

Karin Wünsch, Siriporn Maier, Sabine Gruber, Wilhelm Claupein

## Rodung von Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) mit Weideschweinen im Vergleich zu maschineller Rodung

Harvest of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)  
with grazing pigs compared to mechanical harvest

179

### Zusammenfassung

Der Anbau von Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) als nachwachsender Rohstoff hat trotz vielversprechenden Potentials noch keinen Einzug in die Praxis gefunden. Ein Grund dafür ist, dass bei der maschinellen Rodung durchschnittlich ein Drittel der Knollen im Boden verbleiben, die im nächsten Jahr in der nachfolgenden Frucht wieder als Durchwuchs austreiben. In einem Feldversuch wurden zwei verschiedene Rodungsmethoden für Topinamburknollen in den beiden Jahren 2009 und 2010 verglichen: die Rodung mit Weideschweinen und die maschinelle Rodung mit einem Schleuderradroder. Die Methoden unterschieden sich im Rodungszeitpunkt und der Dauer (Rodung mit Weideschweinen: 50 Tage zwischen Mai und Oktober, maschinelle Rodung: 1 Tag im März). Bei der Rodung mit Weideschweinen wurden sechs Tiere für eine reine Topinamburfläche von 96 m<sup>2</sup> eingesetzt, wobei pro Tier und Tag eine Fläche von durchschnittlich 0,34 m<sup>2</sup> gerodet wurde. Um den Rodungserfolg der jeweiligen Methode bewerten zu können, wurde die Anzahl im Boden befindlicher Knollen unmittelbar vor und nach der Rodung gezählt. Bei der Rodung nicht erfasste Knollen, die wieder austrieben, wurden über Zählung der Durchwuchspflanzen in der nachfolgenden Kultur bestimmt. Die Rodung mit den Weideschweinen erwies sich als sehr effiziente Methode, um den überwiegenden Teil der Knollen aus dem Boden zu entfernen. Unmittelbar nach der Rodung wurden hier weniger als 3 Knollen m<sup>-2</sup> gefunden, während es bei der maschinellen Rodung durchschnittlich 74 Knollen m<sup>-2</sup> waren. Dieser Unterschied war auch in der Anzahl der Durch-

wuchspflanzen in der nachfolgenden Kultur deutlich sichtbar (Rodung mit Weideschweinen: weniger als 1 Durchwuchspflanze m<sup>-2</sup>, maschinelle Rodung: 31 Durchwuchspflanzen m<sup>-2</sup>). Die Entfernung von Topinamburknollen von einer Fläche durch Weideschweine stellt eine Möglichkeit zur effizienten Verminderung des Topinamburdurchwuchses in der nachfolgenden Kultur dar, auch wenn sie nur in einigen Betrieben umsetzbar ist.

**Stichwörter:** Energiepflanzen, Knolle, Durchwuchs, Fruchtfolge, Bioenergie

### Abstract

The cultivation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for bioenergy is not yet realised, although the potential is quite promising. About 1/3 of the tubers remain in the soil after harvesting which can sprout next year, and result in highly competitive volunteer plants in the following crops. Two different methods of tuber harvesting were tested in a field trial 2009 and 2010: grazing pigs, and a single row potato harvester. The methods differed in time and period of harvesting (grazing pigs: 50 days between May and October, mechanical harvest: one day in March). Six grazing pigs were used for an area of 96 m<sup>2</sup> with Jerusalem artichoke tubers and each pig harvested on average per day an area of 0,34 m<sup>2</sup>. The number of tubers was counted immediately before and after harvesting. Tubers which were not recovered at harvest were recorded as volunteers in the following crop. Tuber harvesting by grazing pigs showed lowest number

### Institut

Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Allgemeiner Pflanzenbau, Stuttgart

### Kontaktanschrift

Karin Wünsch, Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Allgemeiner Pflanzenbau, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart, E-Mail: karin.wuensch@uni-hohenheim.de

### Zur Veröffentlichung angenommen

15. April 2011

of lost tubers (< 3 tubers m<sup>-2</sup>) compared to an average of 74 tubers m<sup>-2</sup> after the mechanical harvest. This difference was also clearly visible in the number of volunteers in the following crop (grazing pigs: < 1 volunteers m<sup>-2</sup>, mechanical harvest: 31 volunteers m<sup>-2</sup>). Tuber harvesting by grazing pigs is an option for efficient reduction of Jerusalem artichoke volunteers in the following crop, but only feasible for a few farms.

**Key words:** Energy crops, tuber, volunteers, crop rotation, bioenergy

## Einleitung

Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) ist eine knollenbildende Pflanze, deren ursprüngliches Verbreitungsgebiet in Nordamerika liegt (KOSARIC et al., 1984). Anfang des 17. Jahrhunderts wurde sie nach Europa eingeführt, wo ihre Knollen als Nahrungsmittel Verwendung fanden. Im Zuge des zeitgleich stattfindenden Kartoffelanbaus verlor sie aber schnell wieder an Bedeutung und wurde nur noch als Wild- und Schweinefutter (FRIEG, 1953) und in Teilen Süddeutschlands zu Brennereizwecken (UNDERKOFER et al., 1937) angebaut. Besonderen Zuspruch fand die Bewirtschaftung von Topinamburflächen als Schweineweide, und auch die Verfütterung von Blattmasse und Knollen im Stall wurde untersucht (KÜPPERS-SONNENBERG, 1960). Es zeigten sich bei der Aufnahme von Topinamburknollen günstige Effekte auf die Darmflora (FARNWORTH et al., 1995). Durch die Einstufung als sogenanntes prebiotisches Lebensmittel stoßen die Topinamburknollen auch bei der menschlichen Ernährung derzeit auf Interesse. Das Kohlenhydrat der Knollen wird hauptsächlich in Form von Inulin gespeichert und eignet sich daher besonders für Diabetiker und als diätetisches Lebensmittel (MIELKE und SCHÖBER-BUTIN, 2004). Gegen Ende des 20. Jahrhunderts wurden erstmals Versuche in Schweden durchgeführt, um die Eignung von Topinambur für die Biogasproduktion zu testen (GUNNARSON et al., 1985). Es zeigte sich, dass sich der oberirdische Biomasseaufwuchs theoretisch gut zur Biogasproduktion und damit zur Erzeugung von Bioenergie eignet.

Heute werden für die Bereitstellung von Bioenergie auf Basis nachwachsender Rohstoffe Pflanzen mit hohem Biomassepotenzial benötigt. Entscheidend dabei ist, dass sich mit steigendem Trockenmasseertrag der Gasertrag erhöht (KALTSCHMITT et al., 2009). Da Mais sehr hohe Flächenerträge von 130 bis 230 dt TM ha<sup>-1</sup> aufweist (KTBL, 2006), und da das Produktionsverfahren weitgehend optimiert ist, werden derzeit in Deutschland über 50% der Flächen, die für die Biogasproduktion zur Verfügung stehen, mit Mais bestellt (HARTMANN, 2008). Durch den mehrjährigen Maisanbau in Folge und durch den hohen Flächenanteil insgesamt an der landwirtschaftlich genutzten Fläche sind zunehmend Fruchtfolgekrankheiten oder Schädlingsbefall, z.B. durch den Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera*), zu erwarten. Mais-Monokulturen werden auch aus ökologischer Sicht

kritisch diskutiert (VETTER et al., 2009). Daher werden Alternativen zu Mais als Energiepflanze gesucht, zu denen auch Topinambur zählen könnte. Aufgrund der Fähigkeit der Knollen im Boden zu überwintern, kann Topinambur sowohl als einjährige als auch als mehrjährige Kultur angebaut werden. Mit relativ geringem Input lassen sich für das Topinamburkraut Biomasseerträge von 160 bis über 200 dt TM ha<sup>-1</sup> (KTBL, 2006; RODRIGUES et al., 2007) erreichen. Zusätzlich zu den oberirdischen Biomasseerträgen von Topinambur erzielt man mit den Knollen Biomasseerträge von 130 bis 190 dt TM ha<sup>-1</sup> (SOJA und HAUNOLD, 1991). Aufgrund der Erdanhaftung und der problematischen Reinigung können die Knollen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht als Biogassubstrat eingesetzt werden. Nach der ein- oder mehrjährigen Nutzung müssen sie möglichst vollständig von der Fläche entfernt, das heißt gerodet, werden, um Durchwuchs in der nachfolgenden Kultur zu vermeiden. Das Kraut wird derzeit vereinzelt zu Versuchszwecken in kleinem Umfang als Ko-Substrat in Biogasanlagen genutzt (KTBL, 2006). Bisher findet in Deutschland noch kein großflächiger Topinamburanbau statt, da bei der Rodung durchschnittlich 30% aller Knollen in einer Größenordnung von 49 Knollen m<sup>-2</sup> im Boden verbleiben (SCHITTENHELM, 1995), die trotz Bodenbearbeitung in der nachfolgenden Kultur wieder austreiben. Dadurch kann der Bestand teilweise bis vollständig durch die Topinamburpflanzen verdrängt werden. Traditionell wurde nach Topinambur ein Futtergras angebaut, das durch mehrmaligen Schnitt pro Jahr eine Unterdrückung des Topinamburdurchwuchses ermöglichte (SCHITTENHELM, 1996). Mehrmalige Applikation von Totalherbiziden zeigte nicht die gewünschte Reduzierung des Topinamburdurchwuchses und ist auch aus betriebswirtschaftlicher und ökologischer Sicht fraglich. Die Wahl der richtigen Folgekultur ist daher von großer Bedeutung. Arten mit langsamer Jugendentwicklung oder langer Vegetationszeit sind der Konkurrenz mit wieder-austreibenden Topinamburpflanzen einem längeren Zeitraum ausgesetzt und daher nicht geeignet (ADAM, 1995).

Ziel der vorliegenden Studie war zu prüfen, wie effizient eine Beweidung mit Schweinen zur Entfernung von Topinamburknollen aus dem Boden ist. Dazu sollten oberirdisch abgeerntete Topinamburparzellen mit zwei unterschiedlichen Methoden gerodet werden, nämlich mechanisch mit Kartoffelerntetechnik und alternativ durch die Beweidung mit Schweinen.

Um erste Erfahrungen zur Topinamburrodung mit Weideschweinen überhaupt zu sammeln, orientierten sich Form und Ablauf des Versuchs an der Frage, ob vorher herkömmlich gehaltene Stalltiere generell zur Rodung unter Freilandbedingungen geeignet sind.

## Material und Methoden

Der Feldversuch fand auf der Versuchsstation Unterer Lindenhof der Universität Hohenheim statt, 35 km südlich von Stuttgart am Fuße der Schwäbischen Alb gelegen. Die Flächen befinden sich auf 48°27' nörd-

licher Breite, 9°16' östlicher Länge und 480 m über dem Meeresspiegel. Die langjährigen, durchschnittlichen Werte für Jahrestemperatur und Jahresniederschlagsmenge liegen bei 8,5°C und 887 mm. In den Albvorbergen sind die Böden des Braunen Jura als steinige, braune Mergelrendzinen ausgebildet. Die durchschnittliche Bodenzahl der Versuchsfläche liegt bei 52 Bodenpunkten. Der Rodungsversuch wurde nach der Ernte auf Flächen eines produktionstechnischen Versuches zu Topinambur angelegt.

Die Anlage des ursprünglichen Feldversuches erfolgte in den Jahren 2008 und 2009 jeweils in Kalenderwoche 17 (Tab. 1), wobei Bodenbearbeitung, Saatbettvorbereitung und Pflanzung analog zum Kartoffelanbau abliefern. Die Topinamburknollen der Sorte Völkenroder Spindel wurden mit einer Dichte von fünf Knollen m<sup>-2</sup> gesteckt. Der Reihenabstand betrug 66,6 cm und der Abstand in der Reihe 30 cm. Die Ernte der oberirdischen Biomasse fand in beiden Jahren in Kalenderwoche 39 mit einem Häcksler der Marke Claas Jaguar 830 statt, während die Knollen im Boden belassen wurden. Der Versuch zur oberirdischen Biomasse wird separat für Untersuchungen zum Ertrag und zur Düngung ausgewertet. Im jeweils auf die Pflanzung folgenden Jahr wur-

den verschiedene Methoden zur Rodung der Knollen auf den Parzellen des produktionstechnischen Versuches getestet.

Der Versuch zur Rodung wurde 2009 und 2010 als Blockanlage mit dem Versuchsfaktor Rodung in zwei Wiederholungen angelegt. Das Versuchsdesign war auf die vorhandene Parzellengröße und für die Freilandhaltung von Schweinen erforderlichen gesetzlichen Auflagen ausgerichtet. Jeweils drei Kleinparzellen mit einer Größe von 32 m<sup>2</sup> (4 m × 8 m) und die Zwischenwege bildeten eine Versuchsparzelle innerhalb einer Wiederholung. Der Erfolg der jeweiligen Rodungsmethode wurde anhand der Anzahl an im Boden befindlichen Knollen vor und nach der Rodung (Fläche 0,25 m<sup>2</sup>, Umgraben bis 20 cm Tiefe, 8 Wiederholungen) und der Anzahl an Durchwuchspflanzen in der nachfolgenden Kultur (Fläche 1 m<sup>2</sup>, Zählen der Topinamburpflanzen, 9 Wiederholungen) bestimmt. Die Nachfrucht nach Topinambur nach dem ersten Versuchsjahr mit verschiedenen Rodungsmethoden war eine Mischung aus 50% einer *Sorghum bicolor* Hybride (Sorte Aron) und 50% der Hybride *Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanense* (Sorte Csaba) und wurde am 18. Juni 2009 gesät. Auf den Flächen des zweiten Versuchsjahres wurde nach der maschinellen

**Tab. 1. Zeitlicher Ablauf des Versuches zur Rodung von Topinamburknollen mit Weideschweinen oder maschineller Ernte für beide Versuchsjahre; W1: Weideperiode 1, W2: Weideperiode 2**

		2009	2010
<b>Pflanzung</b>			
	Ernte oberirdische Biomasse	21.04.08	22.04.09
	Bodenproben für N <sub>min</sub> vor Rodung	22.09.08	23.09.09
	Bestimmung Knollen im Boden	07.04.09	n.b.
		14.04.09	08.04.10
<b>Rodung mit Weideschweinen</b>			
Rodung	W1	07.05.09–17.06.09	24.06.10–18.08.10
	W2	17.06.09–03.08.09	18.08.10–12.10.10
Bodenproben für N <sub>min</sub> nach Rodung	W1	17.06.09	25.08.10
	W2	03.08.09	12.10.10
Bestimmung Knollen im Boden	W1	18.06.09	23.08.10
	W2	03.08.09	12.10.10
Aussaats nachfolgende Kultur	W1	18.06.09	–
	W2	–	–
Zählung Durchwuchspflanzen	W1	28.07.09	12.10.10
	W2	15.09.09	15.11.10
<b>Maschinelle Rodung</b>			
	Rodung	15.04.09	08.04.10
	Bestimmung Knollen im Boden	15.04.09	08.04.10
	Gewichtserfassung Knollen	07.05.09	08.04.10
	Aussaats nachfolgende Kultur	18.06.09	14.04.10
	Zählung Durchwuchspflanzen	28.07.09	19.05.10

n.b.: nicht bestimmt

Rodung am 14. April 2010 Welsches Weidelgras (*Lolium multiflorum*, Sorte Gemini) als nachfolgende Kultur gesät.

#### Rodung mit Weideschweinen

Methode 1 stellte die Rodung mit Weideschweinen dar. In beiden Versuchsjahren wurden jeweils sechs Tiere aus einem Wurf, eine Kreuzung aus Schwäbisch Hällischem Landschwein und Pietrain, auf der doppelt eingezäunten Versuchspartzele gehalten, um den Boden nach Knollen zu durchwühlen und diese zu fressen. Die Tiere wurden am 7. Mai 2009 beziehungsweise am 24. Juni 2010 auf die Weidefläche aufgetrieben. Nach 41 (2009) beziehungsweise 55 (2010) Tagen wurde die Weideperiode 1 auf der Versuchspartzele der ersten Wiederholung beendet und die Tiere wurden auf die Versuchspartzele der zweiten Wiederholung umgesetzt, wo sie 47 (2009) beziehungsweise 55 (2010) Tage die Weideperiode 2 verbrachten. Um den täglichen Bedarf der Mastschweine an umsetzbarer Energie zu decken, musste neben der ad libitum Aufnahme an Topinamburknollen noch 1,8 kg proteinreiches Kraftfutter zugefüttert werden. Den Tieren stand eine Schweinehütte der Firma Atlantic als Unterschlupf zur Verfügung. Das Gewicht, und somit auch die Zunahme der Tiere, wurden zu Beginn des Versuches sowie nach den einzelnen Weideperioden mit einer Feldwaage ermittelt. Nach Beendigung des Rodungsversuches hatten die Tiere das erforderliche Mastendgewicht von 120 kg erreicht und wurden geschlachtet.

#### Maschinelle Rodung

Methode 2 stellte die maschinelle Rodung dar. Dabei wurde am 15. April 2009 beziehungsweise am 8. April 2010 die Rodung mit herkömmlicher Kartoffelerntetechnik, einem Schleuderradroder der Marke Schmotzer, durchgeführt. Um möglichst alle Knollen zu erfassen, wurden nicht nur die ursprünglich in Dämmen gepflanzten Reihen mit dem Roder überfahren, sondern auch jeweils eine Überfahrt im Bereich zwischen zwei Reihen durchgeführt. Zur Verminderung von Zudeckungsverlusten wurden die Knollen einer Reihe unmittelbar nach der Rodung von Hand aufgesammelt und zur späteren Gewichtsbestimmung im Säcken gesammelt, bevor die Überfahrt für die Rodung der nächsten Reihe stattfand.

Um insbesondere die Auswirkung der Weidehaltung auf den Nährstoffeintrag des Bodens bewerten zu können, wurden vor und nach der Rodung Bodenproben, zur Ermittlung des im Boden verfügbaren Mineralstickstoffs gezogen. Die Beprobung der Parzellen wurde mittels eines Bohrstockes (Querschnitt innen 12 mm × 14 mm) durchgeführt. An acht Stellen innerhalb der Versuchspartzele wurden jeweils zwei Einstiche bis auf 0,9 m Tiefe vorgenommen. Das so gewonnene Material wurde in die Fraktionen 0 cm–30 cm, 30 cm–60 cm und 60 cm–90 cm unterteilt und mit der  $N_{\min}$ -Methode nach VDLUFA auf Ammonium-Stickstoff und Nitrat-Stickstoff untersucht.

Für die Auswertung der ermittelten Daten wurde das Statistikprogramm SAS Version 9.1 (SAS Institute Inc., Carry, NC, USA) eingesetzt. Bei der schließenden Statistik

kam die Prozedur Mixed für die Varianzanalyse zum Einsatz, mit den festen Faktoren Jahr, Wiederholung und Rodung und dem zufälligen Faktor Wiederholung × Rodung. Wo es für die Varianzhomogenität und Normalverteilung notwendig war, wurden die Daten transformiert. Für die beschreibende Statistik wurde die Prozedur Boxplot verwendet.

#### Ergebnisse

Die Knollen hatten sich seit der Pflanzung im Frühjahr des vergangenen Jahres bis zur Rodung im darauffolgenden Frühjahr sehr stark vermehrt, aus fünf Pflanzknollen  $m^{-2}$  hatten sich durchschnittlich über 165 neue Knollen entwickelt (Abb. 1 und Tab. 2). Bei der Erfassung wurden die verdickten Stolonenenden als Knollen gewertet, wenn die typische Spindelform erkennbar war und das Gewicht mindestens 10 g betrug. Die Knollengewichte variierten zwischen 10 und 90 g, wobei das durchschnittliche Knollengewicht bei 32,4 g lag. Die beiden getesteten Rodungsmethoden unterschieden sich höchst signifikant voneinander (Daten nicht gezeigt). Nach der Rodung mit den Weideschweinen wurden rund drei Knollen  $m^{-2}$  gefunden. Dabei wurden nicht nur intakte Knollen, sondern auch Knollenteile und Stolonen mit bereits neu angelegten Trieben gezählt. Da die maschinelle Rodung bereits im Frühjahr des jeweiligen Versuchsjahres erfolgte, hatten sich nach der Überdauerung der Knollen im Boden über den Winter noch keine neuen Triebe an Stolonenteilen gebildet, so dass lediglich eine Zählung der Knollen erfolgte. Der Anteil an nicht erfassten Knollen lag hier mit durchschnittlich 74 Knollen  $m^{-2}$  deutlich höher als bei der Rodung mit den Weideschweinen (Tab. 2). Das Potential der Knollen zum Wiederaustreiben zeigte sich durch das Auftreten von Durchwuchspflanzen in der nachfolgenden Kultur. Zwischen der Anzahl an im Boden

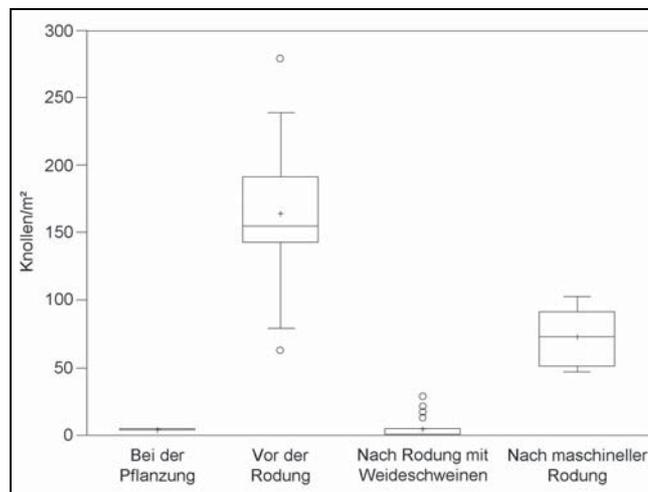


Abb. 1. Anzahl von Topinamburknollen im Boden zu verschiedenen Zeitpunkten beim Topinamburanbau und als Effekt der Form der Rodung (Rodung mit Weideschweinen oder maschinelle Rodung) im Mittel über die Versuchsjahre 2009 und 2010.

**Tab. 2. Analyse von Knollenanzahl, Verlustknollen und Durchwuchspflanzen von Topinambur in Abhängigkeit der Rodungsmethode (Rodung mit Weideschweinen, maschinelle Rodung) für die Versuchsjahre 2009 und 2010**

	2009		2010		S
	M	SD	M	SD	
<b>Knollenanzahl</b>					
bei Pflanzung (m <sup>-2</sup> )	5	–	5	–	–
vor Rodung (m <sup>-2</sup> )	222,67	67,69	136,00	52,64	n.s.
pro Pflanze	44,23	7,85	21,03	14,00	*
Knollengewicht (g)	28,06	5,99	42,55	12,75	n.s.
<b>Verlustknollen</b>					
nach Rodung mit Weideschweinen (m <sup>-2</sup> )	2,75	6,96	3,5	6,51	n.s.
nach maschineller Rodung (m <sup>-2</sup> )	74,00	21,87	74,32	20,43	n.s.
<b>Durchwuchspflanzen</b>					
nach Rodung mit Weideschweinen (m <sup>-2</sup> )	0,75	0,67	0,00	0,00	n.s.
nach maschineller Rodung (m <sup>-2</sup> )	23,67	5,91	39,22	20,20	*

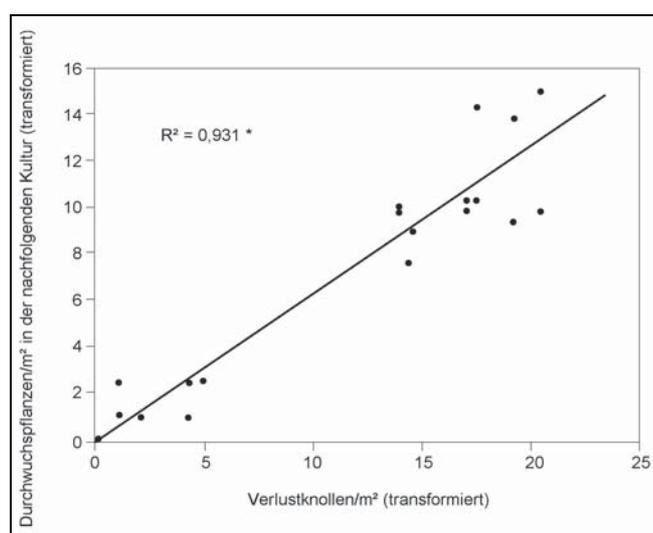
M: Mittelwert, SD: Standardabweichung, S: Signifikanz  
n.s.: nicht signifikant, \* =  $p < 0,05$

zurückgebliebenen Knollen nach der Rodung, den sogenannten Verlustknollen, und den Durchwuchspflanzen konnte eine positive, signifikante Korrelation von 0,931 festgestellt werden (Abb. 2). Auf den Flächen, die mit den Weideschweinen gerodet wurden, konnte durchschnittlich höchstens noch eine Pflanze m<sup>-2</sup> beobachtet werden, während auf den maschinell gerodeten Flächen durchschnittlich 31 Pflanzen m<sup>-2</sup> gezählt wurden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Weideschweine die Fläche nicht gleichmäßig gerodet hatten. An hoch frequentierten Stellen wie unmittelbar vor dem Trog oder der Tränke

sowie in einem Radius von fünf Metern vor der Hütte waren keine Knollen mehr in Boden, und somit zeigten sich dort auch keine Durchwuchspflanzen. An weiter von der Hütte entfernten Stellen oder dem Kotplatz wurde weniger gewühlt, wie sich anhand der Anzahl an Knollen im Boden und später an den Durchwuchspflanzen schließen ließ. Nach der Schweinebeweidung waren die Durchwuchspflanzen in der nachfolgenden Kultur in „Nestern“ vorzufinden, während bei der maschinellen Rodung die Pflanzen gleichmäßig über die gesamte Fläche verteilt austrieben und die eigentlich nachfolgende Kultur dadurch flächendeckend unterdrückt wurde.

Durch die Beweidung mit den Schweinen fand gleichzeitig zur Rodung auch ein hoher Stickstoffeintrag durch Abkoten statt. In den oberen Bodenschichten von 0 bis 30 cm Tiefe stieg der verfügbare Mineralstickstoffgehalt von 60 kg N ha<sup>-1</sup> auf bis zu über 200 kg N ha<sup>-1</sup> an, in den tieferen Bodenschichten zeigte sich dagegen keine Veränderung. Besonders am Kotplatz waren die gemessenen Werte sehr hoch, während im Bereich der Hütte nur ein minimaler Anstieg zu beobachten war. Die gerodete Fläche wurde dementsprechend nicht gleichmäßig mit Stickstoff angereichert und bietet somit keine homogenen Bedingungen für die Nährstoffversorgung der nachfolgenden Kultur. Bei der maschinellen Rodung entfiel der Düngungseffekt.

Das Verhalten der ursprünglich im Stall gehaltenen Schweine auf der Weide zeigte große Übereinstimmungen mit dem aus der Literatur bekannten Verhalten von Tieren unter naturnahen Bedingungen. Es gab nach einer kurzen Eingewöhnungszeit von weniger als drei Tagen keine vom arttypischen Verhaltensmuster abweichenden Beobachtungen. Die Tiere begannen zu Wühlen und fraßen die Topinamburknollen, die sie dabei fanden.



**Abb. 2.** Zusammenhang zwischen Anzahl an Verlustknollen von Topinambur nach der Rodung und der Anzahl an Durchwuchspflanzen in der nachfolgenden Kultur unabhängig von der Rodungsmethode; Daten sind Wurzel-transformiert, (n = 44,  $P \leq 0,05$ ).

## Diskussion

### Rodung mit Weideschweinen

Der Einsatz von Weideschweinen zur Rodung von Topinamburflächen erwies sich als sehr effektive Methode, um Topinamburknollen von einer Fläche zu entfernen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Erntezeitpunkt nicht beliebig terminiert werden kann. Durch die witterungsbedingt nur saisonal praktizierte Freilandhaltung der Tiere kann mit der Rodung in der Regel nicht vor April begonnen werden. Da die Tiere sehr empfindlich auf niedrige Temperaturen oder gar Nachtfrost reagieren, müssten bei ganzjähriger Freilandhaltung isolierte Schweinehütten aufgestellt und mehr Kraftfutter zugefüttert werden, wodurch die Produktionskosten von Weideschweinen erheblich ansteigen würden (HOFSTETTER und STOLL, 2008). Im Verlauf des Frühjahres werden mit fortschreitender Vegetationsperiode weitere Tochterknollen angelegt, und die Knollen bringen erfahrungsgemäß ab Mai neu austreibende Topinamburpflanzen hervor. Vor der eigentlichen Rodung muss der oberirdische Auswuchs entfernt werden, wobei die Schweine diesen als Grünfutter ebenfalls beweidet und verwerten können. Um eine Fläche vollständig umzuwühlen und die Knollen zu fressen, bedarf es ausreichend Zeit, denn pro Tier und Tag ist nur mit einer Rodeleistung zwischen 0,3 und 0,4 m<sup>2</sup> Topinamburfläche zu rechnen. Durch den langen Rodungszeitraum können nachfolgende Kulturen frühestens Mitte Mai gesät werden, wodurch sich die Artenauswahl einschränkt, was besondere Ansprüche an die Fruchtfolgegestaltung und auch an das Management zur Freilandhaltung von Schweinen stellt. Die Saat kann unter günstigen Bedingungen ohne vorherige tiefe Bodenbearbeitung erfolgen, denn nach der Beweidung mit den Schweinen ist der Boden durch die Tritt- und Wühlspuren bereits hinreichend aufgelockert. Möglicherweise ist noch eine flache Bodenbearbeitung zum Nivellieren der Fläche notwendig. Durch die spontane Anlage von Suhlen durch die Schweine kann es vereinzelt aber auch zu extrem nassen Stellen auf der Fläche führen, bei denen keine Bearbeitung und Aussaat möglich ist.

Bei der Rodung mit Weideschweinen entfällt die anschließende Weiterverarbeitung der Knollen, da sie als Hauptfuttermittel von den Tieren gefressen werden. Ganzheitlich gesehen ist diese Rodungsmethode dennoch mit einem größeren Aufwand verbunden, da zum Beispiel die Tiere täglich zugefüttert werden müssen.

Die hohen und ungleichmäßig verteilten Stickstofffrüchte auf den Versuchspartellen sind auf die gleichbleibende Anordnung der Weidefläche zurückzuführen (WATSON et al., 2003). Besonders deutlich zeigte sich dies am Kotplatz, wo die höchsten  $N_{\min}$ -Werte gemessen wurden. Das Risiko der Nitratauswaschung ist an diesen Stellen besonders hoch. Durch Umsetzen der beweglichen Teile, wie Hütte und Trog, oder durch das Abteilen der Fläche in mehrere Teilstücke, hätte eine gleichmäßigere Verteilung erzielt werden können (ERIKSEN und KRISTENSEN, 2001). Aufgrund der Anreicherung des Bodens mit Stickstoff kann nach Beweidung bei der nachfolgenden Kultur auf eine Start-

düngergabe verzichtet werden. Eine Kultur mit hohem Stickstoffbedarf mindert dabei zusätzlich das Risiko von Nährstoffverlusten (ERIKSEN et al., 2006). Da Durchwuchspflanzen hauptsächlich in „Nestern“ auftreten, ist ein gezieltes Entfernen der verbliebenen Topinamburpflanzen möglich, ohne dabei die nachfolgende Kultur durch eine flächendeckende Bekämpfungsmaßnahme zu belasten.

### Maschinelle Rodung

Die Ernte mit dem Schleuderradroder ist aus zeitlicher Sicht sehr flexibel. Die Rodung kann bereits früh im Jahr durchgeführt werden, bevor die weitere Anlage von Tochterknollen nach der Winterruhe wieder einsetzt. Es werden keine schweren Maschinen zum Betreiben eines Schleuderradrodgers benötigt, so dass die Bodenverdichtung auch auf leicht feuchten Böden als vergleichsweise gering einzustufen ist. Für die nachfolgende Bodenbearbeitung zur Saatbettbereitung der Sommerung verbleibt in der Regel ausreichend Zeit, und auch früh gesäte Kulturen können auf Topinambur folgen.

Die maschinelle Rodung von Topinamburflächen stellt im Vergleich zur Beweidung mit Schweinen die technisch einfachere durchzuführende, aber weniger effektive Methode dar, da viele Verlustknollen anfallen und diese ein größeres Potential für Durchwuchspflanzen bedeuten. Im Versuch zeigten sich die Nachteile der verwendeten Maschine sehr deutlich. Die Grabgabeln des Schleuderradrodgers konnten nur einen Teil der Knollen freilegen, da sich die unterirdische Knollenausbreitung sowohl in der Tiefe als auch seitlich nicht auf den Damm beschränkte, und sich somit über den Arbeitsradius hinaus erstreckte. Mechanisch wurden durch das Schleuderrad die erfassten Knollen über eine große Fläche ausgestreut, doch das anschließende Aufsammeln der Knollen musste von Hand erfolgen. Das birgt die Gefahr, dass gerodete Knollen leicht übersehen oder auch wieder zugedeckt werden und der Ernteverlust dadurch zusätzlich vergrößert wird. Dieses Problem könnte durch den Einsatz einer anderen Maschine gelöst werden. Vollernter, wie sie bei der Kartoffelrodung verwendet werden, nehmen mit dem Spatenschar nicht nur den Damm, sondern Material einer Arbeitsbreite bis zu 0,65 m auf. Durch Siebketten und Bänder findet innerhalb der Maschine eine Trennung von Knollen und Erde statt (HEYLAND, 1997). Alle aufgenommenen Knollen werden dadurch von der Fläche abtransportiert. Ob der Einsatz dieser Maschinen aus technischen Gründen auch für die Topinamburernte möglich ist, bleibt zu klären. Derzeit gibt es bereits vereinzelt für Topinambur umgerüstete Sonderanfertigungen auf dem Markt. Unabhängig von der Art der Maschine ermöglicht die relativ frühe und schnelle Rodung eine hohe Flexibilität bei der Auswahl der nachfolgenden Kultur, so dass durch gezielte Fruchtfolgegestaltung die Unterdrückung beziehungsweise gezielte Abschwächung der wiederaustreibenden Topinamburpflanzen möglich ist, zum Beispiel durch den Anbau von mehrschnittigem Ackergras. Nach Möglichkeit sollte der Anbau von Sommergetreide und Pflanzen mit langsamer Jugendentwicklung nach Topinambur vermieden werden, da sie der Konkurrenz der weitflächig auftre-

tenden Durchwuchspflanzen unterlegen sind und es zu erheblichen Ertragsverlusten kommen kann.

Nach der maschinellen Rodung muss eine zügige Weiterverarbeitung der Knollen erfolgen, nachdem sie vom Feld abtransportiert wurden. Diese kann unter anderem in Form von neuem Pflanzgut oder als Biogassubstrat stattfinden. Aufgrund der Erdatthaftung ist eine vorherige Reinigung notwendig, die analog zur Kartoffel- oder Rübenwäsche erfolgen kann. Die technischen Möglichkeiten dieser Anlagen wurden bislang noch nicht an Topinamburknollen untersucht, so dass auch für diesen Arbeitsschritt weitere Untersuchungen noch ausstehen.

### Durchwuchs

Die in diesem Versuch gewonnenen Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die Verlustknollen zu den neuen Trieben im Verhältnis 3:1 stehen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht erfasst wurde, aus wie vielen Knollen die Pflanzen tatsächlich hervorkommen. Daher kann dieses Verhältnis vor allem als Indikator für die Fähigkeit zur Neubildung von Trieben und somit für das Ausmaß an Topinamburdurchwuchs gesehen werden.

Durch mehrjährigen Anbau von Topinambur kann die Durchwuchsproblematik verringert werden. Der oberirdische Aufwuchs erzielt im zweiten Jahr nahezu ähnlich hohe Krautertträge wie bei einjähriger Nutzung (HAY und OFFER, 1992). Auch die unterirdische Bildung von Tochterknollen findet weiterhin statt. Aufgrund der starken Vermehrung nimmt das Platzangebot im Boden mit jedem Anbaujahr ab und es werden deutlich kleinere Knollen gebildet (KELLER et al., 1999). Durch Ausdünnen des Bestandes kann dem entgegengewirkt werden, und es ist zu vermuten, dass eine verringerte Bestandesdichte Ertragsrückgänge vermeidet oder zumindest minimiert. Soll die Nutzung der mehrjährigen Kultur beendet und die Fläche vollständig gerodet werden, sind kleinere Knollen vermutlich von Vorteil, da nach der Rodung zurückbleibende Verlustknollen mit geringen Energiereserven weniger und auch konkurrenzschwächere Durchwuchspflanzen hervorbringen. Der Topinamburanbau für Bioenergie könnte dadurch für den einen oder anderen Betrieb durchaus in Frage kommen, und so die Energiefruchtfolge auflockern.

### Literatur

ADAM, L., 1995: Einfluss des Nachbaus auf die Reduzierung des Topinamburdurchwuchses bei unterschiedlicher Herbizidintensität. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft **310**, 211-216.

- ERIKSEN, J., J.E. HERMANSEN, K. STRUDSHOLM, K. KRISTENSEN, 2006: Potential loss of nutrients from different rearing strategies for fattening pigs on pasture. *Soil Use and Management* **22** (3), 256-266.
- ERIKSEN, J., K. KRISTENSEN, 2001: Nutrient excretion by outdoor pigs: a case study of distribution, utilization and potential for environmental impact. *Soil Use and Management* **17** (1), 21-29.
- FARNWORTH, E.R., H.W. MODLER, D.A. MACKIE, 1995: Adding Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) to weanling pig diets and the effect on manure composition and characteristics. *Animal Feed Science and Technology* **55** (1), 153-160.
- FRIEG, O., 1953: Topinambur – eine aussichtsreiche Futterpflanze. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Friedrich-Schiller-Universität Jena* **3** (5), 539-545.
- GUNNARSON, S., A. MALMBERG, B. MATHISEN, O. THEANDER, L. THYSELIUS, U. WÜNSCHE, 1985: Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for Biogas Production. *Biomass* **7** (2), 85-97.
- HARTMANN, A., 2008: Wie viel Fläche wird für Biogas benötigt? *Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg* **7** (1), 40-43.
- HAY, R.K.M., N.W. OFFER, 1992: *Helianthus tuberosus* as an alternative forage crop for cool maritime regions: a preliminary study of the yield and nutritional quality of shoot tissues from perennial stands. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **60** (2), 213-221.
- HEYLAND, K.-U., 1997: *Spezieller Pflanzenbau*. 7. Auflage. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 348 S.
- HOFSTETTER, P., P. STOLL, 2008: Wirtschaftlichkeit der saisonalen Freilandhaltung von Schweinen. *Agrarforschung* **15** (2), 70-75.
- KALTSCHMITT, M., H. HARTMANN, H. HOFBAUER, 2009: *Energie aus Biomasse*. 2. Auflage. Berlin, Springer-Verlag, 1030 S.
- KELLER, E.R., H. HANUS, K.-U. HEYLAND, 1999: *Handbuch des Pflanzenbaus Band 3 – Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen*. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 856 S.
- KOSARIC, N., G.P. COSENTINO, A. WIECZOREK, Z. DUVNJAK, 1984: The Jerusalem Artichoke as an Agricultural Crop. *Biomass* **5** (1), 1-36.
- KTBL, 2006: *Energiepflanzen*. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. Darmstadt, Eigenverlag, KTBL-Schrift **446**, 372 S.
- KÜPPERS-SONNENBERG, G.A., 1960: Wie füttert man mit Topinambur? *Merkblattreihe Topinambur* **5**, 1-16.
- MIELKE, H., B. SCHÖBER-BUTIN, 2004: *Anbau und Pflanzenschutz Nachwachsender Rohstoffe (Sonderkulturen): Eiweiß-, Öl-, Färb-, Inulin- und Faserpflanzen*. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **395**, 1-128.
- RODRIGUES, M.A., L. SOUSA, J.E. CABANAS, M. ARROBAS, 2007: Tuber yield and leaf mineral composition of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) grown under different cropping practices. *Spanish Journal of Agricultural Research* **5** (4), 545-553.
- SCHITTENHELM, S., 1995: Pflanzenbauliche Möglichkeiten zur Reduzierung von Topinamburdurchwuchs. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* **310**, 217-222.
- SCHITTENHELM, S., 1996: Competition and Control of Volunteer Jerusalem Artichoke in Various Crops. *Journal for Agronomy and Crop Science* **176** (2), 103-110.
- SOJA, G., E. HAUNOLD, 1991: Leaf gas exchange and tuber yield in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) cultivars. *Field Crops Research* **26** (3-4), 241-252.
- UNDERKÖFLER, L.A., W.K. MCPHERSON, E. FULMER, 1937: Alcoholic fermentation of Jerusalem artichokes. *Industrial and Engineering Chemistry* **29** (10), 1160-1164.
- VETTER, A., M. HEIERMANN, T. TOEWS, 2009: *Anbausysteme für Energiepflanzen: optimierte Fruchtfolgen + effiziente Lösungen*. Frankfurt am Main, DLG-Verlag, 336 S.
- WATSON, C.A., T. ATKINS, S. BENTO, A.C. EDWARDS, S.A. EDWARDS, 2003: Appropriateness of nutrient budgets for environmental risk assessment: a case study of outdoor pig production. *European Journal of Agronomy* **20** (1), 117-126.