

## **LURUU – Lasereinsatz zur Unkrautregulierung bei resistenten Ungräsern und Unkräutern**

### *LURUU – Laser application for weed control of resistant weeds and grasses*

Hendrik Hillebrand\*, Lisa Köhler, Goßswinth Warnecke-Busch, Dirk Wolber

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt, Hannover

\*hendrik.hillebrand@lwk-niedersachsen.de

DOI: 10.5073/20220124-075927

### **Zusammenfassung**

Die zunehmende Ausbreitung von Herbizidresistenzen auf ackerbaulich genutzten Flächen stellt Landwirte vor akute Probleme bei der Unkrautbekämpfung. Aufgrund der durch die Resistenzentwicklung immer kleiner werdenden Palette an verfügbaren Wirkstoffen mit ausreichendem Wirkungsgrad ist es notwendig, alternative Bekämpfungsmethoden zu entwickeln und im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes anzuwenden. Der innovative Ansatz des Projektes „LURUU – Lasereinsatz zur Unkrautregulierung bei resistenten Ungräsern und Unkräutern“ basiert auf der thermischen Bekämpfung von resistenten Ungräsern mittels mobiler Lasertechnik. Der laserbasierte Ansatz ermöglicht die gezielte Behandlung von Einzelpflanzen, wodurch Auswirkungen auf die Umwelt und die Kulturpflanzen weitestgehend ausgeschlossen werden können. Somit bietet der Einsatz von Lasertechnik eine nachhaltige und zukunftsorientierte Alternative, um den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren und so der Resistenzentwicklung entgegenwirken zu können.

Ziel des Projektes ist es, die Unkrautbekämpfung mittels Lasertechnik auf ihre Praxistauglichkeit zu untersuchen. Dazu wird ein Laserbehandlungsgerät entwickelt, das in der Lage ist, Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) und Windhalm (*Apera spica-venti*) zuverlässig zu erkennen und mittels einer gezielten Laserapplikation effektiv und nachhaltig zu bekämpfen. Für die sichere Erkennung von Ungräsern und Kulturpflanze kommt eine Bilderkennungssoftware zum Einsatz, welche innerhalb des Projektes mit einer Vielzahl von selbsterstellten Fotoaufnahmen trainiert wird. Um die Praxistauglichkeit beurteilen zu können, soll die Laserbehandlung im Rahmen von Feldversuchen mit dem Einsatz von gängigen Herbiziden verglichen und anhand der gewonnenen Daten aus ackerbaulicher, technischer und wirtschaftlicher Perspektive bewertet werden.

**Stichwörter:** *Alopecurus myosuroides*, Alternative Unkrautbekämpfung, *Apera spica-venti*, Laser

### **Abstract**

The increasing development and spread of herbicide resistance on arable land leads to urgent weed control problems for farmers. Due to the decreasing range of available herbicides with sufficient efficacy caused by the development of resistance, it is necessary to develop and apply alternative weed control methods. The innovative approach of the project „LURUU – Laser application for weed control of resistant weeds and grasses“ is based on the thermal control of resistant grass weeds using mobile laser technology. The laser-based approach allows the selective treatment of single plants so that effects on the environment and crop plants can be largely excluded. Thus, the use of laser technology is a sustainable and future-oriented alternative to reduce the use of chemical pesticides and therefore prevents the development of resistance. The aim of this project is to investigate the practicality of weed control using laser technology. For this purpose, a mobile laser treatment device is being developed which can reliably identify black-grass (*Alopecurus myosuroides*) and common windgrass (*Apera spica-venti*) and control them effectively and sustainably with selective laser application. To ensure a reliable identification of weeds and crop plants, an image recognition software is used which will be trained with the help of an image database created in this

30. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 22. – 24. Februar 2022 online project. In order to assess its practicality, field trials will be carried out in which the laser treatment will be compared with the use of common herbicides. The obtained data will be evaluated from an agronomic, technical and economic perspective.

**Keywords:** *Alopecurus myosuroides*, alternative weed control, *Apera spica-venti*, Laser

## Einleitung

Die zunehmende Entwicklung und Ausbreitung von Herbizidresistenzen in Ungräsern wie *Alopecurus myosuroides* (Ackerfuchsschwanz) und *Apera spica-venti* (Gemeiner Windhalm) auf ackerbaulich genutzten Flächen stellt Landwirte vor akute Probleme bei der Unkrautbekämpfung. Die Entstehung dieser Resistenzen wird vor allem durch den immer wiederkehrenden Einsatz von Herbiziden mit demselben Wirkmechanismus ausgelöst. Zusätzlich führen acker- und pflanzenbauliche Faktoren, wie einseitige Fruchtfolgen, der Verzicht auf eine wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug und frühere Aussattermine von Wintergetreide zu einem hohen Ungrasaufkommen (BALGHEIM, 2006). In Resistenzversuchen des Pflanzenschutzamtes der LWK Niedersachsen mit Samenproben von *Apera spica-venti* wurden in den Jahren 2007 bis 2018 auf fast zwei Drittel der untersuchten Standorte Resistenzen gegenüber der Wirkstoffgruppe der ALS-Hemmer festgestellt (WOLBER et al., 2020a). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei *Alopecurus myosuroides*. Auch hier wurden in Biotests zum Teil starke Resistenzen gegenüber mehreren Herbiziden aus der Gruppe der ALS-Hemmer nachgewiesen (WOLBER et al., 2020b). Ebenso weisen die Untersuchungen sowohl bei Windhalm als auch bei Ackerfuchsschwanz auf eine hohe Resistenzgefährdung bei den Photosynthesehemmern und ACCase-Hemmern hin. Aufgrund der durch die Resistenzentwicklung immer kleiner werdenden Palette an verfügbaren Wirkstoffen mit ausreichendem Wirkungsgrad ist es notwendig, das aktuelle Unkrautmanagement zu überdenken und der Entstehung und Ausbreitung von neuen Resistenzen entgegenzuwirken. Neben einem konsequenten Wirkstoffwechsel sowie acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen, wie die Erweiterung von Fruchtfolgen, spätere Aussattermine oder ein zeitiger Pflugeinsatz, ist die Entwicklung und Erforschung von alternativen Unkrautbekämpfungsmethoden ein wichtiger Baustein für einen nachhaltigen und zukunftsorientierten Ackerbau. Hier setzt das Projekt „LURUU – Lasereinsatz zur Unkrautregulierung bei resistenten Ungräsern und Unkräutern“ an, welches mit der Nutzung von mobiler Lasertechnologie einen innovativen Ansatz bei der Bekämpfung von resistenten Ungräsern wie Ackerfuchsschwanz und Windhalm verfolgt.

## Das Projekt LURUU

Das Projekt „LURUU – Lasereinsatz zur Unkrautregulierung bei resistenten Ungräsern und Unkräutern“ ist ein von der Europäischen Union aus dem Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) gefördertes Forschungsvorhaben. Ziel des Projektes ist es, die Unkrautbekämpfung mittels Lasertechnik in die Praxis zu bringen. Hierzu entwickelt das Laser Zentrum Hannover e.V. in Zusammenarbeit mit dem Netzwerk Ackerbau Niedersachsen e.V. (NAN), dem Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (PSA) und zwei Landwirten aus der Region Hannover ein mobiles Laserbehandlungsgerät, das mit Hilfe einer Kamera und einer Bilderkennungssoftware in der Lage ist, Ackerfuchsschwanz und Windhalm zuverlässig zu erkennen und mittels einer gezielten Laserapplikation effektiv und nachhaltig zu bekämpfen.

Die Wirksamkeit der gezielten Laserbestrahlung von Unkräutern und Ungräsern basiert auf einer thermischen Schädigung des bestrahlten Gewebes, wobei die Letalität der Behandlung maßgeblich von der Bestrahlungsintensität, dem Applikationsort sowie dem Entwicklungsstadium der Pflanze bestimmt wird (MARX et al., 2012a). Während bei dikotylen Unkräutern eine gezielte Bestrahlung des Apikalmeristems in frühen Wachstumsstadien am effektivsten ist, ist bei Gräsern aufgrund des schwer zu lokalisierenden Wuchszentrums eine Bestrahlung der Sprossbasis knapp oberhalb des Bodens am sinnvollsten. Die

Auswertung von relevanter Literatur (MATHIASSEN et al., 2006; WÖLTJEN et al., 2008; MARX et al., 2012a; MARX et al., 2012b; KAERLE et al., 2013; COLEMAN et al., 2021) sowie die bisher im Projekt LURUU gesammelten Erfahrungen bei der Bestrahlung von Ackerfuchsschwanz zeigen, dass eine Behandlung in frühen Wuchsstadien (BBCH 10-12) am wirkungsvollsten ist und in diesen Entwicklungsstadien eine Bestrahlungsenergie von 5-20 J pro Pflanze für eine letale Schädigung ausreichend ist. Um diesen Energieeintrag zu erreichen, muss die Pflanze bei einer Laserleistung von 500 W für 10-40 ms bestrahlt werden. In Abb. 1 ist ein exemplarisches Beispiel für die typische Schädigung durch eine Laserbestrahlung dargestellt. Der große Vorteil der gezielten Behandlung von Einzelpflanzen ist, dass sich die Wirkung des Lasers auf den Zielorganismus beschränkt und negative Auswirkungen auf den Boden und die Kulturpflanzen weitestgehend ausgeschlossen sind. Somit bietet der laserbasierte Ansatz eine nachhaltige und zukunftsorientierte Alternative, welche im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes dabei helfen kann, den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren und so der Resistenzentwicklung entgegenzuwirken.



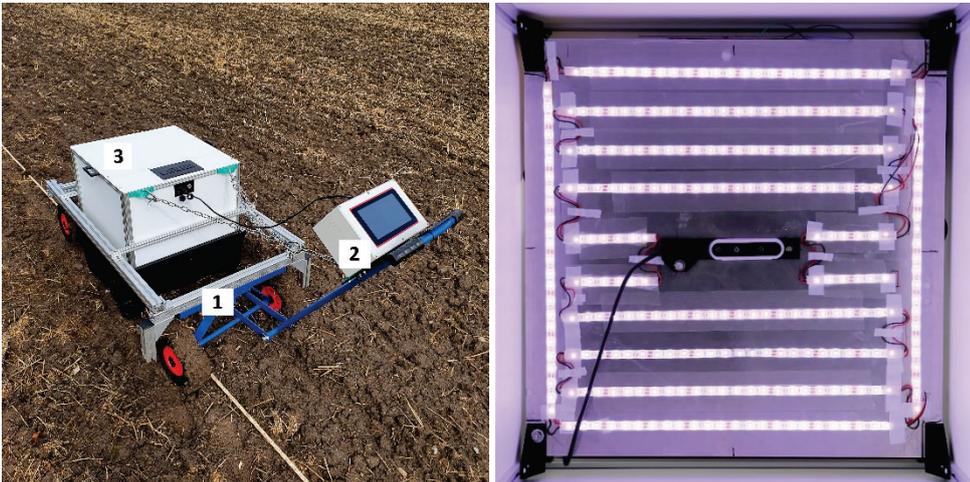
**Abbildung 1** Effekt einer Laserbehandlung auf Ackerfuchsschwanz im Stadium BBCH 12. Die Versuchspflanze wurde an der Sprossbasis knapp oberhalb des Substrats mit einem Diodenlaser ( $\lambda=450$  nm) bestrahlt. Links: kurz vor der Bestrahlung. Mitte: direkt nach der Bestrahlung ist der Spross abgeknickt und liegt auf dem Substrat. Rechts: 7 Tage nach der Bestrahlung ist die Versuchspflanze abgestorben.

**Figure 1** Effect of a laser treatment on blackgrass in stage BBCH 12. The test plant was irradiated with a diode laser ( $\lambda = 450$  nm) at the base of the shoot just above the substrate. Left: shortly before the irradiation. Middle: immediately after the irradiation, the shoot is kinked and lies on the substrate. Right: 7 days after the irradiation, the test plant is dead.

Grundlage für den erfolgreichen Lasereinsatz in der Unkrautbekämpfung ist die zuverlässige Erkennung von Unkräutern einerseits und Kulturpflanze andererseits. Dies soll im Projekt LURUU durch eine automatische Pflanzenerkennung realisiert werden. Hierbei wird die zu behandelnde Fläche von einer 3D-Kamera abgescannt und die Bilddaten werden anschließend in Echtzeit von einer Objekterkennungssoftware verarbeitet. Wird ein Unkraut erkannt, gibt ein im Laserbehandlungsgerät integrierter Computer die Koordinaten an den Laser weiter, welcher dieses daraufhin gezielt abschießt. Das eine automatische Erkennung von Unkräutern möglich ist, wurde am Beispiel von dikotylen Pflanzen bereits vielfach gezeigt (RATH & PASTRANA, 2012; PASTRANA & RATH, 2013; XIONG et al., 2017; LI & TANG, 2018). Die besondere Herausforderung für die automatische Pflanzenerkennung im LURUU-Projekt ist die sichere Identifizierung von Ungräsern in Getreidekulturen, da sich diese, insbesondere in frühen Wuchsstadien, nur schwer von der Kulturpflanze unterscheiden lassen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine mobile Fotobox (Abb. 2) entwickelt, mit welcher eine Vielzahl an Fotos von Ackerfuchsschwanz und Windhalm in verschiedenen Entwicklungsstadien unter realen Bedingungen aufgenommen wird. Mit Hilfe dieser Bilddatenbank wird die Objekterkennungssoftware trainiert, um eine bestmögliche Erkennung zu gewährleisten.

Das mobile Laserbehandlungsgerät (LaserWeeder) befindet sich derzeit in der Entwicklung. Anhand eines ersten Prototyps (Abb. 3) wurden die Ansprüche, die sich durch den Einsatz unter praxisnahen Bedingungen ergeben, evaluiert und der Aufbau des finalen LaserWeeders wurde spezifiziert. Nach Fertigstellung wird

der laserbasierte Ansatz in Feldversuchen auf seine Praxistauglichkeit untersucht. Diese werden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen mit hohem Ackerfuchsschwanz- und Windhalmbesatz durchgeführt. Hierbei sollen vorerst drei Behandlungsstrategien miteinander verglichen werden. Neben einer Versuchsvariante mit einer in der Praxis üblichen Herbizidstrategie und einer Variante mit ausschließlichem Lasereinsatz wird in der dritten Versuchsvariante der Einsatz von Herbiziden mit der Laserbehandlung kombiniert. Die aus den Feldversuchen gewonnenen Daten werden im Anschluss herangezogen, um die Praxistauglichkeit des Lasereinsatzes zur Unkrautregulierung zu beurteilen und sowohl aus ackerbaulicher als auch aus technischer und wirtschaftlicher Perspektive zu bewerten.



**Abbildung 2** Mobile Fotobox mit dessen Hilfe eine Bilddatenbank zur automatischen Pflanzenerkennung aufgebaut wird. Links: Aufbau aus Fahrgestell (1), Bedieneinheit (2) und der vor äußerer Lichteinstrahlung abgeschirmten Fotobox (3). Rechts: Inneres der Fotobox mit LED-Leisten und 3D-Kamera.

*Figure 2* Mobile photo box used to create the image database for automatic plant recognition. Left: Structure consisting of the chassis (1), control unit (2) and the photo box shielded from external light (3). Right: Inside of the photo box with LED strips and 3D camera.



**Abbildung 3** Erster Prototyp des Laserbehandlungsgeräts. Links: Trägerfahrzeug (1) mit Steuereinheit für den Laserapplikator (2) und Steuerungselektronik (3). Rechts: Laserapplikator mit Kamera (A) und auf einem Achssystem montiertes Lasermodul (B).

*Figure 3* First prototype of the laser treatment device. Left: Carrier vehicle (1) with control unit for the laser applicator (2) and control electronics (3). Right: Laser applicator with camera (A) and laser module (B) mounted on an axis system.

## Danksagung

Dieses Forschungsprojekt wird im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft „Produktivität und Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft“ (EIP Agri) aus Mitteln des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) gefördert.



## Literatur

- BALGHEIM, R., 2006: Herbizidresistenz vermeiden, Wirkstoffe erhalten – eine Gemeinschaftsaufgabe von Beratung, Forschung und Praxis am Beispiel des Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.). Journal of Plant Diseases and Protection, Sonderheft **XX**, 49–56.
- COLEMAN, G., C. BETTERS, C. SQUIRES, S. LEON-SAVAL, M. WALSH, 2021: Low Energy Laser Treatments Control Annual Ryegrass (*Lolium rigidum*). Frontiers in Agronomy **2**, 601542.
- KAIERLE, S., C. MARX, T. RATH, M. HUSTEDT, 2013: Find and Irradiate – Lasers used for Weed Control: Chemical free elimination of unwanted plants. Laser Technik Journal **3**, 44–47.
- LI, J., L. TANG, 2018: Crop recognition under weedy conditions based on 3D imaging for robotic weed control. Journal of Field Robotics **35**, 596–611.
- MARX, C., S. BARCIKOWSKI, M. HUSTEDT, H. HAFERKAMP, T. RATH, 2012a: Design and application of a weed damage model for laser-based weed control. Biosystems Engineering **113**, 148–157.
- MARX, C., J.C. PASTRANA PÉREZ, M. HUSTEDT, S. BARCIKOWSKI, H. HAFERKAMP, T. RATH, 2012b: Untersuchungen zur Absorption und Applikation von Laserstrahlung zur Unkrautbekämpfung. Landtechnik **67** (2), 95–101.
- MATHIASSEN, S.K., T. BAK, S. CHRISTENSEN, P. KUDSK, 2006: The Effect of Laser Treatment as a Weed Control Method. Biosystems Engineering **95** (4), 497–505.
- PASTRANA, J.C., T. RATH, 2013: Novel image processing approach for solving the overlapping problem in agriculture. Biosystems Engineering **115**, 106–115.
- RATH, T., J. PASTRANA, 2012: Mensch vs Computer: Bildverarbeitung zur Erkennung überlappender Pflanzen. Landtechnik **67** (3), 172–178.
- WOLBER, D.M., G. WARNECKE-BUSCH, L. KÖHLER, 2020a: Resistenzentwicklung bei *Apera spica-venti* in Niedersachsen. Julius-Kühn-Archiv **464**, 371–377.
- WOLBER, D.M., G. WARNECKE-BUSCH, L. KÖHLER, 2020b: Resistenzsituation von *Alopecurus myosuroides* in Niedersachsen. Julius-Kühn-Archiv **464**, 378–386.
- WÖLTJEN, C., H. HAFERKAMP, T. RATH, D. HERZOG, 2008: Plant growth depression by selective irradiation of the meristem with CO<sub>2</sub> and diode lasers. Biosystems Engineering **101**, 316–324.
- XIONG, Y., Y. GE, Y. LIANG, S. BLACKMORE, 2017: Development of a prototype robot and fast path-planning algorithm for static laser weeding. Computers and Electronics in Agriculture **142**, 494–503.