

Detlef Stieg

Prüfstand zur Bewertung und Optimierung von Geräten zur thermischen Unkrautbekämpfung

Der Bekämpfungserfolg beim Einsatz thermisch arbeitender Unkrautbekämpfungsgeräte kann in der Praxis starken Schwankungen unterliegen. Als Ursache wird vermutet, dass die Temperaturverteilung im Arbeitsbereich solcher Geräte nicht homogen ist, was bislang aufgrund fehlender Daten nicht nachgewiesen werden konnte. Um diese Hypothese zu belegen, wurde eine Methode zur systematischen Überprüfung von handgeschobenen Geräten für die thermische Unkrautbekämpfung entwickelt. Prüfkriterium ist die Verteilung der Temperaturverläufe im Arbeitsbereich der Geräte bei unterschiedlichen Arbeitsgeschwindigkeiten. Es konnte gezeigt werden, dass die Temperatur von der Arbeitsgeschwindigkeit abhängig ist und dass heterogene Temperaturverteilungen sehr gut nachgewiesen werden können.

eingereicht 15. April 2014

akzeptiert 20. Mai 2014

Schlüsselwörter

Thermische Unkrautbekämpfung, Abflammgeräte, Temperaturverteilung, Prüfstand

cally testing was developed for verification of hand driven thermal weed control devices to attest the above-mentioned hypothesis. Test criterion is the distribution of temperature profiles in the working area of the devices by different operational speeds. It successfully has been shown that the temperature depends on operational speed and that heterogeneous temperature distributions can be proven very good.

Keywords

Thermal weed control, flame-scarling devices, temperature distribution, test bench

Abstract

Stieg, Detlef

Test bench for the assessment and optimization of thermal weed control devices

Landtechnik 69(4), 2014, pp. 176–179, 2 figures, 7 references

The success of abatement in the use of thermal operating weed control devices may, in practice, be subject to considerable fluctuations. As a result for this propose it is presumed that the temperature distribution of such devices is not homogenous, which previously could not be shown due to lack of data. For this reason a test method for systemati-

■ Geräte zur thermischen Unkrautbekämpfung haben gegenüber chemischen Pflanzenschutzgeräten den Nachteil wesentlich höherer Arbeitskosten [1; 2; 3]. In Anwendungsbereichen, in denen durch gesetzliche Regelungen oder freiwillige Verpflichtungen der Einsatz von chemischen Mitteln zum Pflanzenschutz untersagt ist, sind thermische Geräte eine Alternative. Anwendungsbeispiele dafür sind kommunale Flächen (befestigte Wege und Plätze) sowie der ökologische Landbau.

Technisch lassen sich Geräte zur thermischen Unkrautbekämpfung in zwei Hauptgruppen unterteilen: Heißwassergeräte und Abflamm-/Heißluftgeräte. Über das technische Optimierungspotenzial hinsichtlich des notwendigen Energieeinsatz ist wenig bekannt. Vermutet wird, dass die Temperaturverteilung im Arbeitsbereich nicht gleichmäßig ist, weshalb in Bezug auf Bekämpfungserfolg und energetische Effizienz Optimierungsbedarf besteht. Mit der Entwicklung eines Prüfstands für handgeschobene thermische Unkrautbekämpfungsgeräte mit Arbeitsbreiten bis ca. 900 mm soll diese Hypothese überprüft werden, um mehr Informationen für Hersteller und Anwender solcher Geräte zur Verfügung stellen zu können.

Ziel ist es, die Temperaturverläufe im Arbeitsbereich, deren Einwirkzeit sowie deren Verteilungsqualität zu quantifizieren und darüber hinaus die biologische Wirksamkeit der Verfahren unter reproduzierbaren Bedingungen zu prüfen. In dieser Arbeit werden erste Ergebnisse aus Voruntersuchungen dargestellt, um die prinzipielle Eignung des Prüfstands zu zeigen.

In anderen Untersuchungen gibt es Angaben darüber, bei welcher thermischen Behandlung eine letale Schädigung von Pflanzen angenommen werden kann [3; 4]. Je nach Schädigungsmechanismus gelten hier Mindesttemperaturen von 60–70 °C über eine Einwirkdauer von 1 s oder Temperaturen größer 110 °C über eine Einwirkdauer von 0,1 s.

Erste Ansätze zur Bestimmung der Arbeitsqualität thermischer Unkrautbekämpfungsgeräte wurden bereits von Bohne und Hensel [5; 6] beschrieben. Diese nutzen thermoplastische Indikatoren zum Nachweis einer ausreichenden Wärmeeinwirkung von Abflambehandlungen im Feldbau.

Prüfmethodik

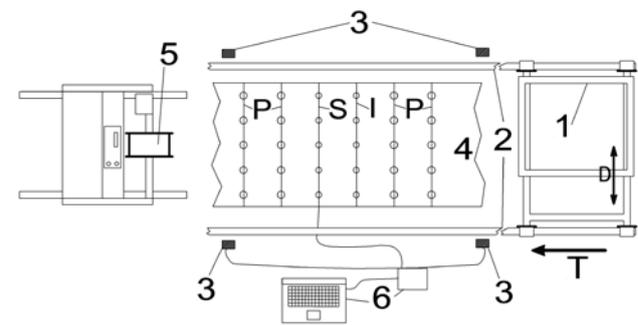
Um die zuvor angenommene heterogene Temperaturverteilung im Arbeitsbereich der Geräte zu belegen, soll die Prüfmethodik folgende Anforderungen erfüllen:

- Messung zeitlicher Verläufe von räumlich verteilten Temperaturen im Arbeitsbereich
- Realisierung konstanter Arbeitsgeschwindigkeiten über der Zielfläche
- Universelle Methode für Heißwasser- und Abflamm-/Heißluftgeräte
- Verifizierung der technischen Messungen durch Kontrolle der biologischen Wirksamkeit
- Möglichkeit zur Nutzung thermoplastischer Indikatoren nach [5; 6] für Vergleichszwecke

Der Prüfstand besteht aus einer Verfahrenrichtung mit Schienen, Schienenwagen und Zugwinde, auf der das zu prüfende Gerät positioniert wird (**Abbildung 1**). Die Verfahrensgeschwindigkeit des Schienenwagens kann durch eine elektronische Drehzahlsteuerung der Zugwinde auf definierte Werte von 0,34 bis 1,5 m/s eingestellt werden. Die Zeitmessung erfolgt durch zwei Lichtschranken.

Zwischen den Schienen befindet sich eine Holzplatte als Zielfläche, Bohrungen ($\varnothing = 50$ mm) im Raster von 200 x 300 mm dienen als Aufnahmepunkte für unterschiedliche Messmittel. Hier können Temperatursensoren, thermoplastische Indikatoren sowie Modellpflanzen positioniert werden. Insgesamt gibt es sechs Reihen mit einem Abstand von je 300 mm. Innerhalb einer Reihe gibt es fünf Aufnahmepunkte, deren Abstand 200 mm beträgt. Die Breite des Messfeldes beträgt somit 800 mm, die Länge des Messfeldes beträgt von der ersten bis zur letzten Pflanzenreihe 1500 mm. Die Länge des gesamten Schienenweges beträgt 6 m. Der auf dem Schienenwagen befindliche Oberschlitten kann seitlich um ± 200 mm verstellt werden, sodass der gesamte Arbeitsbereich des zu prüfenden Gerätes mit verschiedenen Messmitteln in mehreren Arbeitsgängen feinaufgelöst ausgemessen werden kann.

Abb. 1



Skizze der Prüfeinrichtung mit:

1 Schienenwagen mit Oberschlitten, 2 Schienen, 3 Lichtschranken, 4 Zielfläche mit Bohrungen zur Aufnahme von Thermoelementen (S), Modellpflanzen (P) und Indikatoren (I), 5 Winde, 6 Messdatenerfassung und -speicherung, T Arbeitsrichtung, D Verschieberichtung des Oberschlittens

Fig. 1: Sketch of test bench with: 1 waggon with top slide, 2 rails, 3 photoelectric relays, 4 target surface with holes for thermocouples (S), model plants (P) and indicators (I), 5 winch, 6 device for data sampling and data storage, T direction of travel, D direction of displacement

Als Temperatursensoren werden NiCrNi-Mantelthermoelemente (Typ K) mit einem Durchmesser von einem Millimeter verwendet. Diese sind 20 mm unterhalb der Plattenoberfläche längs in Arbeitsrichtung in einem Winkel von ca. 45° gegen die Horizontale geneigt angeordnet. Die dem Wärmeträgermedium ausgesetzte freie Länge der Thermoelemente beträgt 25 mm. Die abgesenkte Position der Thermoelemente dient neben dem mechanischen Schutz auch der Simulation von Abschattungseffekten durch Pflanzen oder Pflanzenteile sowie verdeckt liegenden Vegetationszentren [7]. Die Messwertfassung erfolgt zeitgleich an allen Thermoelementen mit einer Zykluszeit von 0,08 s.

Versuchsdurchführung

Untersucht wurde ein Abflammgerät mit einer Nennarbeitsbreite von 850 mm. Das Gerät verfügt über 8 Brenneröffnungen, die sich unter einer Wärmeschutzhaube mit einer lichten Breite von ca. 850 mm und einer Länge von ca. 500 mm befinden. Der Abstand der Brenneröffnungen zueinander bzw. zu den seitlichen Wänden der Wärmeschutzhaube beträgt ca. 95 mm. Das Abflammgerät wurde in zwei Durchgängen mit vier unterschiedlichen Geschwindigkeiten über die Zielfläche geführt. Im zweiten Durchgang wurde der Oberschlitten mit dem Gerät um 120 mm seitlich versetzt. Dadurch wird ein Messraster von insgesamt acht Positionen mit maximal 120 mm Abstand erreicht. Die Versuche wurden jeweils dreimal wiederholt. Als Messmittel wurden nur die Thermoelemente verwendet. Für die Darstellung und Bewertung in **Abbildung 2** wurden nur die vier Thermoelemente berücksichtigt, deren Positionen vollständig im Arbeitsbereich des Gerätes lagen.

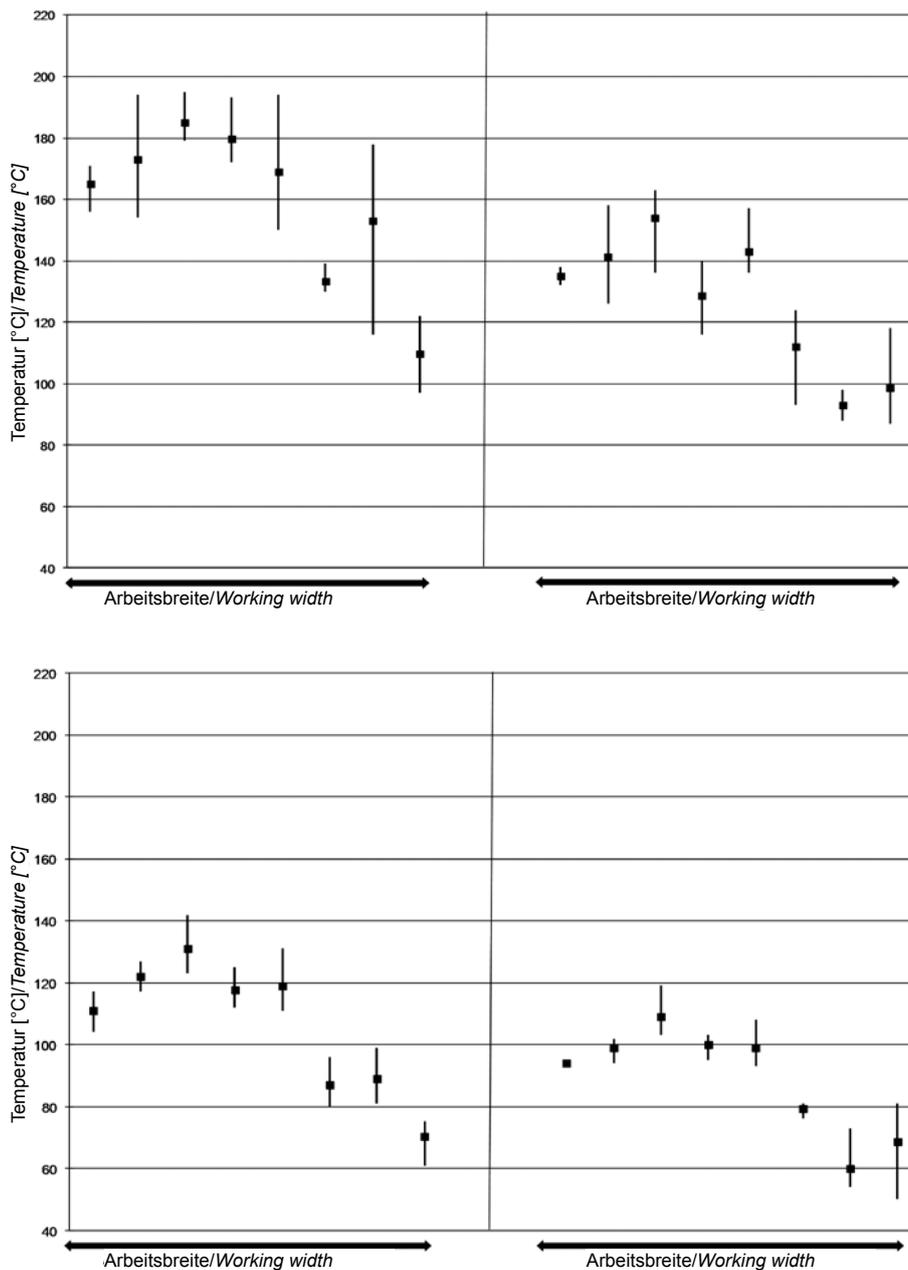
Ergebnisse und Diskussion

Die bei den Messungen ermittelten Maximaltemperaturen liegen bei einer Überfahrtgeschwindigkeit von 0,35 m/s zwischen 97 und 195 °C. Bei den Versuchen mit 0,81 m/s liegen die maximalen Temperaturen im Bereich von 50 bis 119 °C (Abbildung 2). Auffällig sind die Spannweiten der Temperaturen aus den Wiederholungsmessungen. Diese sind bei geringster Überfahrtgeschwindigkeit am größten und umfassen bis zu 62 °C.

Die maximal erreichten Temperaturen im Arbeitsbereich des Abflamngeräts nehmen mit steigender Geschwindigkeit

wie erwartet ab (Abbildung 2). Es wird weiterhin deutlich, dass die erreichten Temperaturmaxima über der Arbeitsbreite deutlich voneinander abweichen und sich in den einzelnen Versuchen ein reproduzierbares Muster erkennen lässt. Mit diesen Ergebnissen wird die Hypothese der heterogenen Temperaturverteilung bei thermisch arbeitenden Unkrautbekämpfungsgeräten gestützt. Unter dem Aspekt der energetischen Effizienz sind die hier gemessenen Temperaturunterschiede nicht akzeptabel. Welche Mindesttemperatur bzw. Mindesteinwirkdauer für die einzelnen Pflanzenarten in Verbindung mit dem hier vorgestellten Prüfverfahren zu fordern ist, ist derzeit

Abb. 2



Maximaltemperaturen (Mittelwert und Spannweiten) über die Arbeitsbreite (850 mm) des Abflamngeräts bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 0,35 m/s (links oben), 0,42 m/s (rechts oben), 0,53 m/s (links unten) und 0,81 m/s (rechts unten), (n = 3)

Fig. 2: Maximum temperatures (arithmetical mean and span) across the working width (850 mm) of the thermal weed control device at working speed of 0.35 m/s (top left), 0.42 m/s (top right), 0.53 m/s (down left) and 0.81 m/s (down right), (n = 3)

noch nicht abschätzbar. Erkenntnisse hierzu werden aus den parallel durchgeführten Pflanzenversuchen erwartet.

Interessant ist die Tatsache, dass die Temperaturverteilung nicht nur quer zur Arbeitsrichtung, sondern auch längs heterogen ist. Dieser Zusammenhang wird aus der Streuung der Temperaturmaxima der Versuchswiederholungen deutlich. Die Mittelwerte mit den zugehörigen Spannweiten stammen aus den Wiederholungsversuchen mit jeweils denselben Thermoelementen. Daher können Unterschiede im dynamischen Verhalten der Thermoelemente als Ursache ausgeschlossen werden. Durch die Kalibration der Messketten im ausgebauten Zustand sowie durch die Aufzeichnung der Temperaturen unmittelbar vor Überfahrt des Gerätes können die Temperaturdifferenzen zwischen den einzelnen Thermoelementen sowie der Umgebungstemperatur auf einen Bereich kleiner ± 3 K eingegrenzt werden. Auch die Schwankungen der Arbeitsgeschwindigkeiten (± 20 mm/s) zeigen keinen eindeutigen Zusammenhang mit den Temperaturhöhen und können die zum Teil großen Spannweiten daher nicht erklären. Dies führt zu dem Schluss, dass die großen Temperaturspannen nicht auf Messunsicherheiten des Prüfstands beruhen, sondern ein charakteristisches Verhalten des geprüften Gerätes widerspiegeln.

Schlussfolgerungen

Die ersten Messungen weisen darauf hin, dass die entwickelte Prüfmethodik und Prüfeinrichtung grundsätzlich dafür geeignet ist, die Heterogenität von Temperaturfeldern im Arbeitsbereich von handgeschobenen, thermisch arbeitenden Unkrautbekämpfungsgeräten nachzuweisen. Eine Bestätigung der genannten Mindesttemperaturen, die in anderen Studien ermittelt wurden, ist anhand der Ergebnisse aus den parallel durchgeführten Vorversuchen zur biologischen Wirksamkeit jedoch noch nicht möglich.

Mit dem Prüfstand können unterschiedliche Geräte geprüft und genauere Informationen bezüglich der Dosis-Wirkung-Be-

ziehung für verschiedene Modellpflanzen und Wachstumsstadien gewonnen werden. Weiteres Entwicklungspotenzial liegt in

- der Ermittlung der optimalen Sensorabstände hinsichtlich der erforderlichen räumlichen Temporauflösung unter Berücksichtigung der Kosten,
- einer Erweiterung (Scale-up) des Prüfstands für die Prüfung größerer angebauter oder selbstfahrender Geräte, unter Beibehaltung der generellen Prüfmethodik und in
- einer Steigerung der Interpretationsfähigkeit der Messwerte hinsichtlich biologischer Wirksamkeit bei unterschiedlichen Pflanzenmorphologien.

Literatur

- [1] Entrop, A.-P.; Ralfs, J.-P. (2007): Möglichkeiten und Grenzen der thermischen Unkraut- und Ausläuferregulierung in Erdbeeren 2005/06. Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes 62(8), S. 281-287
- [2] Merz, F.; Lehneis, T. (2010): Pflanzenschutz auf Wegen und Plätzen. Landinfo 1, S. 34-40
- [3] Verschwele, A. (2008): Unkräuter auf Wegen und Plätzen. <http://www.jki.bund.de/de/startseite/institute/pflanzenschutz-ackerbau-und-gruenland.html> unter Flyer, Zugriff am 5.5.2014
- [4] Dierauer, H. (2000): Abflammen. Merkblatt. Forschungsinstitut für biologischen Landbau. <http://orgprints.org/00003409>, Zugriff am 2.4.2014
- [5] Bohne, B.; Hensel, O.; Edler von der Planitz, B. (2011): Thermische Unkrautregulierung: Praxistaugliche Bestimmung der Wirkung. Landtechnik 66(5), S. 363-365
- [6] Bohne, B.; Hensel, O. (2012): Einsatz von Thermoplasten zur Steigerung der Effizienz bei der thermischen Unkrautregulierung. Landtechnik 67(6), S. 441-444
- [7] Gude, J.M. (2012): Wirksamkeit der Unkrautbekämpfung mittels Laser in Abhängigkeit verschiedener biologischer und technisch-physikalischer Parameter. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Autor

Dipl.-Ing. Detlef Stieg ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz des Julius Kühn-Instituts, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, E-Mail: detlef.stieg@jki.bund.de