtrockenmasseerträge lagen bei 12-12 t/ha. Lediglich die Herkünfte Russland und Rohrbach erzielte geringfügig höhere Erträge (13 t/ha). Im Vergleich dazu hat der Mais am Standort Bingen in 2011 und 2012 deutlich bessere Erträge erzielt. Bei Frühsommertrockenheit kann der Mais später besonders bei der Kolbenbildung Biomasse noch aufbauen. Diese Möglichkeit fehlt der Silphie nach Beendigung des Streckungswachstums.

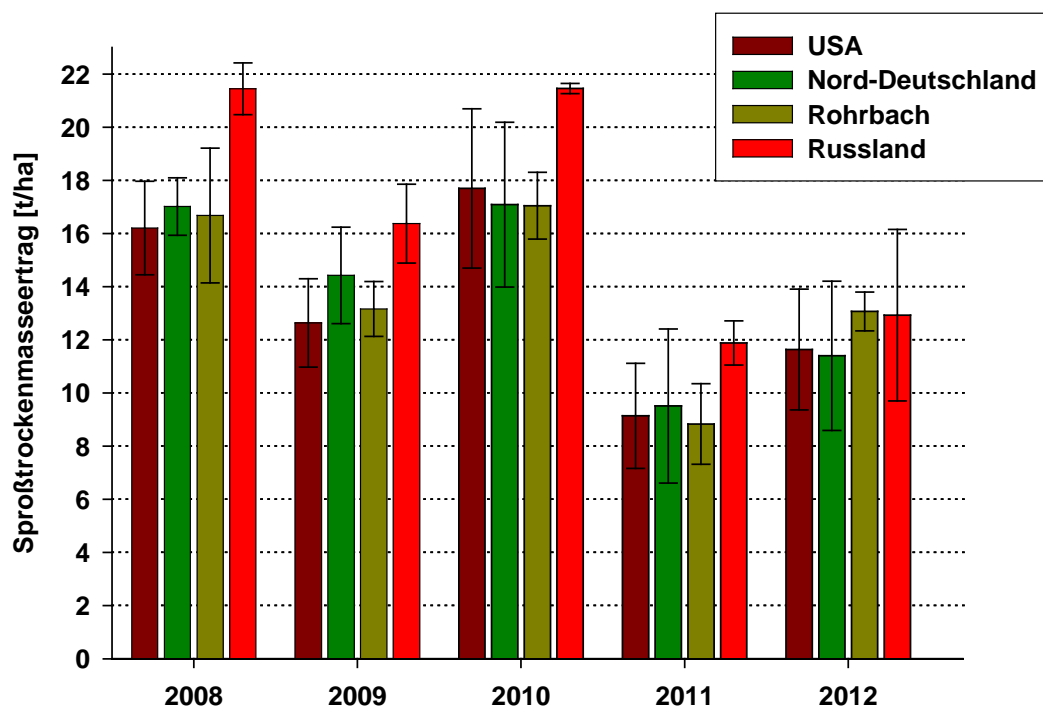


Abb. 6: Trockenmasseertrag von verschiedenen *Silphium perfoliatum* Herkünften – Bingen 2008 bis 2012

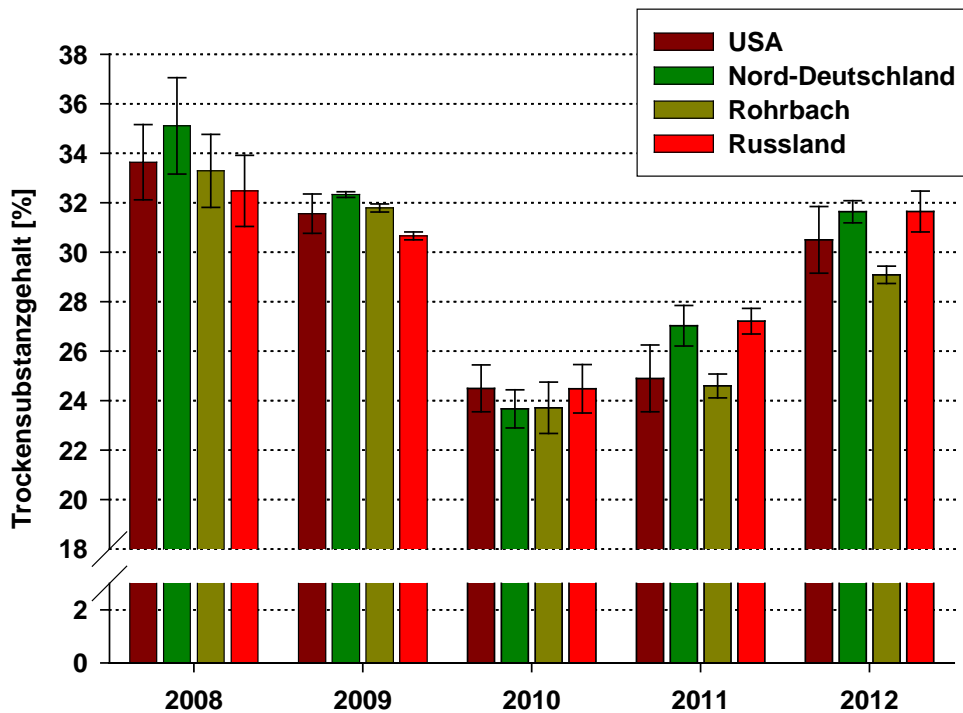


Abb. 7: Trockensubstanzgehalt zur Ernte von verschiedenen *Silphium perfoliatum* Herkünften – Bingen 2008 bis 2012

Abbildung 7 macht deutlich, dass die Ernte 2012 trotz eines etwas früheren Erntetermins im Vergleich zu den Vorjahren höhere TS-Gehalte aufwies. Vermutlich ist das zum einen auf den Wassermangel zum anderen auf einen mutmaßlichen N-Mangel zurückzuführen. Die relativ hellen Pflanzen zeigten N-Mangel an und reiften entsprechend frühzeitiger. Die N-Düngung sollte für die Folgejahre etwas angehoben werden.

Abbildung 8 zeigt die Methanausbeuten und –erträge von Herkünften an den Ernteproben 2012. Aufgrund der geringen Biomasseerträge fallen die Methanerträge entsprechend gering aus und liegen unter  $3000 \text{ m}^3_{\text{norm}}$  je ha. Die Methanausbeuten entsprechen in etwa denen der Vorjahrswerte und liegen zwischen den Herkünften im Bereich von 220 bis 250 Normliter je kg oTS. Die Werte werden auch in der mehrjährigen Betrachtung (Abb. 9) noch einmal verdeutlicht. Im Mittel erreicht *Silphium* lediglich eine Methanausbeute von ca.  $230 \text{ l}_{\text{Norm}}/\text{kg oTS}$ . Mais weist mit  $360 \text{ l}_{\text{Norm}}/\text{kg oTS}$  hier deutlich höhere Werte auf. Die Spannweite der Werte ist bei *Silphium* deutlich höhere als bei Mais. Durch eine breite Spannweite der TS-Gehalte zur Ernte und der Unterschiede zwischen den Herkünften kann dies erklärt werden.



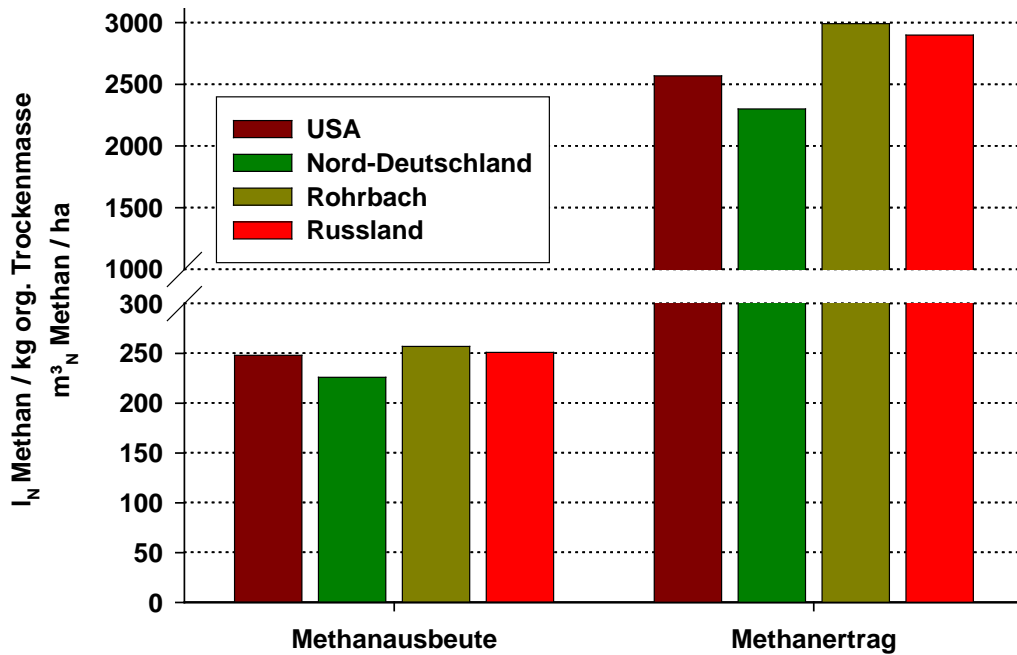


Abb. 8: Methanausbeute und -ertrag von zwei *Silphium perfoliatum* Herkünften – Bingen 2012 (Batchvergärung in 6 l Fermentern)

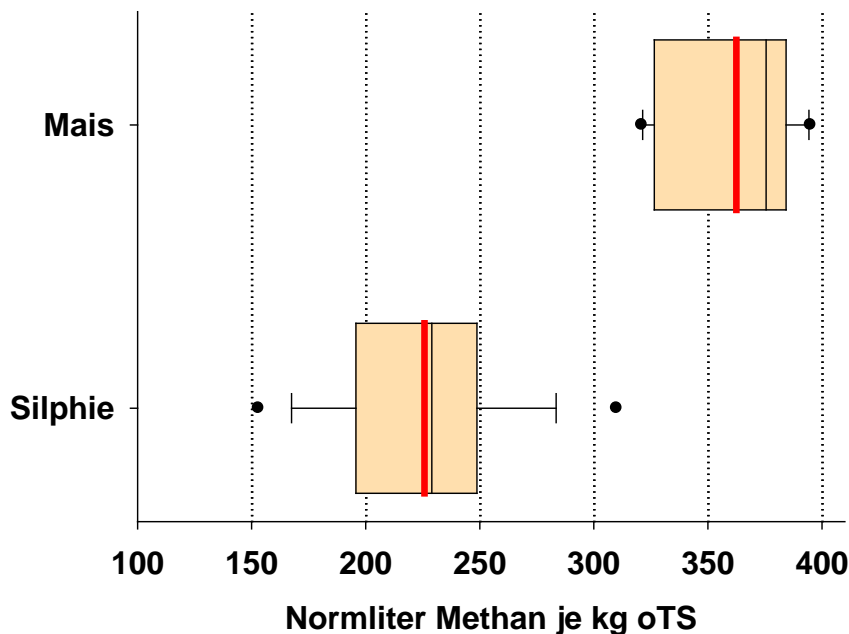


Abb. 9: Vergleichende Methanausbeute aus Silphium- und Maissilagen (versch. Sorten bzw. Herkünften) der Jahre 2008 bis 2012 vom Standort Bingen (n=16); Batchvergärungsexperimente in 6 l Fermentern FH Bingen (unveröffentlicht); roter Strich in der Box zeigt den Mittelwert

### Zusammenfassung

- Die Etablierung in 2007 und der Wiederaustrieb von Silphium in allen Folgejahren waren bei allen Herkünften problemlos. Trotz der kalten Winter 2008/09, 2009/10 und der höheren Schneeaufgaben 2010/11 und der

Spätwinterkahlfroste (Feb. 2012; bis  $-20^{\circ}\text{C}$ ) gab es keine nennenswerten Ausfälle.

- Die Entwicklung der Pflanzen war hinsichtlich der Stängelanzahl je Pflanzen gut. Der mit den Jahren erwartete Anstieg der Stängelzahlen und damit der Reduktion der Biomasse blieb bislang aus.
- Die Trockenmasseerträge waren in 2012 aufgrund der extremen Frühjahrs- und Sommertrockenheit mit bis 13 t/ha niedrig aber etwas höher als das Vorjahrsniveau. Wassermangel während der Schossphase kann im weiteren Vegetationsverlauf offensichtlich trotz wieder einsetzender Niederschläge Ende Juni nicht kompensiert werden.
- Die Herkunft Russland steigt bei Ertrag, Stängelanzahl, Höhe, Ertrag und Methanausbeute über alle Jahre im Vergleich zu den drei anderen Herkünften stets bessere Werte.
- Bis auf das Jahr 2007 (Etablierungsjahr, Unkrautkontrolle) und 2008 (biologische Sklerotinia-Kontrolle) war bislang keine Pflanzenschutzmaßnahme notwendig.
- Die N-Düngung am Standort Bingen scheint nicht ausreichend zu sein und muss in den Folgejahren angehoben werden.
- Die Methanausbeute lag in etwa im Mittel der Werte der Vorjahre. Damit verdeutlicht sich die deutlich schlechtere Eignung von Silphium als Biogassubstrat im direkten Vergleich mit Mais. Selbst bei für die Vergärung günstigen TS-Gehalten und „guten“ Herkünften bleibt Silphium etwa 1/3 unter den Methanausbeuten von Mais.