



Feldroboter sind noch selten. Und selbstständig jäten können sie immer noch nicht. Die Serienreife dürfte aber bald erreicht werden. An der HAFL plant man heute schon den nächsten Schritt: Feldroboter, die Unkraut mit Flammen, Laser oder Strom zerstören.

text **BEAT SCHMID** / bild **ZVG**

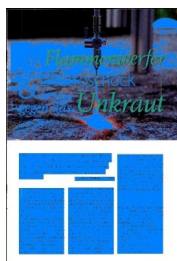
**F**eldroboter werden vor allem zur Unkrautbekämpfung eingesetzt. Landauf, landab wurden 2018 chemisch oder mechanisch wirkende Systeme im Feldeinsatz vorgestellt («die grüne» berichtete aus-

fürlich, beispielsweise im August-Heft 2018).

Dabei fahren Real Time Kynematic-Systeme (RTK) oder mit Kameras gesteuerte Geräte autonom zwischen Kultur-Reihen. Diese Feldroboter hacken

mit Zinken und Messern Unkraut. Oder sie bekämpfen Unkraut mit einem gezielten Chemie-Stoss. Der ecoRobotix besprüht zum Beispiel die Unkrautpflanzen punktuell mit Düsen an einem beweglichen Gestänge. Das braucht weniger Spritzmittel als bei einer ganzflächigen Behandlung.

Weil Feldroboter einzelne Pflanzen erkennen, müssen sie nur dort hacken oder Wirkstoffe einsetzen, wo es notwendig ist. Das erhöht die Genauigkeit gegenüber der heutigen Landwirtschaft noch einmal deutlich. In Zukunft



dürfte dies in der Unkrautbekämpfung als Standard gelten. Nebst Unkräutern werden auch Kulturpflanzen erkannt. Ein Roboter kann ein grosses Feld so pflegen, wie man es im Hausgarten von Hand tut.

Auf diesen Roboter-Fähigkeiten basieren die Forschungen der HAFL – schon für die übernächste Roboter-Generation. Weil Zielobjekte wie Unkräuter genau getroffen werden, können andere Verfahren als Hacken oder Chemie für die Bekämpfung eingesetzt werden. Zum Beispiel mit einer bis zu 3000 Grad heissen Flamme oder durch Bestromung. Ohne Chemie, dafür mit höherem Energieaufwand. Der Aufwand lohnt sich dennoch, weil der Einsatz nur punktuell und nicht ganzflächig erfolgt.

### Sieben verschiedene Techniken wurden getestet – vom Abflammen bis zum Laser

Bernhard Streit und Martin Bauer von der HAFL erprobten 2018 neue Unkraut-Zerstörungstechniken. Die mechanische und chemische Pflanzenzerstörung wurde ersetzt durch:

- Lokales Abflammen mit einer 3000 Grad heissen Knallgas-Flamme
- Lokales Erhitzen durch Strom
- Hochfrequenz-Erwärmung
- Laser
- Konzentriertes Sonnenlicht
- Druckluft
- Mechanisches Ausreissen

Diese Techniken wurden vorerst ohne Roboter getestet, also von Hand ausgeführt. Die Wirkungsweise stand im Vordergrund. Die vielversprechendsten Verfahren sollen künftig auf einem Roboterträger-Fahrzeug autonom zum Einsatz kommen.

Da die Wirkung nur punktuell und nicht ganzflächig erfolgt, reduziert sich der Aufwand. Trotzdem wurde bei allen Verfahren darauf geachtet, dass der Energieaufwand mit möglichst geringen Verlusten wirksam wird. In der Tabelle sind die Eigenschaften der Verfahren aufgelistet.

Warum forscht die HAFL schon an der nächsten Generation, bevor sich die Feldroboter überhaupt etabliert haben? «Die Roboter brauchen eine hohe Auslastung, damit sie kostengünstig eingesetzt werden können», erklärt Bernhard Streit. Diese mögliche Auslastung ist bei den erprobten Methoden sehr unterschiedlich.

### Die Feldroboter verursachen im Gegensatz zu Traktoren kaum Bodenverdichtungen

Spritzen und Hacken sind nicht bei jeder Witterung möglich. Abflammen oder Bestromen ist dagegen weniger wetterabhängig. Der Roboter kann an zusätzlichen Tagen eingesetzt werden. Nasser Boden oder leichter Regen setzen kaum Grenzen, da Feldroboter im Gegensatz zu Traktoren Leichtgewichte sind und kaum Bodenverdichtungen verursachen.

«Von den neuen Technologien wird keine absolut unkrautfreie Oberfläche erwartet. Harmlose Unkräuter, die nicht zu einem Risiko werden, soll der Roboter auslassen. Auch hier geht es um die Effizienz.» Der Roboter lässt aber Unkraut nur


dann stehen, wenn es in den folgenden Tagen sowieso unterdrückt wird und sich nicht mehr weiter entwickeln kann.

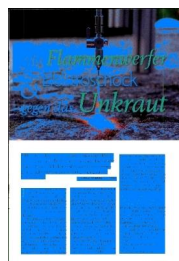
Von Feldrobotern wird eine Flächenleistung von 5 Stunden pro Hektare erwartet. Da spielt es eine grosse Rolle, wenn nicht jedes Unkraut angepeilt werden muss. Dadurch kann die Flächenleistung gezielt erhöht werden. Wurzel-Unkräuter wie Blacken oder Disteln werden natürlich nicht stehen gelassen.

In der aktuellen Forschung müssen derzeit verschiedene Lösungen gefunden werden:

- Mit welchen Verfahren können Unkräuter effizient vernichtet werden?
- Auf welchen Fahrzeugen/Robotern können die Werkzeuge dieser Verfahren eingesetzt werden?
- Wie können die Systeme Unkräuter von anderen Pflanzen unterscheiden?
- Zu welchem Zeitpunkt sollen welche Unkräuter bekämpft werden? Und welche Unkräuter können stehen gelassen werden, weil sie bald von der Kulturpflanze unterdrückt werden?

Hier müssen pflanzenbauliche Fragen mit technischen Möglichkeiten zusammengebracht werden. Pflanzenbauer können dank neuer technischer Systeme neue Verfahren zur Unkrautbekämpfung aushecken.

Beim aktuellen Entwicklungsstand werden die Technologien auf einfache Weise im Feld erprobt und von Hand gesteuert. Es fahren noch keine Roboter. Dies ändert sich, wenn die pflanzenbaulichen und robotertechnischen Bereiche verschmelzen. 

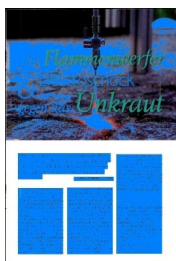


Prinzip	Technologie	Vorteile	Nachteile	Bemerkungen	Potenzial-bewertung
Elektro-thermisch	Laser	+ Sehr selektiv + Kontaktlos <sup>1</sup> + Keine Bodenbewegung <sup>2</sup>	- aufwändige Technik - bisher geringer Wirkungsgrad		Prüfenswert mit neuer Generation Diodenlaser
	Konzentriertes Sonnenlicht	+ Werkzeug bezieht keine Energie vom Bordnetz + Kontaktlos <sup>1</sup> + Keine Bodenbewegung <sup>2</sup>	- Wetterabhängig - Sehr langsam - Grosses Gerät	Viele Einschränkungen in der Anwendung	Niedrig
	Elektrische Kondensatorentladung	+ Gute Wirkung und Energieeffizienz bei Einzelpflanzenbehandlung	- Kontaktierung der Erde erforderlich - Auswirkung auf Bodenlebewesen unbekannt - Personenschutz erforderlich	Zerstörmechanismus bei Lichtbogenentladung ist noch nicht abschliessend verstanden	Hoch
	Hochfrequenz-erwärmung	+ Kontaktlos <sup>1</sup> + Keine Bodenbewegung <sup>2</sup> + Kein Staub-/Lärm-/Strahlungs-Emissionen	- Wirkung bisher nur theoretisch bekannt - Teure Versuchsgерäte erforderlich	Theoretisch ideales Werkzeug Zusätzliche Finanzierung erforderlich für Versuche	Hoch
Mechanisch	Ausreissen	+ Wertvolle Unkräuter können geerntet und weiterverwertet werden	- Bodenbewegung - Sehr aufwendige Werkzeugführung		Niedrig
	Wasser-/Luftstoss (Druckwelle)	+ Einfache Technik möglich + Kontaktlos (keine unvorhergesehene Werkzeugalterung)	- Bodenbewegung - Effektivität nicht bekannt - Energieverbrauch?		Prüfenswert
	Regelmässig mulchen	+ Keine Bodenbewegung <sup>2</sup> + Ständige Bodenbedeckung <sup>3</sup> + günstige Geräte	- Konkurrenz zu Kulturpflanze möglich - Technisch anspruchsvoll für in der Reihe	Konkurrenz in Abhängigkeit der Mulchfrequenz untersuchen	Prüfenswert
Pyro-technisch	Mini-Knallgas-explosion	+ Reduzierte Brandgefahr gegenüber offener Flamme	- Wirkung unbekannt		Unbekannt
	Konzentrierte Knallgasflamme/spot-flaming	+ Hoher Temperaturgradient (rasche Wärmeübertragung und gute Tiefenwirkung) + Gute Verfügbarkeit der Technologie + Kein Druckbehälter erforderlich bei Einsatz eines mobilen Elektrolysegeräts	- Brandschutzmassnahmen bei trockener Biomasse erforderlich	Kurzfristig verfügbar	Hoch, insbesondere aufgrund der kurzfristigen Verfügbarkeit

<sup>1</sup> Dadurch a) auch in dichter abgestorbener Gründüngung einsetzbar und b) keine unvorhersehbare Abnutzung/Beschädigung des Werkzeugs durch inhomogene Bodenbeschaffenheit.

<sup>2</sup> Bodenbewegung fördert die Keimung von neuen Unkräutern und kann Bodenerosion fördern.

<sup>3</sup> Unterdrückung von neuem Unkraut und Erosionsschutz.



## Bodenschonende Unkraut-Regulierung im Fokus von HAFL, FiBL, BLW und Agroscope

Seit 2013 beschäftigt sich man an HAFL intensiv mit der Entwicklung von Verfahren und Werkzeugen zur bodenschonenden Unkraut-Regulierung. Federführend ist dabei eine Gruppe um Bernhard Streit.

Was mit Verfahrens-Techniken für konservierende Anbausysteme begonnen hat, setzt sich nun in der Entwicklung von nicht chemischen kontaktlosen Werkzeugen zur Unkrautregulierung fort.

Lokales Abflammen oder lokales Erhitzen durch Strom sind einer Anwendung im Feld schon recht nahe.

Erste Prototypen werden 2020 erwartet. Andere Technologien wie Laser oder Hochfrequenz-Erwärmung erfordern einen deutlich höheren Entwicklungs- und Finanzierungsaufwand.

Ein Teil der Forschungsarbeit läuft unter der Leitung vom FiBL zusammen mit Partnern im BLW-finanzierten Projekt «Einsatz von Robotern zur effizienteren Unkrautregulierung». Das Projekt wird an der HAFL und bei Agroscope durchgeführt.

Weitere Untersuchungen werden mit Unterstützung der Fondation Sur-la-croix und BFH-intern finanziert.