

Bio-Blackenbekämpfung – Heisswasser öffnet neue Perspektiven

Juni 2013



Optimierung des Heisswasserverfahrens zur Bio-Blackenbekämpfung.

Autoren

Roy Latsch, Joachim Sauter

Impressum

Herausgeber:
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
Tänikon, CH-8356 Ettenhausen,
Redaktion: Etel Keller, ART

Die ART-Berichte/Rapports ART
erscheinen in rund 20 Nummern
pro Jahr. Jahresabonnement
Fr. 60.–. Bestellung von Abonne-
ments und Einzelnummern:
ART, Bibliothek, 8356 Ettenhausen
T +41 (0)52 368 31 31
F +41 (0)52 365 11 90
doku@art.admin.ch
Downloads: www.agroscope.ch

ISSN 1661-7568

Die Blackenbekämpfung im Biolandbau ist eine zeitraubende und anstrengende Arbeit. Neben dem Einsammeln der Samenstängel lässt sich die Wiesenblacke nur durch Ausstechen mit dem Blackeneisen zurückdrängen. Diese Handarbeit kann in Nebenzeiten des Betriebes erledigt werden. Da diese Arbeit jedoch mühsam ist, kämpfen viele Betriebe mit einem hohen Blackenbesatz, was zu

bedeutenden Einbussen beim Ertrag und der Futterqualität führt. Ein neues Verfahren zur Bio-Blackenbekämpfung arbeitet mit Heisswasser.

In Vergleich zum Blackeneisen bringt es eine höhere Flächenleistung und eine geringere körperliche Belastung mit sich. Das Verfahren ist mittlerweile so weit ausgereift, dass die Einführung in die Praxis ansteht.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

Biologie und Futterwert der Blacken

Spricht man in der Schweizer Biolandwirtschaft von Wiesenblacken oder Blacken, so ist meist der Stumpfbblättrige Ampfer (*Rumex obtusifolius*) gemeint, der vom Flachland bis in eine Höhe von 1500 m in den Alpen vorkommt (Oberdorfer 1994). Aber auch der Krause Ampfer (*Rumex crispus*) sowie in den Höhenlagen der Alpen-Ampfer (*Rumex alpinus*) bescheren den Landwirtinnen und Landwirten Probleme. Alle drei Arten weisen eine Reihe unliebsamer Eigenschaften auf.

Tiefe Wurzeln, unzählige Samen und schlechter Futterwert

Der Stumpfbblättrige Ampfer besitzt eine Pfahlwurzel (Abb. 1), die bis zirka 2 m Tiefe wurzeln kann (Oberdorfer 1994). Somit können die Pflanzen Nährstoffe aus tiefen Schichten erschliessen und Trockenphasen gut überstehen. Blacken sind stickstoffliebende Pflanzen und kommen bevorzugt an frischen bis feuchten Standorten vor. Das Wurzelsystem weist in den ersten 10 bis 15 cm einen Übergangsbereich zwischen Trieb und eigentlicher Wurzel auf, das sogenannte Hypokotyl. Der Rindenbereich des Hypokotyls ist der Teil der Pflanze, der für die ausserordentliche Regenerationsfähigkeit verantwortlich ist. Selbst kleinste Bruchstücke dieses Gewebes können neue Pflan-

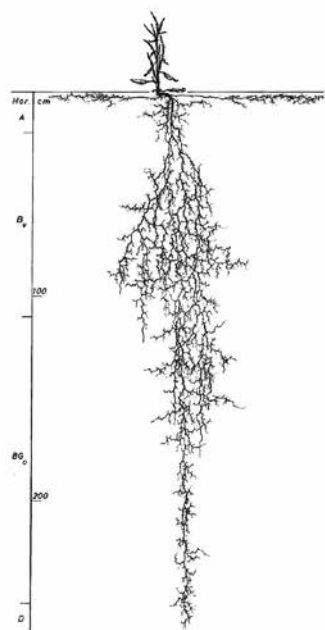
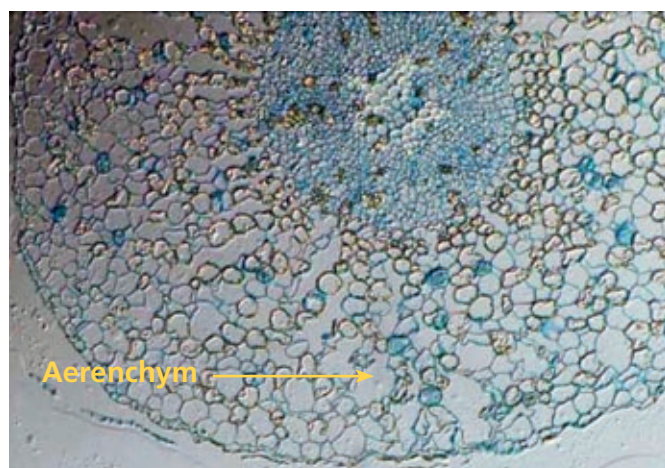


Abb. 1 links: Die Wiesenblacke besitzt eine Pfahlwurzel, die über 2 m tief wurzeln kann (nach Kutschera und Lichtenegger 1960).

Abb. 2 unten: Durchlüftungsgewebe (Aerenchym) in Blackenwurzeln (nach Bohner und Sobotik 2003).



zen hervorbringen (Abb. 3). Die Speicherung von Stärke als Energiequelle in der Wurzel ist die Voraussetzung für die Regenerationsfähigkeit, während die Einlagerung von Gerbstoffen die Pflanze gegen Fäulnis schützt. Die Ausbildung eines «Luftgewebes» (Aerenchym) ermöglicht es den Blacken auf schlecht durchlüfteten und verdichteten Böden zu gedeihen (Abb. 2, Böhm et al. 2003).

Die Samen der Wiesenblacken können als Lichtkeimer schnell auflaufen und neue Unkrautherde bilden. Voraussetzung dafür sind lückige Bestände, da deren Keimlinge nicht besonders konkurrenzstark sind. Haben die Pflanzen sich aber erst etabliert, lassen sie sich durch Futterpflanzen nicht mehr verdrängen. In ungünstigen Fällen können Blacken so relativ schnell grössere Flächen besiedeln.

Eine einzige Wiesenblacke kann pro Jahr bis zu 60 000 Samen bilden (Cavers und Harper 1964; Foster 1989). In Langzeitversuchen konnte festgestellt werden, dass nach 21 Jahren im Boden noch 83 % der Samen keimfähig waren (Toole und Brown 1946). Beim Krausen Ampfer (*Rumex crispus*), der bis zu 40 000 Samen pro Pflanze und Jahr produziert, wurde nach 50 Jahren noch eine Keimfähigkeit von 50 % und nach 80 Jahren von 2 % festgestellt (Darlington und Steinbauer 1961). Hunt und Harkess (1968) fanden in den ersten 15 cm einer Weide 5 000 000 Ampfersamen pro Acre (entspricht 1236 Samen pro Quadratmeter).

Samen der Wiesenblacke sind schon 14 Tage nach der Blüte in noch unreifem Zustand keimfähig (Weaver und Cavers 1980) und passieren zudem den Verdauungstrakt der Nutztiere unbeschädigt. Somit ist eine ungewollte Verbreitung der Samen über den Güllekreislauf der Betriebe möglich.

Der Futterwert ist sehr gering. In der zehnteiligen Skala nach Klapp et al. (1953) besitzt der Stumpfbblättrige Ampfer die Wertezahl 1 und ist somit futterbaulich unbrauchbar. Zudem besitzen Ampferpflanzen hohe Konzentrationen an Oxalsäure und deren löslichen Natrium-, Kalium- und Ammoniumsalzen (Oxalate), die ab einer bestimmten Dosierung Vergiftungserscheinungen hervorrufen können (Roth et al. 2012). Oxalsäure wird im Magen-Darm-Trakt aufgenommen und bindet dort an Calcium. Das entstehende Calciumoxalat ist wasserunlöslich und kann durch Verstopfen der Nierenkanälchen zu Nierenschädigungen führen. Des Weiteren steht das Calcium dem Körper nicht



Abb. 3: Neuaustrieb aus einem Wurzelbruchstück. (Foto: ART).



Abb. 4: Der Wurzelausreisser «Wuzi» hat einen hohen Bekämpfungserfolg, hinterlässt aber grosse Löcher in der Wiese.

mehr zur Verfügung, was zu Krämpfen, Erbrechen, Durchfall, Koliken, Herzrhythmusstörungen, Puls- und Blutdruckunregelmässigkeiten und in schweren Fällen bis zur Herzschädigung und dem Tod führen kann (Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie 2012). Weidetiere fressen ältere Blacken nicht, aber im Heu und in der Silage bleiben Oxalsäure und Oxalate aktiv und können bei erhöhtem Blackenanteil zu Problemen bei Tiergesundheit und Produktivität führen.

Mechanische Bekämpfungsverfahren

In der biologischen Landwirtschaft ist das Blackeneisen die derzeitige Standardbekämpfungsmethode. Trotz einer sehr hohen Erfolgsquote hat die Arbeit mit dem Blackeneisen den Nachteil, dass sie zeit- und kostenintensiv sowie körperlich sehr anstrengend ist. Nach Messungen von Agroscope in Tänikon ist bei dieser Methode mit einer durchschnittlichen Stundenleistung von zirka 60 Pflanzen zu rechnen. Inbegriffen ist hier auch der Abtransport der gestochenen Wurzeln zum Wiesenrand. Nachteilig können sich Verletzungen der Grasnarbe auswirken, welche die lichtkeimenden Samen zum Auflaufen anregen.

Eine Alternative zum manuellen Stechen bieten mechanische Blackenausreisser, Wurzeln zerkleinernde Fräsorgane oder thermische Verfahren. Auch im Bereich der biologischen Bekämpfung mittels Insekten und Pilzen werden Anstrengungen unternommen. Bis heute konnte sich in der Praxis keine der Alternativen wirklich durchsetzen. Bei Untersuchungen von Agroscope in Tänikon konnten dem mechanischen Blackenausreisser «Wuzi» (Abb. 4) eine sehr gute Bekämpfungswirkung von 88 % und eine hohe Flächenleistung attestiert werden. Ungelöst bleibt aber das Problem, dass das Verfahren sehr grosse Löcher in Wiesen und Weiden hinterlässt und durchschnittlich pro Pflanze 3,7kg wertvoller Erde mit den Blackenwurzeln zusammen abgeführt und deponiert werden müssen. Eine Weiterentwicklung des Blackenausreissers «Wuzi» stellt der «Blackenzwirbel» der Firma Odermatt Landmaschinen AG, Hunzenschwil (AG), dar. Das patentierte Sys-



Abb. 5: Der Blackenzwirbel der Firma Odermatt Landmaschinen AG nutzt kornenzieherförmige Ausreissorgane, um Blacken am Stück aus der Erde zu ziehen.

tem arbeitet mit rotierenden kornenzieherförmigen Ausreissorganen, die Erde und Wurzel bei der Anwendung besser voneinander trennen. Die Wurzel wird nach der Behandlung eingesammelt und die Erde verbleibt auf dem Schlag (Abb. 5).

Bei der Erprobung eines Fräsorgans (Abb. 6), das die Blackenwurzel im Boden zerkleinert, wurde bei Agroscope in Tänikon ein geringer Behandlungserfolg von 18 % festgestellt. Darüber hinaus trieben die zerschnittenen Wurzelstücke wieder aus, was zu einer Vermehrung der Pflanzen auf 182 % des Ausgangsbestandes führte.



Abb. 6: Das Zerkleinern der Wurzeln mit einem solchen Fräsorgan führte zu unbefriedigenden Ergebnissen.



Abb. 7: Eigene Untersuchungen mit 800 °C heißen «Erdnägeln» lieferten schlechte Resultate.

Thermische Bekämpfungsverfahren

Die Hitzebehandlung von Blacken hat zum Ziel, die Regenerationsfähigkeit der Pflanze nachhaltig zu schädigen. Dazu ist es notwendig, das austriebsfähige Wurzelgewebe (Hypokotyl) bis in eine Bodentiefe von rund 10cm zu erhitzen. Eigene Untersuchungen haben gezeigt, dass das Eintauchen ausgegrabener Blackenwurzeln während 10 Sekunden in 90 °C heisses Wasser, die Pflanzen abtötet. Es genügt also, die Wurzelrinde zu erhitzen. Für die Bekämpfung geht es nun darum, die Hitze möglichst effizient an die Wurzel zu führen.

Eine Möglichkeit der thermische Bekämpfung stellt die Behandlung mit einem heissen Dorn dar). Die nötige Hitze wird mit Hilfe von Butan- oder Propangas erzeugt. In einer eigenen Testreihe mit bis zu 800 °C heißen «Erdnägeln» (Abb. 7) war die Wirkung ungenügend. Die Heizzeit war mit mindestens 5 min pro Pflanze für die praktische Anwendung zu lang. Zudem wurden die gewünschte Absterberate von >80 % nicht erreicht. Die Versuche von Agroscope in Tänikon, Mikrowellen zur Einzelpflanzen-



Abb. 8: Die Blackenbekämpfung mit Mikrowellen ist zwar wirkungsvoll, aber wirtschaftlich unrentabel.

bekämpfung von Blacken zu verwenden, lieferten positive Resultate (Abb. 8). Der angestrebte Behandlungserfolg von 80 % konnte mit einer Behandlungsdauer von 27 Sekunden pro Pflanze erreicht werden. Das Verfahren ist mit 0,1l Dieselkraftstoff pro Pflanze allerdings sehr energieintensiv, wäre mit beträchtlichen Investitionen verbunden und ist daher aus wirtschaftlicher Sicht nicht tragfähig.

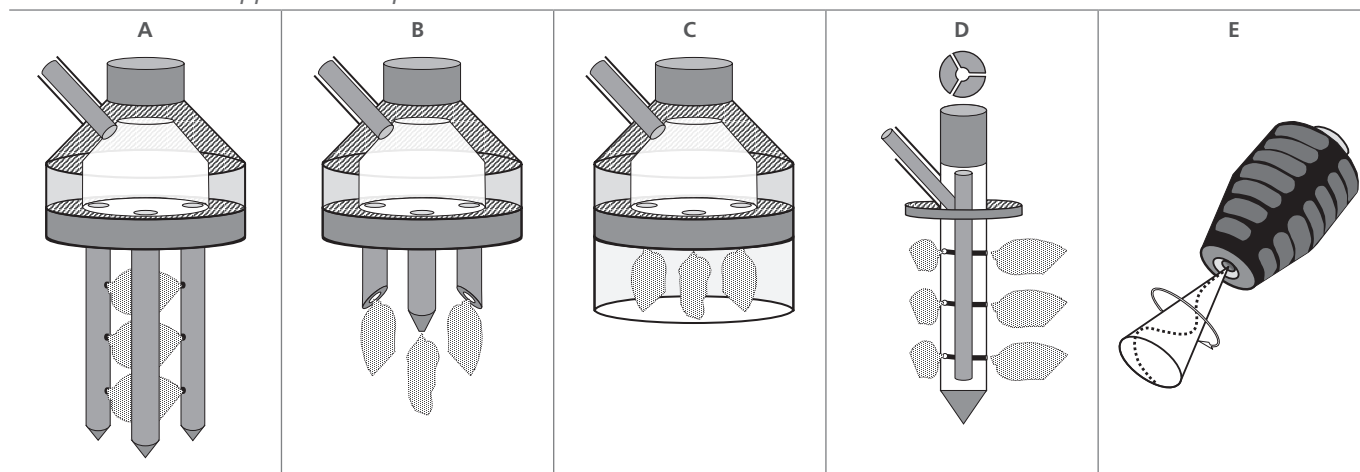
Heisswasser zur Blackenbekämpfung

Heisswasser-Hochdruckreiniger eignen sich gut, um Wasser schnell zu erhitzen und mit hohem Druck in den Boden einzuspritzen. Zum Betrieb auf der Wiese kann entweder ein handelsüblicher strombetriebener Hochdruckreiniger mit separatem Stromgenerator oder ein Hochdruckreiniger mit integriertem Verbrennungsmotor genutzt werden. Agroscope in Tänikon wählte mit ihrem Projektpartner Kärcher AG, Dällikon (AG), zunächst den strombetriebenen

Tab. 1: Technische Daten der verwendeten Kärcher Heisswasser-Hochdruckreiniger laut Herstellerangaben.

Typ	Antrieb	Heizleistung Brenner (kWh)	Betriebsart	Maximaltemperatur (C)	Durchflussmenge (l/min)
HDS 9/18-4 M	400 V / 6,4 kW	69	Heisswasser	95	7,5–15
			Dampfstufe	155	6,5–7,5
HDS 1000 DE	Yanmar 7,4 kW L 100 AE / Diesel	59	Heisswasser	98	7,5–15

Tab. 2: Skizzen der Applikationsköpfe und technische Daten.



Technische Daten

		Variante				
	Einheit	A	B	C	D	E
Abstand der Dornen	(mm)	43	43	43	–	–
Dorndurchmesser	(mm)	12	12	–	16	–
Düsenbohrung	(mm)	9 x 1,0	3 x 1,2	3 x 1,4	9 x 1,0	1 x 1,8
Düsenfläche gesamt	(mm ²)	7,1	3,4	4,6	7,1	2,5
Düsenabstand	(mm)	30	–	–	30	–
Durchflussmenge Mittelwert ± StAbw	(l/min)	9,0 ± 1,3	8,9 ± 0,2	9,6 ± 1,5	8,8 ± 0,4	8,9 ± 0,5
Wasserinjektion bis in Tiefe	(mm)	90	30	0	90	–

Versuchseinstellungen

		10, 15, 20, 25				
Behandlungsdauer	(s)					
Wassermenge Mittelwert ± StAbw	(l/Pfl.)	2,2 ± 1,0	1,8 ± 0,8	2,3 ± 0,9	1,6 ± 0,6	1,8 ± 0,7
voreingestellte Temperatur(en)	(°C)	95 / 120	95 / 120	95 / 120	95 / 120	95
Gerätedruck	(bar)	32	32	32	32	70
Anzahl behandelte Pflanzen	(Stk.)	153	225	120	180	135

Heisswasser-Hochdruckreiniger HDS 9/18-4 M der Kompaktklasse aus und führte einen mobilen Stromgenerator (380 V/15 kVA) mit. Im Jahr 2012 wurde dieses Gerät durch einen Verbrennungsmotor-Hochdruckreiniger HDS 1000 DE ersetzt (Tab. 1).

Für den mobilen Einsatz wurden der Hochdruckreiniger und ein Wassertank auf einem Anhänger transportiert (Abb. 9). Für jede behandelte Pflanze wurden der Wasserbedarf per Wasseruhr und die Wassertemperatur mit einem Thermofühler erfasst. Mit einem Zusatztank konnte die zur Wassererwärmung benötigte Heizölmenge ermittelt werden.

Wie kommt das Wasser an die Wurzel?

Um zu ergründen, wie sich Blackenwurzeln möglichst effizient behandeln lassen, wurden unterschiedliche Applikationsköpfe gebaut und im Jahr 2011 auf ihre Tauglichkeit hin untersucht (Tab. 2).

Die Varianten A, B und D werden dazu bis zum Anschlag mit einem Hammer in den Boden eingeschlagen. Der Ring der Variante C wird nur zirka 10 mm in die Erde gepresst, sodass ein abgedichteter Bereich entsteht.

Die Dornen der Köpfe A und B werden um den Bereich des Triebansatzes platziert. Bei Variante A wird das Wasser in

das Zentrum der drei Dornen bis in eine Tiefe von 90 mm abgegeben. Variante B entlässt das Wasser in einer Tiefe von 30 mm senkrecht nach unten. Variante C soll wie eine Glocke wirken und die applizierte Wassermenge vom seit-

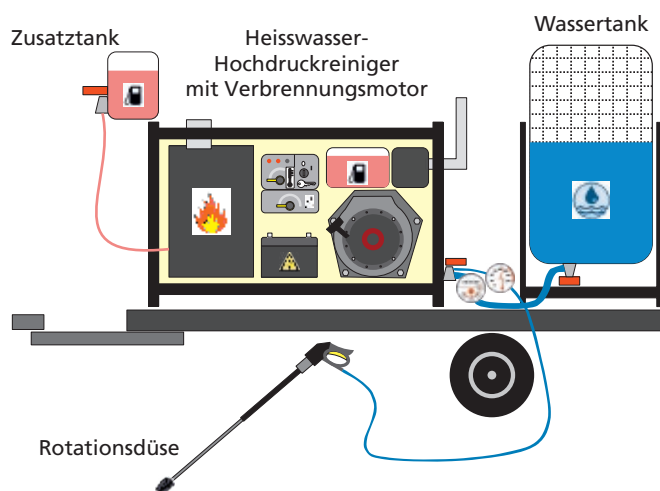


Abb. 9: Skizze des Versuchsfahrzeuges 2012.



Abb. 10: Behandlung mit der Rotationsdüse. Es entsteht eine heisse Schlamm-packung um die Wurzel herum.

Handhabung der Variante E unterscheidet sich von den zuvor genannten Varianten. Die Rotationsdüse wird senkrecht auf den Boden aufgesetzt und um den Pflanzentrieb herumgeführt. Der rotierende Punktstrahl zerstört dabei die Bodenstruktur und hinterlässt ein Erd-Wasser-Gemisch, das die Wurzel umschliesst (Abb. 10).

Die vier Applikationsköpfe A bis D wurden so konstruiert, dass sie möglichst die gleichen Durchflussmengen (l/min) wie die handelsübliche Rotationsdüse E aufweisen.

Die Heisswasserapplikation fand in Messreihen zu je 15 Pflanzen statt. Die geplante Behandlungsdauer wurde per Stoppuhr, die tatsächlich benötigte Wassermenge mit Hilfe einer Wasseruhr erfasst. Bei den Varianten A bis D erstreckt sich der erfasste Temperaturbereich von 70–150 °C. Variante E wurde gemäss Herstellerangaben nur bei 95 °C betrieben. Pro Messreihe erfolgte die Bestimmung der benötigten Kraftstoffmenge zur Wassererwärmung durch Wägen des Zusatztanks. Die Bodenfeuchtebestimmung fand volumenbezogen mittels Stechzylinderproben aus einer Tiefe von 0–10 cm statt (Trocknung bei 105 °C). Um die behandelten Pflanzen wiederfinden zu können, wurden sie mit einem hochgenauen RTK-GPS (Real-Time-Kinematic-GPS, Trimble R8, Sunnyvale, CA, USA) kartiert und

lichen Entweichen abhalten. Variante D wird direkt in das Zentrum des Blackentriebs eingeschlagen und bringt das Wasser bis in eine Tiefe von 90 mm in den Boden ein. Die

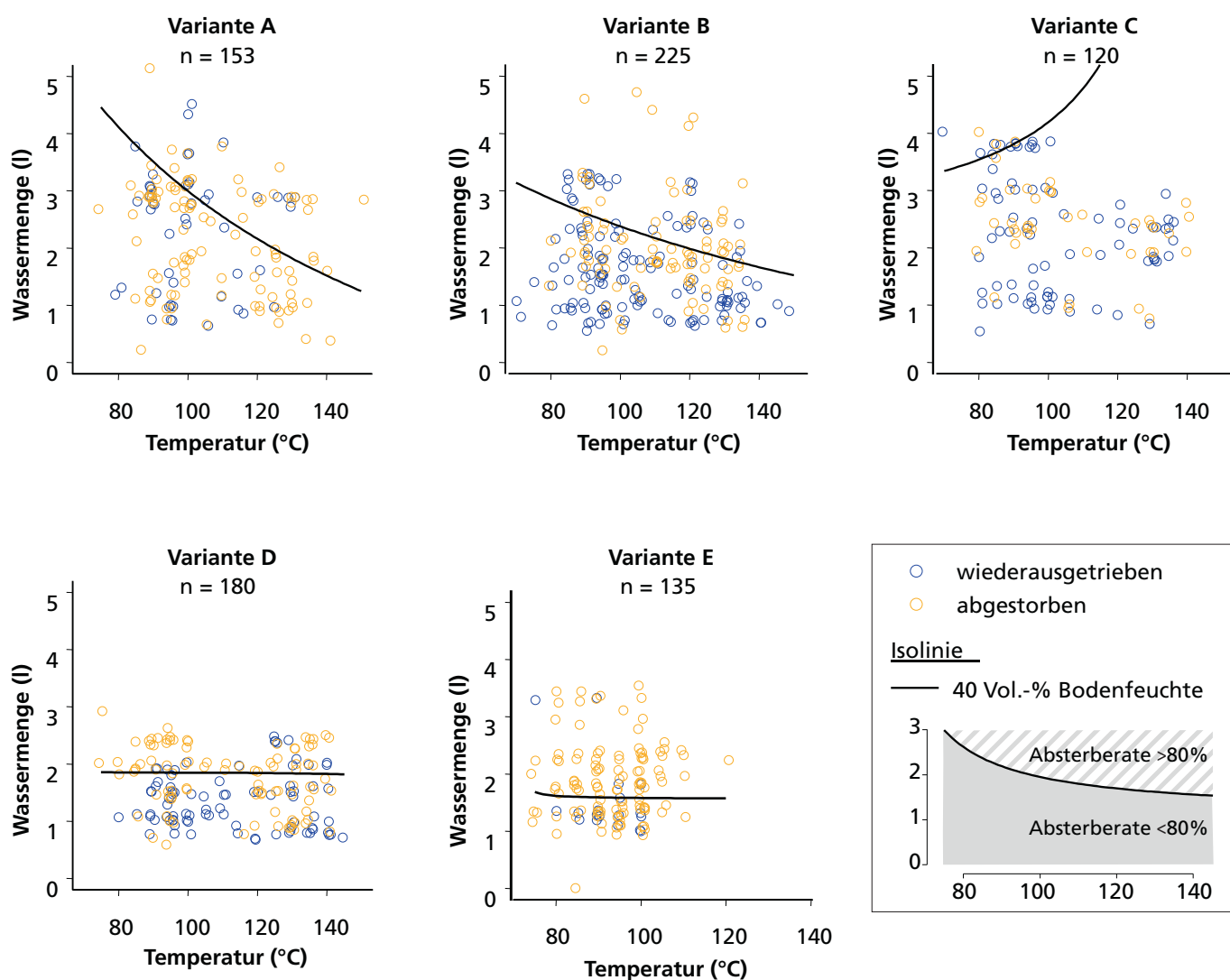


Abb. 11: Messungen 2011: Abhängigkeit der Absterberate von Wassermenge, Wassertemperatur und Bodenfeuchte. Punkte, die über der Isolinie liegen, sterben mit einer Wahrscheinlichkeit von 80 % ab.

damit die Wirkung vier, acht und zwölf Wochen nach der Behandlung überprüft.

Dreckfräser benötigt am wenigsten Energie

In der grafischen Darstellung der statistischen Auswertung der Versuchsergebnisse 2011 (Abb. 11) symbolisiert die Isolinie im Diagramm eine Bodenfeuchte von 40 Volumenprozent. Der Bereich oberhalb dieser Isolinie stellt den Zielbereich der Absterberate >80 % dar.

Die Varianten D und E zeigen auf, dass schon bei Temperaturen um 90 °C (Schädigung der Erbsubstanz [DNS] bei anfangs 80 °C) eine erfolgreiche Blackenbekämpfung mit hoher Absterberate durchgeführt werden kann (Abb. 11). In Tab. 3 sind die Wassermengen dargestellt, die bei einer Bodenfeuchte von 40 Volumenprozent und einer Wassertemperatur von 90 °C zu einer Absterberate von mindestens 80 % führen. In folgender Reihe steigt die benötigte Wassermenge an: Variante E, D, B, A, C.

Die benötigte Heizölbedarfs pro Pflanze errechnet sich aus der Wassermenge pro Pflanze und der experimentell ermittelten Heizölmenge (Tab. 3). Variante E benötigte für einen 80-prozentigen Behandlungserfolg die geringste Energiemenge.

Die Auswertung der Erhebungen 2011 zeigt, dass Temperaturen über 90 °C bei den Varianten D und E genügen, um die angestrebte Absterberate von mindestens 80 % zu erreichen. Diese beiden Varianten benötigen die geringsten Wasser- und Kraftstoffmengen. Vergleicht man die benötigten Kraftstoffmengen zur Wassererwärmung beispielsweise mit denen, die bei der Mikrowellentechnik erforderlich waren (Latsch und Sauter 2010), so liegen die Heisswasservarianten und den Faktor 4,3 bis 6,3 darunter.

Handhabung der unterschiedlichen Applikationsköpfe

Die Handhabung der Varianten ist ein Kriterium für die Praktikabilität der Methode. Das Einschlagen der Applikationsköpfe A bis D mit einem Hammer gestaltete sich aufwändig. Insbesondere bei sehr trockenen und skelettreichen Böden war dieser Arbeitsschritt sehr zeitintensiv und die starke mechanische Belastung der Dornen führte bei Variante A zweimal zu deren Abbrechen. Variante E hebt sich im Vergleich hierzu positiv ab. Durch die «berührungslose» Behandlung der Pflanzen von oben entstehen weder Zusatzarbeit noch Zeitverlust.

Ein Problem stellt die Verkalkung insbesondere der kleinen Düsendurchmesser der Varianten A und D dar. Im Schweizer Biolandbau zugelassene Reinigungsmittel wie beispielsweise Ameisensäure, Essig- oder Zitronensäure dürfen als Zusatzstoffe im Aussenbereich nicht eingesetzt werden. Um einer Verkalkung der Düsen vorzubeugen, empfiehlt es sich, möglichst kalkarmes Regenwasser einzusetzen.

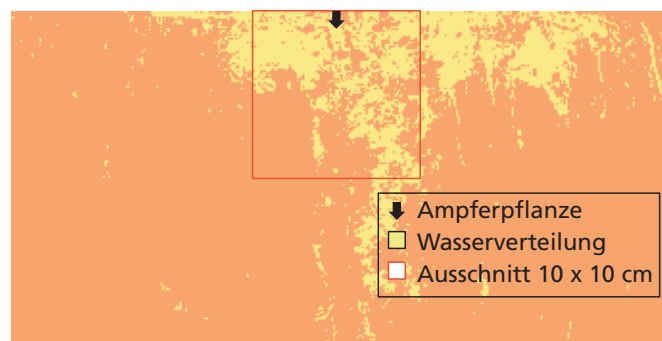


Abb. 12: Wasserverteilung im Boden: Bei allen Varianten konnte mittels Farbstoff eine grosse Ausbreitung des Wassers im Boden nachgewiesen werden (Schnitt durch Wurzelebene).

Wie verteilt sich das Wasser im Boden?

In einem separaten Versuch wurde die Wasserverteilung im Boden mit Hilfe von blau gefärbtem Wasser (Farbstoffes Vitasynblau, Clariant GmbH, Frankfurt/Main, Deutschland) bestimmt. Das Wirkprinzip der unterschiedlichen Applikationsköpfe lässt sich durch die Versuche zur Wasserverteilung nicht eindeutig nachweisen. Die Einzelbilder zeigen teils deutlich begrenzte, teils sehr diffuse Wasserverteilungsmuster im Boden. Erdspalten bilden dabei deutlich erkennbare Abflussbahnen für das Wasser. Bei allen Varianten breitet sich das Wasser durch präferenziellen Fluss entlang von Spalten und Gängen weit ausserhalb des Zielbereiches von 10 x 10 cm um die Wurzel aus (Abb. 12). Zudem fliesst bei allen Varianten ein gewisser Teil des Wassers oberirdisch und somit ungenutzt ab. Diese Beobachtungen zeigen, dass die Heisswasserapplikation noch Verbesserungspotenzial aufweist.

Wirkung im Jahr 2012 bestätigt

Sowohl in energetischer Hinsicht als auch aus Sicht der Handhabbarkeit und Wartung schnitt im Jahr 2011 die Variante E (Rotationdüse) am besten ab. Deshalb wurden im Jahr 2012 die Untersuchungen ausschliesslich mit dieser Variante fortgeführt. Der Versuchsaufbau gleicht dem des Vorjahres (Tab. 4). Die Versuche fanden in Tänikon auf unterschiedlichen Standorten statt. Die Behandlungszeiten variierten von 5 bis 20 Sekunden.

Tab. 4: Übersicht der Versuchseinstellungen im Jahr 2012.

Variante	Geräte- druck (bar)	Pflanzen (Stk.)	Temperatur Mittel ± StAbw (°C)	Wassermenge Mittel ± StAbw (l/Pfl.)
E	100	272	77 ± 5,7	1,4 ± 0,6
E	185	465	80 ± 7,5	1,8 ± 0,7

Tab. 3: Über Regression bestimmter Bedarf an Wasser, Energie und Heizöl bei einer angenommenen Wassertemperatur von 90 °C und einem Bodenfeuchtegehalt von 40 Volumenprozent.

	Einheit	Variante				
		A	B	C	D	E
Wassermenge pro Pflanze	(l)	3,7	2,6	3,8	1,9	1,6
Energie pro Pflanze	(kWh)	0,319	0,228	0,333	0,161	0,139
Heizölbedarf pro Pflanze	(l)	0,044	0,031	0,045	0,022	0,019

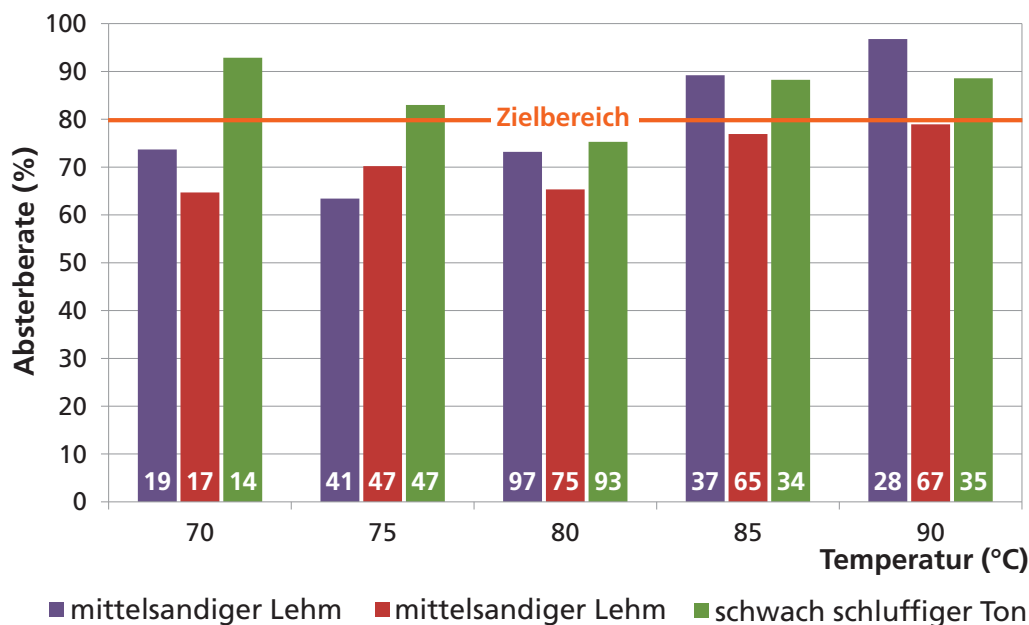


Abb. 13: Zusammenhang zwischen Absterberate, Temperatur und Bodenart. Die Zahl auf den Balken gibt die Anzahl behandelter Pflanzen an.

In Abb. 13 ist zu sehen, dass die angestrebte Absterberate von mehr als 80 % bei Wassertemperaturen höher 80 °C erreicht wird. Dies bestätigt die Ergebnisse des Vorjahres. In Abb. 14 ist der Zusammenhang zwischen der Bodenfeuchte und der benötigten Wassermenge für die drei 2012 in Tännikon untersuchten Bodenarten dargestellt. Beim Standort mit mittelsandigem Lehm ist gut zu sehen, dass der Wasserbedarf mit zunehmender Bodenfeuchte ansteigt. Die Iso-linie im Diagramm zeigt die angestrebte Absterberate von >80 %. Beim Standort mit schwach schluffigem Ton ist dieser Aspekt nur tendenziell ersichtlich. Bei der Bodenart mitteltoniger Lehm ist das Bodenfeuchtespektrum der Untersuchungen sehr eingeschränkt, weshalb kein Einfluss der Bodenfeuchte nachgewiesen werden kann.

Die Resultate der beiden Jahre zeigen, dass das Verfahren besonders bei sehr hohen Bodenfeuchten über 45 Volumenprozent (nahezu wassergesättigte Böden) einen höheren Energiebedarf benötigen, um eine gute Wirkung zu erzielen. Die Wirkung kann also verbessert werden, wenn die Behandlung bei abgetrockneten Böden erfolgt.

Nimmt man als Beispiel den Standort mit der Bodenart mittelsandiger Lehm, so benötigt man bei einem Bodenfeuchtegehalt von 40 Volumenprozenten 1,6 l heisses Wasser (>80 °C), um die Pflanzen mit einer Wahrscheinlichkeit von 80 % abzutöten. Für diese Untersuchung entspricht das einer Heizölmenge von 0,017 l pro behandelter Pflanze. Diese Ergebnisse bestätigen die Untersuchungen von 2011.

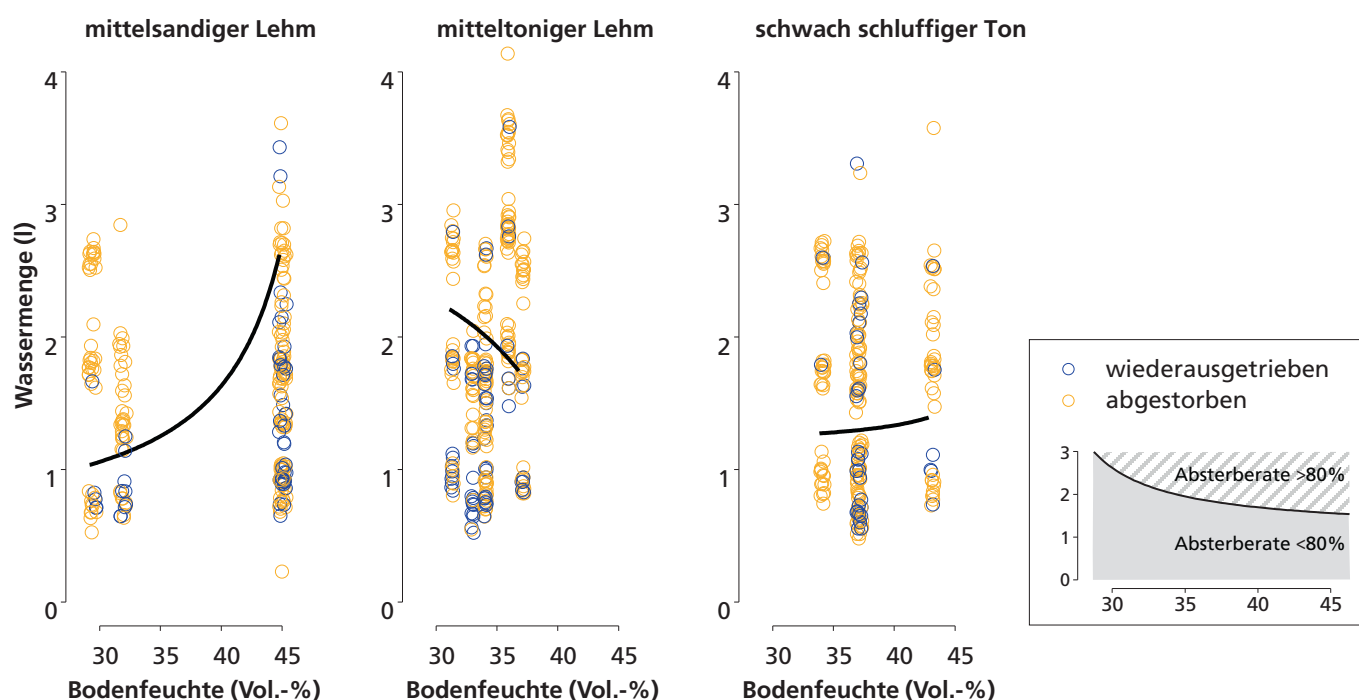


Abb. 14: Benötigte Wassermenge, um bei unterschiedlichen Bodenfeuchten eine Absterberate >80 % zu erreichen.

Einsatz in der Praxis

Der Einsatz des Heisswasserverfahrens durch unterschiedliche Landwirte zeigte, dass die Anwendung kein Problem darstellte. Die «berührungslose» Behandlung der Pflanzen mit der Rotationsdüse von oben wurde als schnell und angenehm bewertet. Verbesserungsvorschläge wurden unter anderem im ergonomischen Bereich gemacht. So wurde beispielsweise eine kürzere Lanze gefordert, da das senkrechte Halten der Lanze auf Dauer als unangenehm empfunden wird. Als anwendungsfreundlich wurde die Reichweite des Heisswasserverfahrens durch den 10 m langen Schlauch beurteilt, der sich bei Bedarf noch verlängern liesse. Ein zweiter Schlauch, um die Flächenleistung zu erhöhen, wurde ebenfalls ins Gespräch gebracht. Die Praktiker wünschten sich teils ein mobiles System, da das Verstellen des Anhängers mittels Traktor wegen des ständigen Auf- und Absteigens als umständlich empfunden wird. Als negative Punkte wurde der Lärm des Verbrennungsmotors des Hochdruckreinigers und die Rauchentwicklung beim Einschalten des Brenners genannt.

Bei einer durchschnittlichen Behandlungszeit von zirka 12 Sekunden bei der Variante E wird die zu erwartende Flächenleistung auf stark verunkrauteten Flächen bei etwa 150 bis 180 Pflanzen/h geschätzt. Genaue arbeitswirtschaftliche Erhebungen hierzu stehen aber noch aus.

Erste wirtschaftliche Abschätzung

Geht man beim Blackeneisen von einer Stundenleistung von 60 Blacken einschliesslich Abtransport der Wurzeln aus, so kostet das Heisswasserverfahren bei einem Stundenlohn von 28 Franken (ART-Ansatz) wirtschaftlich gesehen ab zirka 110 Blacken pro Stunde gleich viel. Die eingesparte Arbeitszeit ist dann genauso teuer wie die zusätzlichen Kosten für Maschinen und Energie (Tab. 5). Ein niedrigerer Stundenlohn verschiebt das Wirtschaftlichkeitsverhältnis zugunsten des Blackeneisens. Setzt man beispielsweise nur die Hälfte des Stundenlohnes für die Rechnung an, so muss man 160 Blacken mit dem Heisswasserverfahren behandeln, um auf gleiche Kosten zu kommen.

Tab. 5: Kostenberechnung des Heisswasserverfahrens im Vergleich zur Handarbeit mit dem Blackeneisen bei unterschiedlicher Flächenleistung.

	Einheit	Handarbeit	Heissdampf		
			Leistung im Vergleich zur Handarbeit		
Annahmen			gleich	2-fach	3-fach
Anzahl Pflanzen pro Stunde	Pfl./h	60	60	120	180
Stundenlohn	CHF/h	28,00	28,00	28,00	28,00
Zugfahrzeug*	CHF/h		11,02	11,02	11,02
Heisswasser-Hochdruckreiniger**	CHF/h		9,10	9,10	9,10
Wirkungsgrad Brenner			0,88	0,88	0,88
Heizölmenge	l/Pfl.		0,02	0,02	0,02
Heizölpreis***	CHF/l		1,00	1,00	1,00
Kostenberechnung					
AK-Kosten	CHF/Pfl.	0,47	0,47	0,23	0,16
Zugfahrzeug	CHF/Pfl.		0,18	0,09	0,06
Heizöl	CHF/Pfl.		0,02	0,02	0,02
Maschinenkosten Heisswasser-Hochdruckreiniger	CHF/Pfl.		0,15	0,08	0,05
Gesamtkosten	CHF/Pfl.	0,47	0,82	0,42	0,29
Preisdifferenz z. Handarbeit	CHF/Pfl.		0,36	-0,05	-0,18

* ART-Ansatz, kleinster Traktor

** ART-Ansatz: Annahme: Nutzungsdauer_{ges} = 3000 h; Abschreibung = 10 a

*** Heizölpreis nach <http://www.hev-schweiz.ch/vermieten-verwalten/heizoelpreise>

Schlussfolgerungen

Die Behandlung der Wiesenblacke mittels Heisswasser erwies sich in den Feldversuchen als wirkungsvoll. Die Rotationsdüse geht als effizienteste Variante aus der Vergleichsuntersuchung hervor. Auf Grund eines Wasserbedarfs von zirka 1,6 l/Pflanze, einem Energiebedarf von rund 0,02 l Heizöl/Pflanze, einer Applikationszeit von zirka 12 Sekunden und der einfachen Anwendungsweise wird dieses Verfahren als praxistauglich eingestuft. Die zu erwartende Flächenleistung auf stark verunkrauteten Flächen wird auf etwa 150 bis 180 Pflanzen/h geschätzt. Genaue arbeitswirtschaftliche Erhebungen hierzu stehen aber noch aus.

Unter der Annahme, dass pro Hektare 2000 Pflanzen behandelt werden, bedeutet dies einen Energieverbrauch von rund 40 Liter Heizöl und 3200 l Wasser.

Zukünftige Untersuchungen sollten den Energie- und Wasserbedarf der Methode weiter optimieren und bessere Empfehlungen zu unterschiedlichen Standorteigenschaften ermöglichen. Weiter ist zu bestimmen, bei welchen Populationsdichten der Einsatz des Verfahrens sinnvoll ist. Ziel ist die Bereitstellung von konkreten Behandlungsempfehlungen für Praktikerinnen und Praktiker.

Zudem sollten arbeitswirtschaftliche Vergleiche zur manuellen Blackenbekämpfung durchgeführt werden, um die Arbeitsleistung und Verfahrenskosten genau beziffern zu können. In Ergänzung mit einer automatischen Blackenerkennung birgt die Methode der Heisswasserbehandlung das Potenzial für die Automatisierung der Blackenbekämpfung im biologischen Landbau.

Literatur

- Böhm H., Engelke T., Finze J., Häusler A., Pallutt B., Verschwele A. u. Zwerger P., 2003: Strategien zur Regulierung von Wurzelunkräutern im ökologischen Landbau. In: Landbauforschung Völkenrode (Hrsg.): Tagungsband zum Expertenkolloquium im Forum der FAL, 18.–19. Februar 2003, Braunschweig, Sonderheft 255, 91 S.
- Bohner A. u. Sobotik M., 2003: Untersuchungen zur Ampferbekämpfung in biologisch bewirtschafteten Betrieben unter besonderer Beachtung der Wurzelökologie. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Abschlussbericht des Projektes BAL21 01/98, Irdning, 16 S.
- Cavers P. B. u. Harper J. L., 1964: Biological Flora of the British Isles No. 98 *Rumex obtusifolius* L. and *R. crispus* L. The Journal of Ecology, 52, S. 737–766.
- Darlington H. u. Steinbauer G. P., 1961: The 80 year period of Dr. Beal's seed viability experiment. American Journal of Botany, 48, 4, S. 321–325.
- Foster L., 1989: The biology and non-chemical control of dock species *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus*. Biological Agriculture and Horticulture, 6, S. 11–25.
- Hunt I. V. u. Harkess R. D., 1968: Docks in grassland. Scottish Journal of Agriculture, 47, S. 160–162.
- Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie, 2012: *Rumex acetosa* – Veterinärtoxikologie. Internetauftritt: Universität Zürich, Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie, Zugriff unter: http://www.vet-pharm.uzh.ch/reloader.htm?giftddb/pflanzen/0081_vet.htm?inhalt_c.htm, Zugriff am 03.02.2013.
- Klapp E., Boeker P., König F. u. Stählin A., 1953: Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Das Grünland. Bd. 2, Schaper-Verlag, Hannover, S. 38–40.
- Kutschera L. u. Lichtenegger E., 1960: Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 574 S.
- Latsch R. u. Sauter J., 2010: Microwave for dock control on grassland. In: Schnyder H., Isselstein J., Taube F., Schellberg J., Wachendorf M., Herrmann A., Gierus M., Auerswald K., Wrage N. u. Hopkins A. (Hrsg.): Grassland in a changing world, 30.08.–02.09.2010, Kiel, Germany, European Grassland Federation EGF, Grassland Science in Europe, Vol 15, S. 169–171.
- Oberdorfer E., 1994: Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7. überarb. und erg. Aufl., Ulmer-Verlag, Stuttgart, 1050 S.
- Roth L., Daunderer M. u. Kormann K., 2012: Giftpflanzen – Pflanzengifte. 6., überarbeitete Auflage, Nikol-Verlag, Hamburg, 1122 S.
- Toole E. u. Brown E., 1946: Final results of the Duvel buried seed experiment. Journal of Agricultural Research, 72, S. 201–210.
- Weaver S. E. u. Cavers P. B., 1980: Reproductive effort of two perennial weed species in different habitats. Journal of Applied Ecology, 17, S. 505–513.

Anfragen über andere landtechnische Probleme sind an die unten aufgeführte Beratung für Landtechnik zu richten.
Weitere Publikationen und Prüfberichte beziehen Sie direkt bei ART:
Tel. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90, doku@art.admin.ch, www.agroscope.ch

- | | |
|---|---|
| ZH Berger Stephan, Strickhof,
8315 Lindau, Telefon 052 354 99 52
Blum Walter, Strickhof,
8315 Lindau, Telefon 052 354 98 24
Mayer Gerd, Strickhof,
8315 Lindau, Telefon 052 354 99 16 | FR Zwahlen Fabian, Landw. Schule Grangeneuve
1725 Posieux, Telefon 026 305 58 50 |
| BE Marti Fritz, Inforama Rütli und Waldhof,
3052 Zollikofen, Telefon 031 910 52 10
Hofmann Hans Ueli, Inforama Rütli und Waldhof,
3052 Zollikofen, Telefon 031 910 51 54 | SO Ziörjen Fritz, Landw. Bildungszentrum Wallierhof,
4533 Riedholz, Telefon 061 552 21 40 |
| LU Moser Anton, BBZN Schüpfheim,
6170 Schüpfheim, Telefon 041 485 88 00
Walther Lukas, BBZN Hohenrain, Sennweidstrasse,
6276 Hohenrain, Telefon 041 914 30 77 | BL Ziörjen Fritz, Landw. Zentrum Ebenrain,
4450 Sissach, Telefon 061 552 21 40 |
| UR Hörler Cyrill, LBBZ Seedorf,
6462 Seedorf, Telefon 041 871 05 66 | SH Hauser Peter, LBZ Charlottenfels,
8212 Neuhausen, Telefon 052 674 05 20 |
| SZ Landolt Hugo, Landw. Beratung und Weiterbildung,
8808 Pfäffikon, Telefon 055 415 79 22 | AI Landw. Beratungsdienst AI, Gaiserstrasse 8,
9050 Appenzell, Telefon 071 788 95 76 |
| OW Amgarten Martin, Amt für Landwirtschaft und
Umwelt, 6061 Sarnen, Telefon 041 666 63 15
Müller Erwin, BWZ Obwalden,
6074 Giswil, Telefon 041 675 16 16 | AR Vuilleumier Marc, Landwirtschaftsamt AR,
9102 Herisau, Telefon 071 353 67 56 |
| NW Amt für Landwirtschaft, Kreuzstr. 2,
6371 Stans, Telefon 041 618 40 01 | SG Lehmann Ueli, Landw. Zentrum SG,
9465 Salez, Telefon 058 228 24 19
Schnider Walter, Landw. Zentrum SG,
9465 Salez, Telefon 058 228 24 15 |
| GL Amt für Landwirtschaft, Postgasse 29,
8750 Glarus, Telefon 055 646 66 40 | GR Merk Konrad, LBBZ Plantahof,
7302 Landquart, Telefon 081 257 60 38 |
| ZG Gut Willi, LBBZ Schluechthof,
6330 Cham, Telefon 041 784 50 54
Villiger Albert, LBBZ Schluechthof,
6330 Cham, Telefon 041 784 50 59 | AG Furter Hansjörg, LBBZ Liebegg,
5722 Gränichen, Telefon 062 855 86 27 |
| | TG Baumgartner Christof, BBZ Arenenberg,
8268 Salenstein, Telefon 071 663 33 06
Christian Eggenberger, BBZ Arenenberg,
8570 Weinfelden, Telefon 071 626 10 58 |
| | TI Müller Antonio, Ufficio consulenza agricola,
6501 Bellinzona, Telefon 091 814 35 53 |
| | AGRIDEA
Abteilung Landtechnik,
8315 Lindau, Telefon 052 354 97 00 |

