

## Automatisierte mechanische Unkrautregulierung

Sebastian Heuser<sup>1</sup>, Markus Demmel<sup>1</sup>, Johanna Pfeiffer<sup>1</sup> und Markus Gandorfer<sup>1</sup>

**Abstract:** Eine effiziente Unkrautregulierung ist ein wesentlicher betrieblicher Erfolgsfaktor. Übliche physikalische Verfahren sind Abflammen (thermisch) und Striegeln oder Hacken (mechanisch). Auf konventionelle Ackerbaubetriebe wirken gesetzliche Rahmenbedingungen, Konsumentenmeinung und Resistenzmanagement ein. Deshalb betrachten auch sie Reihenkulturen wieder vermehrt als „Hackfrüchte“ und wenden verstärkt mechanische Regulierungsmaßnahmen an. Im ökologischen Anbau befinden sich verschiedene schlagkräftige Technologien im Praxiseinsatz. Diese werden mittlerweile mit modernster digitaler Technik ausgerüstet. Weiterhin gewinnt die Robotik zunehmend an Bedeutung. Automatisierte mechanische Unkrautregulierung hat ökologische (reduzierter Herbizideinsatz) wie auch arbeitswirtschaftliche (Fahrerentlastung) Vorteile. Aufgrund des teilweise hohen Investitionsbedarfs sind diese Technologien aktuell vor allem dort interessant, wo aufwendige Handarbeit ersetzt werden kann. Langfristig kann sich an manchen Standorten die Situation einstellen, dass aufgrund von Resistenzproblemen, eingeschränkter Wirkstoffverfügbarkeit und gesellschaftspolitischen Rahmenbedingungen eine automatisierte mechanische Unkrautregulierung als Standardverfahren herausstellt.

**Keywords:** Digitale Hacktechnik, Precision Farming, Robotik, Nachhaltigkeit

### 1 Einleitung

In der jüngeren Vergangenheit gewinnt die mechanische Unkrautregulierung aufgrund verschiedener Entwicklungen an Bedeutung. So wächst seit Jahren der Markt für Bioprodukte in Deutschland. Im ökologischen Landbau werden aber keine synthetischen Herbizide zur Unkrautregulierung eingesetzt. Übliche physikalische Verfahren sind Abflammen (thermisch) sowie Striegeln oder Hacken (mechanisch). Diese meist arbeitsintensiven Verfahren belasten die Wirtschaftlichkeit vieler Kulturen. Die Einführung des Mindestlohns führt zusätzlich zu einer Verschärfung der Situation. Auch konventionelle Ackerbaubetriebe betrachten Reihenkulturen wieder vermehrt als „Hackfrüchte“ und wenden verstärkt mechanische Regulierungsmaßnahmen an. Hervorgerufen werden diese Entwicklungen durch häufiger auftretende Resistenzbildungen bei Unkräutern gegen bestimmte Wirkstoffe in Herbiziden und höhere gesetzliche Auflagen beim Pflanzenschutzmitteleinsatz. Zudem steigt der gesellschaftliche Druck, da Konsumenten einen geringeren Pflanzenschutzmitteleinsatz fordern.

---

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising, sebastian.heuser@lfl.bayern.de, markus.demmel@lfl.bayern.de, johanna.pfeiffer@lfl.bayern.de, markus.gandorfer@lfl.bayern.de

## 2 Zielstellung und Methodik

Ziel dieses Beitrags ist eine Systematisierung und erste Bewertung von Innovationen im Bereich automatisierte mechanische Unkrautregulierung. Diese werden hinsichtlich ihrer ökonomischen (z.B. Wirtschaftlichkeit), arbeitswirtschaftlichen (z.B. Entlastung des Fahrers) und ökologischen Effekte (z.B. reduzierter Herbizideinsatz) diskutiert. Grundlage für die Bewertung sind die im Rahmen einer Marktanalyse erhobenen Informationen sowie wissenschaftliche Studien.

## 3 Ergebnisse

**Systematik:** Die zu bewertenden Innovationen können in konventionelle Hackgeräte mit automatischer Reihenführung, in automatische Hackgeräte (zwischen und innerhalb der Reihen) und Feldroboter (autonome Hacktechnik) gegliedert werden. Für konventionelle Hackgeräte mit automatischer Reihenführung und automatische Hackgeräte gibt es mittlerweile eine größere Anzahl an Anbietern (Abb. 1). Im Bereich Feldroboter ist dies nicht der Fall.

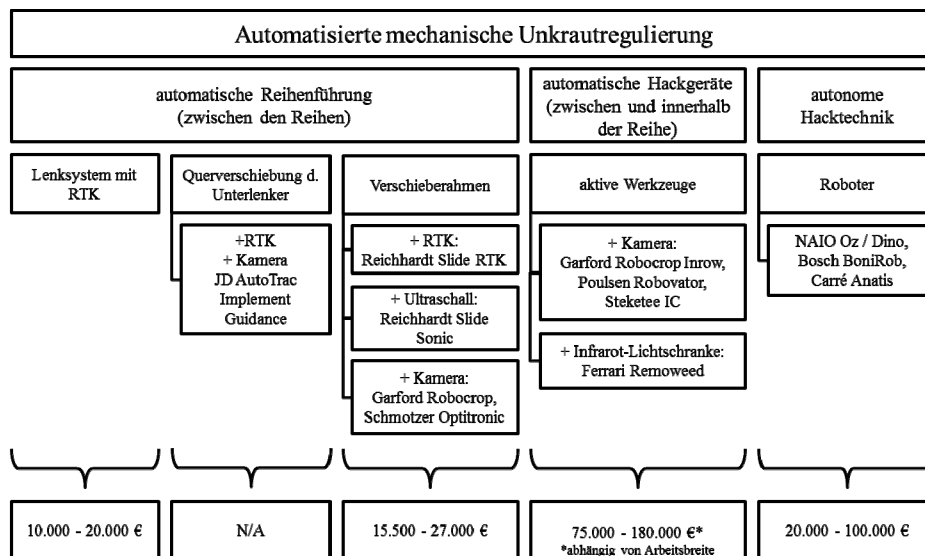


Abb. 1: Systematisierung von verfügbaren Technologien sowie Prototypen zur automatisierten mechanischen Unkrautregulierung

Die einfachste Möglichkeit der automatischen Reihenführung ist ein Lenksystem. Dabei fährt der Traktor bei der Pflanzung mit den gespeicherten Fahrlinien vom Säen. Hierfür kön-

nen alle gängigen Systeme mit RTK-Genauigkeit eingesetzt werden. Die nächste Automatisierungsstufe ist ein Verschieberahmen mit RTK-Empfänger. Dieser verschiebt das Hackgerät in seiner Position zum Traktor und führt es präzise zwischen den Pflanzenreihen. Entscheidend sind hier Wiederholbarkeit der Fahrlinien und sicherer Empfang des Korrektursignals. Auch ein Ultraschallsensor kann durch Abtasten entlang der Pflanzenreihe den Verschieberahmen steuern. Die meisten Anbieter setzen Kameras zur Führung ein. Diese erkennen die Pflanzenreihen und steuern den Verschieberahmen, bei Arbeitsgeschwindigkeiten bis zu 15 km/h. Automatische Hackgeräte arbeiten mit Kameras und aktivem Licht oder Lichtschranke, um jede Einzelpflanze zu erkennen und von Unkräutern zu unterscheiden, bei 2-4 km/h. Ultraschall und Kameras bzw. Lichtschranken benötigen Kulturpflanzen, die sich klar von Unkräutern unterscheiden. Feldroboter nutzen unterschiedliche Sensoren und auch Satellitennavigation zur Reihenführung. Automatische und autonome Hacktechnik können auf Grund ihrer Abmessungen nur in bestimmten Reihenweiten eingesetzt werden. Hacktechnik mit automatischer Reihenführung ist bei unterschiedlichen Reihenabständen einsetzbar.

**Ökonomische Effekte:** Wie in Abb. 1 dargestellt weist der Investitionsbedarf für Technologien zur automatisierten mechanischen Unkrautregulierung eine sehr große Spanne auf. Automatische Hacktechnik ist mit bis zu 180.000 € Investitionsbedarf sehr kapitalintensiv. Die höchsten ökonomischen Vorteile sind für diese Technologien demnach dort zu erwarten, wo aufwendige und damit kostenintensive Handarbeit substituiert werden kann. Dies ist insbesondere im ökologischen Landbau der Fall (vgl. Tab. 1).

	Akh/ha	Σ €/ha	KEA MJ/ha
<b>Karotten ökologisch</b>	<b>218,1</b>	<b>2740</b>	<b>13639</b>
2x Abflammen	3,2	230	8270
3x mechanisch Hacken	5,5	188	1370
2x Häufeln	2,9	107	873
4x Handjäte	206,6	2215	3126
<b>Karotten konventionell</b>	<b>0,7</b>	<b>122</b>	<b>945</b>
3x Herbizidanwendung	0,7	122	945
<b>Zuckerrüben ökologisch</b>	<b>146,1</b>	<b>1511</b>	<b>807</b>
3x mechanisch Hacken	2,0	89	747
2x Handhacke	144,1	1422	60
<b>Zuckerrüben konventionell</b>	<b>0,4</b>	<b>326</b>	<b>2426</b>
2x Herbizidanwendung	0,4	326	2426

Tab. 1: Arbeitszeit, Kosten und Energieaufwand des Unkrautmanagements, Quelle [KT17]

Im Fall der Robotik ist hervorzuheben, dass die Systeme eine gewisse Skalierbarkeit aufweisen und damit unabhängig von der Betriebsgröße einsetzbar sind. Somit sind solche Systeme langfristig auch in kleinstrukturierten Agrarregionen wirtschaftlich darstellbar. Die wenigen verfügbaren ökonomischen Studien zeigen ein gewisses wirtschaftliches Potenzial [Gc17] [Ps06].

**Ökologische Effekte:** Die erwarteten ökologischen Effekte durch automatisierte mechanische Unkrautregulierung sind wesentlich durch das Referenzsystem determiniert. Ist das

Referenzsystem ein konventionelles Anbausystem, so ist an dieser Stelle im Wesentlichen die Reduzierung bzw. der Verzicht von Herbiziden zu nennen. Im ökologischen Anbau sind insbesondere positive ökologische Effekte zu erzielen, wenn energieintensive thermische Verfahren ersetzt werden können (vgl. Tab. 1).

**Arbeitswirtschaftliche Effekte:** Vorteile ergeben sich im Wesentlichen durch die Entlastung des Fahrers. Dieser muss sich nicht auf das genaue Fahren zwischen den Reihen konzentrieren, sondern kann die Maschineneinstellung kontrollieren und steuern. Speziell zum Thema Fahrerentlastung und automatisierte Hacktechnik sind derzeit keine empirischen Studien verfügbar, Forschungsergebnisse zur Fahrerentlastung durch Lenksysteme sollten jedoch übertragbar sein. Hier zeigt sich die Fahrerentlastung beispielsweise durch eine geringere Herzfrequenz beim Einsatz von Lenksystemen [Hm13]. Befragungen zeigen weiterhin, dass die Fahrerentlastung als wesentlicher Vorteil von Lenksystemen gesehen wird [SG12] [SSS09]. Schließlich wird davon ausgegangen, dass mechanische Verfahren eine größere gesellschaftliche Akzeptanz als die chemische Unkrautregulierung genießen.

## 4 Fazit

Verfahren der automatisierten mechanischen Unkrautregulierung werden bereits aufgrund ihrer ökonomischen, ökologischen sowie arbeitswirtschaftlichen Vorteile erfolgreich in der Praxis eingesetzt. Ausgehend vom ökologischen Landbau überträgt sich diese Dynamik aktuell auch auf den konventionellen Landbau. Diese Entwicklung wird durch eine hohe Innovationsrate getrieben.

### Literaturverzeichnis

- [Gc17] Gaus, C. et al.: Economics of mechanical weeding by a swarm of small field robots. 57. Gewisola Tagung. München, 13.-15.09.2017. <https://ageconsearch.umn.edu/-record/262169?ln=en>, Stand: 22.11.2017.
- [Hm13] Holpp, M. et al.: Work Economic and Ergonomic Effects of GNSS Guidance Systems. EFITA-WCCA-CIGR Conference Sustainable Agriculture through ICT Innovation, Turin, Italy, 24-27 June 2013.
- [KT17] KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, <http://daten.ktbl.de/dslkrpflanze/postHv.html?jsessionid=FD195FB287EDC5B0B55953DD8DD07E7E>, Stand: 08.11.2017.
- [Ps06] Pedersen, S.M. et al.: Agricultural robots - system analysis and economic feasibility. *Precision Agriculture* (2006) 7, S. 295–308
- [SG12] Schöfbeck, J., Gandorfer, M.: Lenksysteme. Hohe Zufriedenheit. *Neue Landwirtschaft*, 6/2012, S. 50-52.
- [SSS09] Schulten-Baumer, F., Schmittmann, O., Schulze Lammers, P.: Parallelfahrssysteme — Akzeptanz und Nutzen. *Landtechnik* Bd. 64, Nr. 1 (2009)