

Roy Latsch, Joachim Sauter und Monika Knížatová

Ampferbekämpfung mittels Mikrowelle – energetische und monetäre Betrachtungen

Zur berührungslosen Bekämpfung von Ampferpflanzen im Grünland wurde ein leistungsstarkes Mikrowellengerät getestet. Dabei wurden die optimalen Behandlungszeiten für eine Wiederaustriebsrate der Pflanzen von maximal 20 % in drei unterschiedlichen Versuchsvarianten ermittelt. Zudem wurden die erforderliche Energiemengen, die Kraftstoffmengen und -kosten bestimmt.

Schlüsselwörter

Ampfer, Rumex, Bekämpfung, Mikrowelle

Keywords

Broad-leaved dock plants, rumex, weed-control, microwave

Abstract

Latsch, Roy; Sauter, Joachim and Knížatová, Monika

Dock-control via microwave – energetic and financial considerations

Landtechnik 64 (2009), no. 5, pp. 350 - 353, 3 figures, 1 table, 2 references

A powerful microwave device was tested for the non-contact control of dock weed on grassland. The optimum treatment times for a maximum resprout rate of 20 % were determined in three different trial variants. Energy requirement, costs and fuel consumption were also established.

Der Stumpfblättrige Ampfer (*Rumex obtusifolius*) ist auf Wiesen und Weiden eine häufige und nicht gerne gesehene Pflanze, da er vom Vieh wegen des schlechten Geschmacks weitestgehend verschmäht wird. Dieser resultiert aus den hohen Gehalten an Oxalaten und Gerbsäuren in der Pflanze. Der Futterwert nach [1] wird mit „1“ (sehr gering) angegeben. Ampferarten sind durch ihre hohe Wuchsleistung sehr konkurrenzstark und gelten daher als Platz- und Nährstoffräuber für hochwertige Futterpflanzen. Die Pflanzen lagern in ihre stark ausgeprägten Wurzeln Reservestoffe ein. Diese bilden die Grundlage für die enorme Regenerationsfähigkeit der

Pflanzen bei Beschädigungen, wie z. B. Mahd oder Beweidung.

Die Bekämpfung des Ampfers erfolgt im Biolandbau hauptsächlich manuell. Zum einen werden die Blütenstände der Pflanzen von den Feldern entfernt, um die Verbreitung durch Samen zu verhindern. Zum anderen erfolgt die direkte Bekämpfung durch das Ausgraben und den Abtransport der Ampferwurzeln.

Können Mikrowellen eine Lösung sein?

Der Biolandbau ist an einem weitgehend automatisierten Verfahren zur Ampferbekämpfung interessiert. Mikrowellentechnologie kann die Wurzeln der Ampferpflanze berührungslos im Boden so hoch erhitzen, dass die Proteine denaturieren, die DNS zerstört wird und die Pflanze somit abstirbt. Die Faktoren Heizdauer und Energieeinsatz sind dabei die ausschlaggebenden Kriterien für den Erfolg des Verfahrens.

Der Prototyp und die Versuchsvarianten

Nach diversen Vorversuchen mit positiven Ergebnissen wurde ein selbstfahrender Prototyp gebaut (**Abbildung 1**). Dessen Hauptkomponenten bestehen aus einem Stromgenerator (1), einer Hochspannungseinheit mit Kühlung (2) und einem hydraulisch positionierbaren Kopf mit Magnetrons und Hohlleiterausgängen (3). Zwölf Magnetrons liefern zusammen eine Ausgangsleistung von 18 kW. Jedes Magnetron leitet die Mikrowellen in einen separaten, nach unten offenen Hohlleiter. Die Ausgänge sind in zwei Spalten à sechs Zeilen angeordnet, sodass insgesamt eine Austrittsfläche von 18 × 18 cm entsteht. Bodentaster stellen sicher, dass der Heizvorgang nur bei vollständig abgelassenem Mikrowellenkopf möglich ist. Um die offenen Hohlleiter vor Verschmutzung zu sichern, sind die Öffnungen mit einer austauschbaren Glimmerplatte abgedeckt.

Im Vorfeld der Behandlung wurden einzeln stehende Ampferpflanzen auf den Untersuchungsflächen markiert und mit einem hochgenauen RTK-GPS eingemessen. Die Behandlung

der Pflanzen erfolgte mit unterschiedlichen Heizzeiten, um ein Zeitoptimum identifizieren zu können. Zusätzlich wurde die Bodenfeuchte an den Standorten ermittelt.

Es wurden drei Varianten getestet:

- Variante 1: Permanentes Heizen bei 100 % Ausgangsleistung.
- Variante 2: „Gepulstes“ Heizen bei voller Ausgangsleistung (gepulst). Hierbei wird die Heizzeit intervallartig unterbrochen, mit dem Ziel, eine bessere Temperaturverteilung in der Wurzel zu erreichen: z. B. 10 s heizen – 10 s warten – 10 s heizen etc.
- Variante 3: Permanentes Heizen bei 25 % Ausgangsleistung. Diese Einstellung soll klären, ob eine energetische Optimierung des Verfahrens über eine entsprechende Verlängerung der Heizzeit bei verringerter Heizleistung möglich ist.

Statistische Betrachtungen und ermittelte Heizzeiten

In die statistischen Betrachtungen flossen 265 Pflanzen der Variante 1, 157 der Variante 2 und 86 Pflanzen der Variante 3 ein. Als Zielwert für die Wiederaustriebsrate werden maximal 20 % angesetzt (**Abbildung 2**). Somit lassen sich über lineare Regression optimale theoretische Heizzeiten errechnen. Diese liegen bei ungepulster (28 s) und gepulster (27 s) Heizzeit sehr nah beieinander. Bei 25 % Ausgangsleistung hat sich die Heizzeit mit 101 s knapp vervierfacht. Diese theoretischen Werte dienen als Grundlage für den Variantenvergleich aus energetischer Sicht. In einem gls-Modell wurden die Ergebnisse der Varianten 1 und 2 verglichen. Kontinuierliche Variablen sind die Bodenfeuchte und die Heizdauer. Des Weiteren wird zwischen gepulsten und ungepulsten Heizzeiten unterschieden. Mittels

Abb. 1

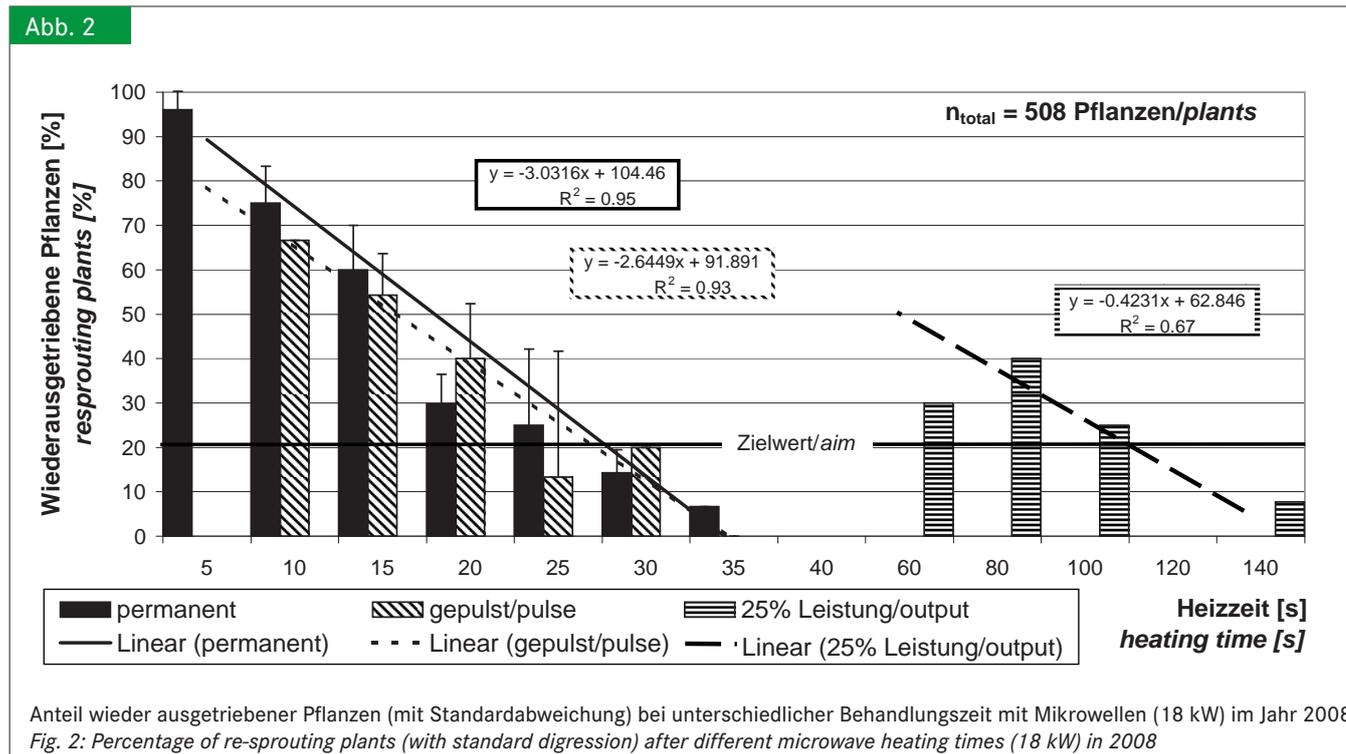


Selbstfahrender Mikrowellenprototyp. 1 = Stromgenerator, 2 = Hochspannungseinheit mit Kühlung, 3 = hydraulisch positionierbarer Kopf mit Magnetrons und Hohlleiterausgängen. Foto: ART
Fig. 1: Self-propelled microwave-prototype. 1 = generator, 2 = high-voltage unit with cooling fan, 3 = hydraulic adjustable head with magnetrons and waveguide exits

F-Test können keine signifikanten Interaktionen zwischen den Parametern Bodenfeuchte, Heizdauer und Pulsung nachgewiesen werden. Die Bodenfeuchte hat nur einen schwachen Einfluss auf die Wiederaustriebsrate der Ampferwurzeln. Bei der vorliegenden Variationsbreite der Bodenfeuchtwerte kann lediglich eine schwache Tendenz zu höheren Wiederaustriebsraten bei höherer Bodenfeuchte belegt werden (0,13 % mehr Wiederaustrieb je 1 % höherer Bodenfeuchte).

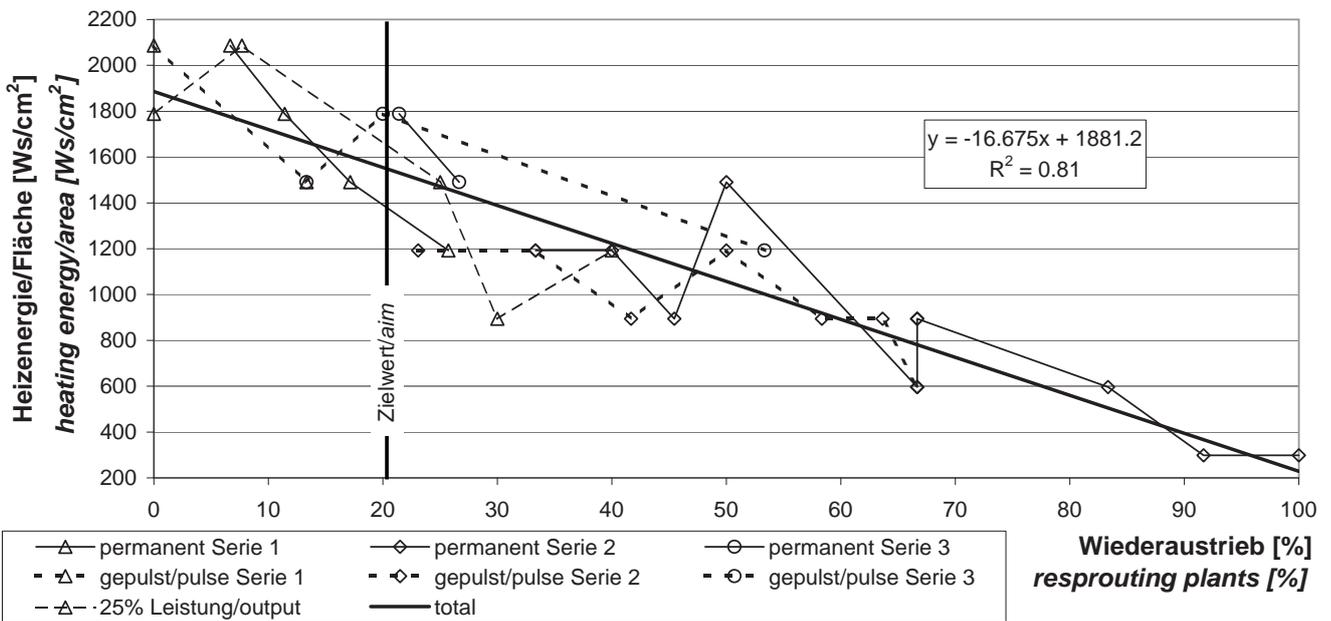
Die Heizdauer und die Pulsung haben einen signifikanten Einfluss auf die Wiederaustriebsraten. Im Mittel ist die Behandlung der Pflanzen mit gepulsten Heizintervallen um zir-

Abb. 2



Anteil wieder ausgetriebener Pflanzen (mit Standardabweichung) bei unterschiedlicher Behandlungszeit mit Mikrowellen (18 kW) im Jahr 2008
Fig. 2: Percentage of re-sprouting plants (with standard digression) after different microwave heating times (18 kW) in 2008

Abb. 3



Eingesetzte Heizenergie/Flächeneinheit und Wiederaustrieb bei allen Versuchsserien
 Fig. 3: Heating energy input/area and re-sprouting plants in all field trial series

ka 5 % wirkungsvoller als diejenige mit permanenter Heizung (F1,25 = 6,26, p = 0,02). Bei der Zunahme der Heizzeit um eine Sekunde erhöht sich die Absterberate der Pflanzen um zirka 3 % (F1,25 = 122,78, p < 0,001).

Die eingesetzte Energie

Die Heizenergie errechnet sich aus der Ausgangsleistung der Magnetrons [W] multipliziert mit der verwendeten Heizzeit [s]. Die Heizenergie/Fläche [Ws/cm²] ist somit ein Maß für die Energiemenge, die bei dieser Maschinenkonfiguration notwendig ist, um eine bestimmte Absterberate zu erreichen (Abbildung 3). Die Zielgröße von maximal 20 % Wiederaustrieb wird bei zirka 1 550 Ws/cm² (0,0004 kWh/cm²) erreicht. Die Streuung der Daten weist darauf hin, dass der Standort (Serie) eine untergeordnete Rolle beim Behandlungserfolg spielt.

Der eingesetzte Kraftstoff und die Kosten

Die Frage nach dem benötigten Kraftstoffeinsatz wurde rein rechnerisch beantwortet. Zu dessen Bestimmung wurden folgende Annahmen getroffen:

Der Wirkungsgrad bei der Mikrowellenerzeugung liegt bei etwa 50 % der eingespeisten Energie. Daher ist ein Stromgenerator mit der doppelten elektrischen Ausgangsleistung bezogen auf die Heizleistung der Mikrowelle erforderlich. Nach [2] werden bei einem Dieselaggregat zur Erzeugung von 36 kWh Energie 272 g Kraftstoff/kWh benötigt. Die mittlere Dichte von Dieseldieselkraftstoff beträgt 0,83 kg/l. Die Dieseldieselkosten werden mit 1,10 € pro Liter veranschlagt.

Bei der Heizzeit von Variante 2 (gepulst) werden für die Auszeit der Intervalle noch durchschnittlich 6 s im Standby-Betrieb hinzugerechnet. Damit kann die in Tabelle 1 dargestellte Kostenhochrechnung zum reinen Energieeinsatz durchgeführt werden.

Abhängig von der gewählten Variante ist mit erheblichen Kraftstoffmengen für den eigentlichen Heizvorgang bei der Ampferbekämpfung zu rechnen. Geht man von mäßigen Besatzdichten von 2000 Ampferpflanzen/ha aus, so sind 160-220 l Diesel/ha notwendig. Bei extrem verunkrauteten Beständen mit 10 000 Ampferpflanzen wären 800-1 100 l Diesel vonnöten. Bei den Gesamtkosten der Verfahren sind neben den reinen

Tab. 1

Energieeinsatz und Kosten des Mikrowellengerätes
 Table 1: Energy use and costs of the microwave device

	Heizleistung kW	Generatorleistung kW	Heizzeit s	Auszeit Intervall s	Kraftstoffbedarf pro Ampfer l	Kraftstoffkosten pro Ampfer €
Variante 1 (100 %)	18,0	36,0	27,9		0,09	0.10
Variante 2 (gepulst)	18,0	36,0	27,2	6,0	0,11	0.12
Variante 3 (25 %)	4,5	9,0	101,3		0,08	0.09

Kraftstoffkosten zum Heizen noch Kraftstoffkosten für die Leerlaufleistung zwischen den einzelnen Behandlungen, der Energieverbrauch des Zugfahrzeugs, die Anschaffungskosten sowie sonstige fixe und variable Kosten zu berücksichtigen. Auch fällt aufgrund der verlängerten Heizzeiten bei der gepulsten und der leistungsverminderten Variante die Flächenleistung pro Stunde vergleichsweise geringer aus, was sich auf die Verfahrenskosten niederschlägt.

Schlussfolgerungen

Die 2008 durchgeführten Feldversuche belegen, dass das Wirkprinzip der Mikrowelle zur Bekämpfung von Ampferpflanzen funktioniert. Die angestrebte Absterberate von 80 % kann bei 18 kW Mikrowellenleistung bei einer Heizzeit von 28 s erreicht werden. Wird die Heizdauer durch Ein- und Ausschalten der Mikrowelle intervallartig gestaltet, verkürzt das die reine Heizzeit gegenüber der permanent heizenden Variante geringfügig auf 27 s. Hier muss zusätzlich die Zeit berücksichtigt werden, in der trotz laufendem Stromaggregat das Mikrowellengerät pausiert. Bei 25 % Ausgangsleistung hat sich die Heizzeit mit 101 s weniger als vervierfacht. Somit schneidet diese Variante im relativen Vergleich besser ab. Es deutet sich an, dass

längere Heizzeiten mit geringerer Ausgangsleistung aus energetischer Sicht effizienter sind. In Form eines selbstfahrenden Hochleistungsgerätes ist die Mikrowellentechnologie zur Ampferbekämpfung aufgrund ihres hohen Energieaufwandes jedoch nicht praxistauglich.

Literatur

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] ● Klapp, E., P. Boeker, F. König und A. Stählin: Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Das Grünland. Bd. 2, Schaper-Verlag, Hannover, 1953, S. 38–40
- [2] Rinaldi, M., S. Erzinger und R. Stark: Treibstoffverbrauch und Emissionen von Traktoren bei landwirtschaftlichen Arbeiten. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, FAT-Schriftenreihe, Nr. 65, Tänikon, 2005

Autoren

Dr. Roy Latsch und **Dr. Joachim Sauter** sind wissenschaftliche Mitarbeiter der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen, E Mail: roy.latsch@art.admin.ch

Ing. Monika Knížatová ist wissenschaftliche Mitarbeiterin des Centrum výskumu živocíšnej výroby Nitra, 949 92 Nitra, Slovakia

Zusammenarbeit

Dieses Projekt wurde in Zusammenarbeit mit den Partnern Odermatt Landmaschinen AG, Hunzenschwil, Schweiz, und Gigatherm AG, Grub, Schweiz, realisiert