

Roy Latsch, Alexandra Kaeser und Joachim Sauter

Heißwasserdampf für die Ampferbekämpfung

Der stumpfblättrige Ampfer (*Rumex obtusifolius*) schmälert im Dauergrünland sowohl die Produktivität als auch die Futterqualität und ist schwierig zu bekämpfen. Dampf gilt als ausgezeichnetes Medium, um Blattunkräuter thermisch zu bekämpfen. Es wurden Ampferwurzeln im Boden mit einem Heißwasser-Dampf-Gemisch (120 °C bei 30 bar) bis in eine Tiefe von 10 cm behandelt. Die Behandlungswirkung war stark abhängig von der Bodenfeuchte und der Behandlungszeit. Bei trockenen Bodenverhältnissen waren kürzere Zeiten möglich. So ist beispielsweise bei 30 Vol.-% Bodenfeuchte eine Behandlungsdauer von 30 Sekunden nötig, um eine Absterberate von 80 % zu erreichen. Dabei werden 2,4 Liter Wasser und 0,048 Liter Diesel pro Pflanze benötigt, was bei einer Verunkrautung von 2 000 Pflanzen pro Hektar 96 Liter Diesel entspricht.

Schlüsselwörter

Stumpfblättriger Ampfer, *Rumex obtusifolius*, thermische Unkrautregulierung, Dampf, Heißwasser

Keywords

Broad-leaved dock, *Rumex obtusifolius*, thermal weed control, steam, hot water

Abstract

Latsch, Roy; Kaeser, Alexandra and Sauter, Joachim

Hot water steam in dock control

Landtechnik 66 (2011), no. 3, pp. 170–172, 4 figures, 7 references

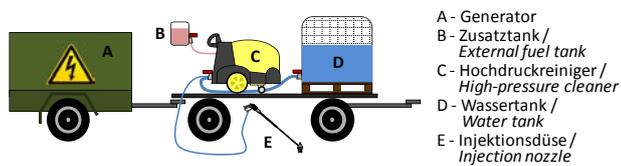
Broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius*) reduces productivity as well as forage quality in permanent grassland and is difficult to control. Steam is considered an excellent medium for the thermal control of broad-leaved weeds. Dock roots were treated in the soil down to a depth of ten centimetres with a hot-water/steam mixture (120 °C at 30 bar). Treatment effects were strongly dependent on soil moisture and treatment time. With dry soil conditions, shorter treatment times were possible. Hence, for example, at 30 vol.-% soil moisture a treatment time of 30 seconds was necessary in order to achieve a weed mortality rate of 80%. Here, 2.4 litres of water and 0.048 litres of diesel were required per plant, which corresponds to 96 litres of diesel for a weed infestation of 2000 plants per hectare.

■ Der stumpfblättrige Ampfer (*Rumex obtusifolius*) verursacht im Dauergrünland bei der Futtergewinnung vielerorts Probleme [1]. Als Platzräuber mit hohem Oxalsäure- und Gerbstoffgehalt mindert er sowohl den Ertrag als auch die Qualität des Futters. Sein ausgedehntes Wurzelsystem ermöglicht eine rasche Regeneration nach der Mahd [2]. Da sie konkurrenzstark und sehr regenerationsfähig ist, ist die mehrjährige Pflanze ohne Chemie schwierig zu bekämpfen. Das manuelle Ausstechen des Ampfers mit dem „Blackeneisen“ (Ampferstecher) ist im ökologischen Landbau zurzeit die Regel. Mit diesem körperlich sehr anstrengenden Verfahren können manuell bis zu 60 Pflanzen pro Stunde ausgestochen werden (eigene Messungen, unveröffentlicht). Bei 2000 Pflanzen/ha ergeben sich somit Arbeitsaufwendungen von 33,3 h/ha. Deshalb sucht die landwirtschaftliche Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART nach automatisierbaren Bekämpfungsmethoden. Erste Untersuchungen zeigen, dass die Behandlung der Ampferwurzeln mit dem Heißwasser-Dampf-Gemisch die Pflanze am Wiederaustrieb hindert.

Material und Methoden

Das Heißwasser-Dampf-Gemisch wurde mit einem handelsüblichen Hochdruckreiniger (Kärcher HDS 9/18-4 M) erzeugt. Eingestellt auf einen Druck von 30 bar und eine mittlere Wassertemperatur von 120 °C am Geräteausgang, resultierte eine mittlere Durchflussrate von 4,9 l/min. Der Hochdruckreiniger wurde zusammen mit dem erforderlichen Wassertank auf einem Anhänger transportiert (**Abbildung 1**). Zur Stromerzeugung diente ein 380-V-(15 kVA)-Generator. Der zum Heizen des Wassers benötigte Dieselkraftstoff wurde einem Zusatztank entnommen. Die verbrauchte Dieselmenge wurde nach jeder Messserie, welche in der Regel 20 Pflanzen umfasste, gravimetrisch bestimmt. Der in diesem Test erziel-

Abb. 1



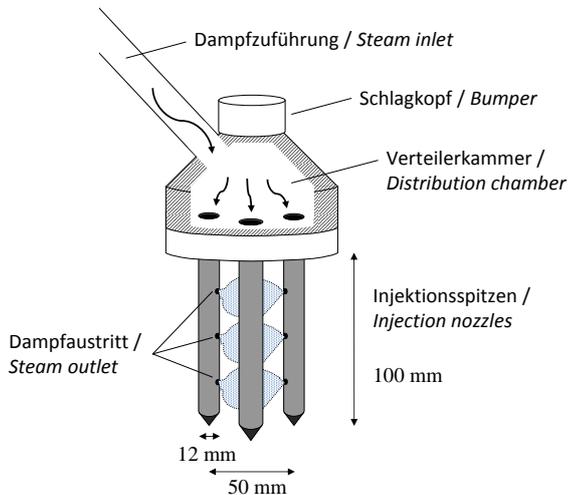
Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus mit Generator, Hochdruckreiniger, Dieselzusatztank, Wassertank und Injektionsdüse
 Fig. 1: Diagram of the experimental setup with generator, high-pressure cleaner, external fuel tank, water tank and injection nozzle

te Wirkungsgrad des Gerätes ergab sich aus dem Verhältnis der theoretisch erforderlichen Energiemenge, um das Wasser auf die entsprechende Temperatur zu erhitzen, und der Energiemenge des tatsächlich gemessenen Dieselverbrauchs. Das Heißwasser-Dampf-Gemisch wurde über einen 10 m langen Schlauch mittels einer eigens angefertigten Injektionsdüse appliziert (**Abbildung 2**).

Das Verfahren wurde an insgesamt 711 Ampferpflanzen auf Dauergrünland und Ackerfutterflächen überprüft. Zur späteren Erfolgskontrolle wurden auf fünf Standorten solitär stehende Pflanzen per hochpräzisen RTK-GPS (Real-Time-Kinematic-GPS, Trimble R7, Sunnyvale, CA, USA) eingemessen. Die Behandlung wurde mit einer Dauer von 5, 10, 15, 20, 30 oder 40 Sekunden durchgeführt. Die Bodenfeuchtigkeit wurde volumenbezogen mit Stechzylinderproben aus einer Tiefe von 0–10 cm ermittelt (Trocknung bei 105 °C).

Die visuelle Erfolgskontrolle des Wiederaustriebes mittels GPS-Ortung der Pflanzen fand vier, acht und zwölf Wochen nach der Behandlung statt. Nach zwölf Wochen nicht ausgetriebene Pflanzen wurden als abgestorben bonitiert.

Abb. 2



Schematische Darstellung der Injektionsdüse; die Dampfaustrittsöffnungen sind in das Zentrum der Anordnung gerichtet
 Fig. 2: Diagram of the injection nozzle; the steam outlet is directed at the centre of the arrangement

Im Rahmen einer logistischen Regression mit einem linearen Gemischte-Effekte-Modell (glmm – generalized linear mixed effect model, Tibco Spotfire S+® 8.1 for Windows, Somerville, MA, USA) wurde die statistische Analyse durchgeführt. Das Modell untersuchte den Einfluss der Behandlungszeit, der Bodenfeuchte und des Standortes auf den Wiederaustrieb der Ampferpflanzen.

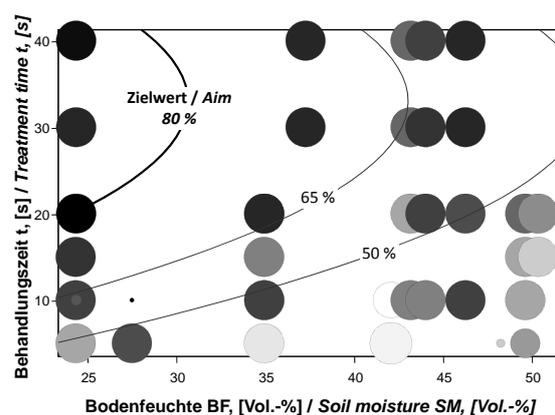
Ergebnisse

Einflussfaktoren auf den Wiederaustrieb

Die statistische Auswertung belegt den hochsignifikanten Einfluss der Behandlungszeit (BZ) ($p < 0,001$) und der Bodenfeuchte (BF) ($p < 0,001$) beim Einsatz eines Heißwasser-Dampf-Gemisches auf die Absterberate. Die Behandlungszeit fließt zusätzlich mit einem quadratischen Effekt ($p = 0,003$) in die statistische Funktion ein. Es wird somit eine Kombination der Einflüsse von Behandlungszeit und Bodenfeuchte abgebildet, die zum gleichen Ergebnis bei der Absterberate führt (**Abbildung 3**). Die Kreisfläche ist proportional zur Anzahl der behandelten Pflanzen pro Serie (Regelfall: $n = 20$). Die Färbung der Kreise repräsentiert die Absterberate. Je heller die Schattierung, desto grösser ist die Absterberate. Links der Isolinien liegen die Bereiche, bei denen die Kombination von Behandlungszeit und Bodenfeuchte die gleiche Absterberate bewirken. Für die angestrebte Absterberate von mindestens 80 % darf die Bodenfeuchte demnach nicht höher als 30 Vol.-% sein. Behandlungszeit und Bodenfeuchte sind fixe, der Standort eine zufällige Variable. Das lineare Gemischte-Effekte-Modell lautet:

$$\text{logit}(P[Y=1]) = -0,694 - 0,156 \cdot \text{BZ} + 0,062 \cdot \text{BF} - 0,002 \cdot (\text{BZ})^2 \quad (\text{Gl. 1})$$

Abb. 3

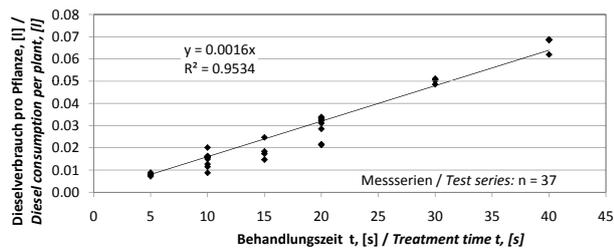


Abhängigkeit der Absterberate von Behandlungszeit und Bodenfeuchte. Die Größe der Kreisflächen stellt die Anzahl Pflanzen zwischen 5 und 21 dar. Die Absterberate ist stufenlos in Grautönen dargestellt. Je dunkler die Kreisfläche desto höher die Absterberate. Links der Isolinien liegen Bereiche gleicher Absterberate
 Fig. 3: Function of mortality rate, treatment time and soil moisture. The size of the circles represent the number of plants (5 to 21 qty). The shades of grey represent the mortality rate: the darker the grey the higher the mortality rate. Areas of identical mortality rates are to the left of the isolines

Wasser- und Energieeinsatz

Die Bestimmung des Dieserverbrauchs einer Messserie (**Abbildung 4**) enthält das Erhitzen des Wassers von ca. 15 °C auf etwa 120 °C. Der dargestellte Schwankungsbereich ist auf die Randzeiten bei der praktischen Versuchsdurchführung zurückzuführen.

Abb. 4



Dieserverbrauch pro Pflanze in Abhängigkeit von der Behandlungszeit (ein Messpunkt stellt den Mittelwert aus 20 Pflanzen dar)
 Fig. 4: Diesel requirement per plant in function of the treatment time (one dot represents the average of 20 plants)

Um die angestrebten 80 % Absterberate bei frischem Boden (BF: 20 Vol.-%) zu erreichen, werden 17 Sekunden Behandlungszeit benötigt, was einem Bedarf von 1,4 l Wasser und 0,027 l Diesel pro Pflanze entspricht. Bei 30 Vol.-% Bodenfeuchte sind es 30 Sekunden. Dies entspricht 2,4 l Wasser und 0,048 l Diesel.

Für das erstmalige Aufheizen auf die Behandlungstemperatur mittels geräteinternem Durchlauferhitzer werden zusätzlich durchschnittlich 12,2 l Wasser und 0,24 l Diesel verbraucht. Der Wirkungsgrad der Heizeinheit (Verhältnis zwischen theoretischem und gemessenem Energiebedarf, um die Temperatur von 120 °C zu erreichen) beträgt unter diesen speziellen Versuchseinstellungen 65 %.

Diskussion

Die Untersuchungen zeigen, dass es möglich ist, Ampferpflanzen mittels eines Heißwasser-Dampf-Gemisches abzutöten. Dieses Verfahren zur Einzelpflanzenbehandlung stellt eine Weiterentwicklung bisheriger Anwendungen dar, die Wasserdampf zur großflächigen oberirdischen Unkrautbekämpfung [3; 4; 5] oder zur Sterilisation von Böden einsetzen [6; 7]. Bei der vorgestellten Methode beeinflusst die Bodenfeuchte die Erfolgsrate stark. Je höher die Bodenfeuchte ist, desto länger sind die nötigen Behandlungszeiten und somit der Energie- und Wassereinsatz. Ab einer Bodenfeuchte von 30 Vol.-% sinkt die Erfolgsquote auch bei langen Behandlungszeiten von 40 Sekunden unter 80 %. Der praktische Einsatz ist somit während der trockenen Sommermonate besonders effizient. Bei einem angenommenen Ampferbesatz von 2000 Pflanzen pro Hektar und einer Bodenfeuchte von 30 Vol.-% sind für die Behandlung eines Hektars Fläche 4850 l Wasser und 96 l Dieselkraftstoff erforderlich. Bei 20 % Bodenfeuchte sind es noch 54 l Diesel. Im Vergleich zu mechanischen Verfahren hat das Heißwasser-Dampf-Verfahren

den Vorteil, dass keine Erdbewegungen nötig sind. Die Keimung von Ampfersamen wird somit nicht gefördert. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass der Boden im Bereich des Dampfaustritts kleinstflächig sterilisiert wird. Die unbekannte Textur des Bodens und die Variabilität der Ampferwurzeln sind Faktoren, die einen großen Einfluss auf den Behandlungserfolg des Verfahrens haben. Die Herausforderung besteht darin, das Heißwasser-Dampf-Gemisch möglichst direkt an der Wurzel zu applizieren, um Verluste zu vermeiden und die Erfolgsquote zu erhöhen. Wieviel Erde bei der Injektion unnötigerweise mit erwärmt wird, ist nicht quantifizierbar. Eine erste Massnahme zur Verminderung des Energiebedarfs stellt die Berücksichtigung der Bodenfeuchte zum Applikationszeitpunkt dar.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen zeigen, dass die für den Ökolandbau taugliche Bekämpfung von Ampfern mittels Heißdampf möglich ist und eine gute Wirkung aufweist. Als limitierend für das Verfahren ist der Energiebedarf zu werten. Die allermeisten landwirtschaftlichen Betriebe verfügen über einen Hochdruckreiniger. Das vorgestellte Verfahren der Ampferbekämpfung könnte dann interessant werden, wenn die Doppelnutzung eines vorhandenen stromautarken Hochdruckreinigers mit Dampfstufe möglich ist. Vor einem breiteren Einsatz in der Praxis gilt es aber, das Verfahren weiter zu optimieren und besonders den Energiebedarf pro behandelte Pflanze zu senken.

Literatur

- [1] Stilmant, D.; Bodson, B.; Vrancken, C.; Losseau, C. (2010): Impact of cutting frequency on the vigour of *Rumex obtusifolius*. *Grass and Forage Science* 65 (2), pp. 147–153
- [2] Zaller, J.G. (2004): Competitive ability of *Rumex obtusifolius* against native grassland species: above- and belowground allocation of biomass and nutrients. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz – Journal of Plant Diseases and Protection (Special Issue 19)*, pp. 345–351
- [3] Melander, B.; Jørgensen, M.H. (2005): Soil steaming to reduce intrarow weed seedling emergence. *Weed Research* 45, pp. 202–211
- [4] Sirvydas, A.P.; Lazauskas, P.; Vasinauskien, R.; Kerpauskas, P. (2002): Thermal weed control by water steam. 5th EWRS Workshop on Physical Weed Control, 11–13 March 2002, Pisa, Italy, pp. 253–262
- [5] Merfield, C.N.; Hampton, J.G.; Wratten, S.D. (2009): A direct-fired steam weeder. *Weed Research* 49 (6), pp. 553–556
- [6] Peruzzi, A.; Raffaelli, M.; Ginanni, M.; Lulli, L.; Fontanelli, M.; Frascioni, C. (2008): An innovative self-propelled machine for soil disinfection by means of steam and substances in exothermic reaction. *International Conference on Agricultural Engineering*, 23.–25.06.2008, Hersonissos, Crete, Greece
- [7] Thompson, A.J.; Jones, N.E.; Blair, A.M. (1997): The effect of temperature on viability of imbibed weed seeds. *Annals of Applied Biology* 130 (1), pp. 123–134

Autoren

Dr. Roy Latsch und Dr. Joachim Sauter sind wissenschaftliche Mitarbeiter, MSc ETH Umwelt-Natw. Alexandra Kaeser ist Praktikantin an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon 1, CH-8356 Ettenhausen, E-Mail: roy.latsch@art.admin.ch

Danksagung

Die Autoren danken der Firma Kärcher AG, Dällikon, Schweiz, welche für die Versuche freundlicherweise einen Hochdruckreiniger zur Verfügung gestellt hat.