

Björn Bohne und Oliver Hensel

# Einsatz von Thermoplasten zur Steigerung der Effizienz bei der thermischen Unkrautregulierung

Um den Ertrag einer Kulturpflanze zu steigern, ist es unerlässlich den Konkurrenzdruck durch Unkräuter zu minimieren. Die Wirkung der verbreiteten Abflammentechnik beruht auf dem Eintrag von Wärmeenergie, die bei der Pflanze nach kurzer Zeit zum Zelltod führt. Problematisch ist hierbei, dass praxisingerechte Hilfsmittel, um das Gerät präzise einzustellen, nahezu vollständig fehlen. Bei den nachfolgend beschriebenen Feldversuchen wird die Reduktion der Zahl der Unkrautpflanzen mit der Formänderung eines Indikatormaterials in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse belegen, dass eine solche Methode als Entscheidungshilfe zur Optimierung der Einstellung eines Abflammgerätes eingesetzt werden kann.

## Schlüsselwörter

Abflammentechnik, Unkrautregulierung

## Keywords

Flame weeding, weed control

## Abstract

Bohne, Björn and Hensel, Oliver

Application of thermoplastics to increase efficiency during thermal weed control

Landtechnik 67 (2012), no. 6, pp 441–444, 3 figures, 3 references

To increase crop yield it is essential to minimize the competition by weeds, which can be reached by flame weeding. The effect is based on the input of heat energy which leads to plants death after a short time. A problem of flame weeding is the lack of practically orientated devices to adjust the equipment. The field experiments as described below show the correlation between weed reduction and deformation of an indicator material. The results demonstrate that this method can be used as a decision support to optimize the setting of a flame weeder.

■ Im Feldgemüsebau ist die Abflammentechnik ein Standardverfahren zur Unkrautregulierung. Die Bedeutung des Verfahrens Abflammen steigt insbesondere dann, wenn die Verwendung von Herbiziden generell nicht erlaubt oder aufgrund von Auflagen nicht möglich ist. Gerade bei Gemüsekulturen wie Möhre, Rote Beete, Zwiebel oder Feldsalat ist die Abflammentechnik unverzichtbar. Im Hinblick auf steigende Energiepreise wird aber auch eine unmittelbare Erfolgs- und Prozesskontrolle immer wichtiger. Umso mehr als bei einer nicht optimal durchgeführten Unkrautregulierung zeit- und kostenintensive Verfahren wie das Jäten von Hand notwendig werden. Um den Erfolg der Maßnahme vorauszusagen, wurden Modelle zur Dosis-Wirkung-Relation erarbeitet [1]. Diese theoretischen Modelle setzen jedoch, wenn alle notwendigen Eingangsparameter bekannt sind, eine mathematische Berechnung voraus und sind so für die schnelle Kontrolle „auf dem Feld“ nicht geeignet. Es erscheint daher sinnvoll einen alternativen Ansatz zu entwickeln, der es dem Anwender ermöglicht, die Einstellung bzw. Wirkung seines Abflammgerätes mit angemessener Präzision direkt auf dem Feld zu bestimmen. Ein Erfolg versprechender Ansatz ist die Verwendung von Indikatormaterialien, welche bei der für Pflanzen kritischen Zelltemperatur von 40 bis 50 °C eine deutliche Formänderung aufweisen. Laborversuche mit unterschiedlichen Materialien verliefen bereits erfolgreich [2, 3]. In der vorliegenden Untersuchung wird die Anwendung dieser Methode unter Praxisbedingungen vorgestellt und der Zusammenhang von der Formänderung der Indikatorkörper und dem Bekämpfungserfolg verschiedener Unkrautarten beschrieben.



Abb. 1 Versuchspartelle mit Abflammergerät und Indikatorkörpern nach der Maßnahme (Foto: Björn Bohne)  
 Fig. 1: Trial plot with flame weeder and indicator material after treatment

### Material und Methode

Die durchgeführte Untersuchung lässt sich in folgende Versuche unterteilen:

- Feldversuche zur Validierung der Korrelation zwischen Indikatorkörperschrumpfung und Energieeintrag
- Feldversuche zur Untersuchung der Korrelation zwischen Bekämpfungserfolg und Indikatorkörperschrumpfung bei verschiedenen Unkrautarten

### Versuch a

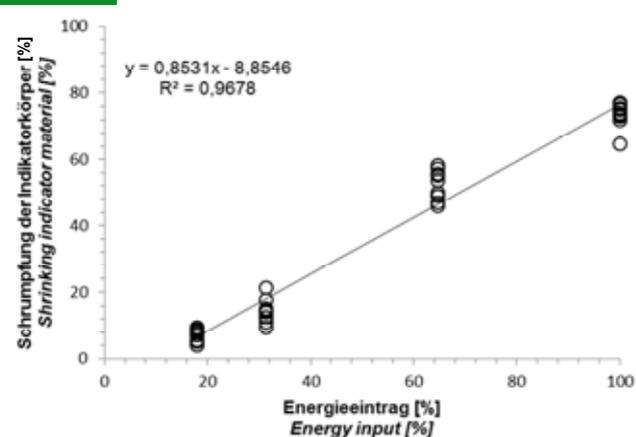
Dieser Versuch sollte den bereits in vorherigen Laborversuchen nachgewiesenen Zusammenhang zwischen Energieeintrag und Indikatorkörperschrumpfung unter Freilandbedingungen verifizieren. Der prozentuale Energieeintrag wurde über die Veränderung der Fahrgeschwindigkeit in vier Stufen von 0,31 (100 %), 0,47 (65 %), 0,83 (31 %) und 1,69 m/s (18 %) variiert. Das eingesetzte Abflammergerät war mit atmosphärischen Brennern ausgerüstet und hatte bei einer Arbeitsbreite von 1,5 m eine Leistung von 300 kW. Der Gasverbrauch betrug 18 kg/h. Der Anstellwinkel der Brenner zum Boden betrug 60° und die Brenneröffnungen waren in einer Höhe von 10 cm über der Bodenoberfläche angebracht (**Abbildung 1**). Als Temperaturindikatoren kamen gestreckte, einseitig geöffnete PLA-Hohlkörper (Höhe 45 mm, Volumen 30 cm<sup>3</sup>) zum Einsatz. Sie wurden mit der Öffnung nach unten auf die Bodenoberfläche gestellt (**Abbildung 1**). Der Grad der durch die Wärme bedingten Schrumpfung wurde gemessen, indem der Körper mit seiner Öffnung auf eine Stahlplatte gestellt wurde und der höchste und der niedrigste Punkt mithilfe eines Höhenreißers ermittelt wurden. Die Schrumpfung wurde in Prozent von der Ursprungsgröße definiert, 45 mm entsprachen dabei 100 %.

### Versuch b

Die Versuche fanden auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen, dem Lehr- und Versuchsbetrieb der Universität Kassel, statt (Schlag „Gartenbreite“). Die Versuchsanlage erfolgte in einer randomisierten Blockanlage mit vier Wiederholungen. Als

Parzellen wurden 1,5 m breite Beete angelegt, in die die Unkrautarten in Reihensaat eingesät wurden. Es kam auch hier das oben beschriebene Abflammergerät mit der beschriebenen Einstellung zum Einsatz. Um die Wärmeleistung des Abflammergerätes auf der Zielfläche kontrollieren zu können, wurden an den Messpunkten auf der Bodenoberfläche und am Abflammergerät Thermoelemente vom Typ K NiCr-Ni nach DIN IEC 584 montiert, welche die Lufttemperatur aufnahmen. Ihr Durchmesser betrug 0,25 (am Boden) bzw. 3 mm (am Gerät). Mit Messwerten an der Bodenoberfläche größer 300 °C und am Brenner größer 950 °C konnte eine gleichmäßige Beaufschlagung der Pflanzen sichergestellt werden. Um den Energieeintrag zu variieren, wurde die Fahrgeschwindigkeit in zwei Stufen verändert (0,83 und 1,69 m/s). Als Unkräuter wurden die für den Versuchsstandort typischen Arten: Ackersenf (*Sinapis arvensis* L.), Hirtentäschel (*Capsella bursa pastoris* L.), Vogelmiere (*Stellaria media* L.) und Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album* L.) angesät. Das Abflammen erfolgte im Keimblattstadium der Unkräuter (BBCH 10).

Abb. 2



Korrelation zwischen Energieeintrag und Indikatorkörperschrumpfung  
 Fig. 2: Correlation between Energy input and Shrinking of indicator material

Die Temperaturindikatoren waren die gleichen wie in Versuch a, auch die Vermessung erfolgte nach dem gleichen Muster, es wurden jedoch je Wiederholung drei gestreckte PLA-Hohlkörper eingesetzt.

Zur Bonitur des Pflanzenbestandes wurde die Pflanzenzahl vor und drei Tage nach dem Abflammen in jedem Block durch Auszählen an zwei definierten Stellen (Größe 50 x 50 cm; 2500 cm<sup>2</sup>) bestimmt. Die Bekämpfungsrate wurde prozentual vom Anfangsbestand ermittelt. Eine Besonderheit betraf die Art Hirtentäschel (*Capsella bursa pastoris* L.): Hier war es durch die Witterungsverhältnisse zu einem verzettelten Feldaufgang gekommen und einige Ergebnisse der Parzellen konnten nicht in die Auswertung einfließen.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse aus dem Versuch a zeigen in **Abbildung 2**, dass sich auch unter Feldbedingungen ein linearer Zusammenhang von Energieeintrag und Indikatorkörperschrumpfung abbilden lässt. Die errechnete Pearson-Korrelation ( $r$ ) betrug 0,984\*\* (\*\* = Signifikanzniveau  $p \leq 0,01$ ) und das Bestimmtheitsmaß  $R^2 = 0,9678$ .

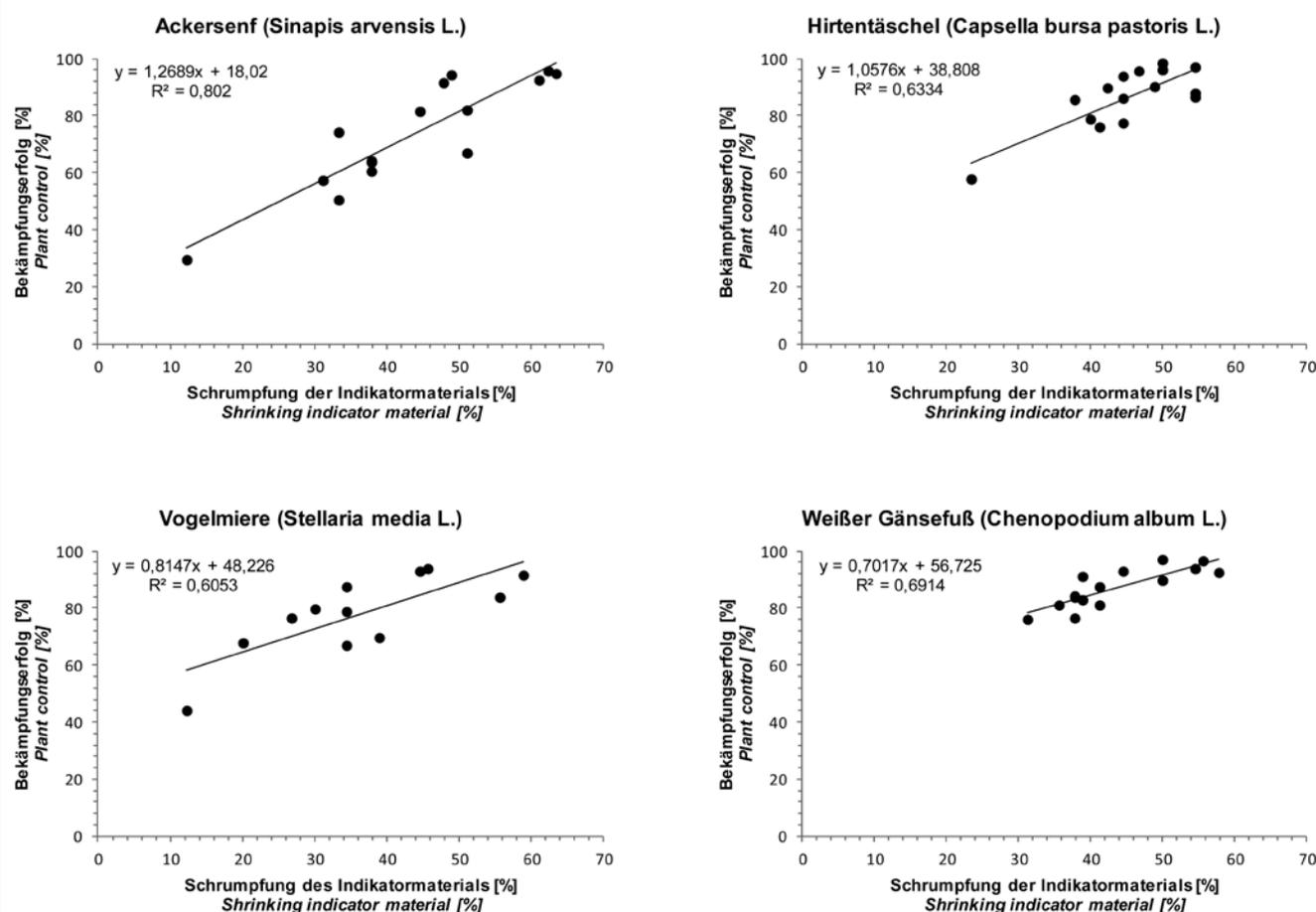
Auf die Varianten der Fahrgeschwindigkeit mit 0,31 und 0,47 m/s wurde in den folgenden Pflanzenversuchen verzichtet, da schon bei einer Geschwindigkeit von 0,83 m/s der Bestand der untersuchten Unkräuter um nahezu 100 % reduziert wurde.

Bei einem quantitativen Vergleich zwischen der Indikatorkörperschrumpfung und dem Bekämpfungserfolg wie in Versuch b ergeben sich die in **Abbildung 3** dargestellten Korrelationen. Den einzelnen Datenpunkten liegen Mittelwerte der Messwerte aus vier Wiederholungen zugrunde.

Eine positive Korrelation der Messwerte ist deutlich erkennbar. Bei *Sinapis arvensis* L. betrug die errechnete Pearson-Korrelation ( $r$ ) 0,896\*\* (\*\* = Signifikanzniveau  $p \leq 0,01$ ). Die Veränderungen des Bekämpfungserfolges bei verschiedenen Energieeinträgen sind hier sehr deutlich zu erkennen.

Bei *Capsella bursa pastoris* L. war das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) schwächer ausgeprägt, daher war auch die Pearson-Korrelation ( $r$ ) mit 0,796 (\*\* = Signifikanzniveau  $p \leq 0,01$ ) geringer. In **Abbildung 3** ist die deutlich höhere Anzahl von Messwerten bei hoher Schrumpfung des Indikatormaterials zu sehen. Dies ist auf die für diese Unkrautart ungünstige Witterung während der Keimung zurückzuführen.

Abb. 3



Korrelation von Bekämpfungserfolg und Schrumpfung des Indikatormaterials bei den verschiedenen Unkrautarten

Fig. 3: Correlation between effect of treatment and shrinking of indicator material at different weed species

Bei *Stellaria media* L. errechnete sich ein  $R^2$  von 0,6053. Die Pearson-Korrelation ( $r$ ) betrug hier 0,778\*\* (\*\* = Signifikanzniveau  $p \leq 0,01$ ). Der positive lineare Zusammenhang zwischen Bekämpfungserfolg und Schrumpfung des Indikatormaterials ist hier ähnlich ausgeprägt wie bei *Sinapis arvensis* L.

Die Datenpunkte liegen bei *Chenopodium album* L. nah zusammen, was sich auch am Bestimmtheitsmaß ablesen lässt. Die Pearson-Korrelation ( $r$ ) beträgt hier 0,831\*\* (\*\* = Signifikanzniveau  $p \leq 0,01$ ).

### Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse vorangegangener Laborversuche konnten unter Praxisbedingungen tendenziell bestätigt werden. Der eingesetzte Thermoplast reagierte sehr gleichmäßig mit einer Formänderung auf eine steigende Intensität der Wärmeeinwirkung. Ebenso konnte ein positiver Zusammenhang zwischen der Größe der Formänderung der Indikatorkörper und dem Bekämpfungserfolg nachgewiesen werden. Dieser war jedoch unterschiedlich ausgeprägt. Die Korrelation war bei *Sinapis arvensis* L. am stärksten und lag bei den anderen zweikeimblättrigen Unkräutern auf niedrigerem Niveau. Dies ist damit zu erklären, dass die verschiedenen Unkrautarten unterschiedlich auf eine thermische Beaufschlagung reagieren und so in ihrer Absterberate variieren.

Die ermittelten Korrelationen erscheinen hinreichend gut, um in der Praxis von dem Grad der Formänderung des Indikators auf die Reduktion des Unkrautbestandes und damit auf den Abflammerfolg schließen zu können. Beispielsweise kann bei der Art Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album* L.) bei einer

Schrumpfung des Indikatormaterials  $> 50\%$  von einem Bekämpfungserfolg  $> 90\%$  ausgegangen werden. Für den Anwender ergibt sich so ein Richtwert für Optimierungen im Verfahren.

Diese Methodik ist dann besonders geeignet, wenn die Wirkung des Abflammergerätes während des Einsatzes einfach und schnell überprüft werden soll, weil eine Abschätzung der Verfahrenswirkung aus Erfahrungswerten nicht ausreicht oder nicht möglich ist. Denkbar ist die Entwicklung eines Bewertungsschlüssels aus dem die notwendige Indikatorkörperschrumpfung zur Bekämpfung der standorttypischen Unkräuter abgelesen werden kann.

### Literatur

- [1] Ascard, J. (1995): Thermal weed control by flaming: Biological and technical aspects. Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden, pp. 377 ff.
- [2] Bohne, B.; Hensel, O. (2010): Entwicklung eines Kontrollsystems zur Messung des Abflammerfolges bei der thermischen Unkrautregulierung. Landtechnik 65(1), S. 48–50
- [3] Bohne, B.; Hensel, O.; Edler von der Planitz, B. (2011): Thermische Unkrautregulierung: Praxistaugliche Bestimmung der Wirkung. Landtechnik 66(5), S. 100–102

### Autoren

**M.Sc. agr. Björn Bohne** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Agrartechnik (Leitung: **Prof. Dr. Oliver Hensel**) am Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel, Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen, E-Mail: ackerbohne@uni-kassel.de

### Danksagung

Die beschriebenen Untersuchungen wurden durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Innovationsförderung (Geschäftszeichen: PGI-06.01-28-1-53.039-07) ermöglicht.