

Nutzerreport

Autonome Feldrobotik – Einschätzungen und Anforderungen aus Sicht der Nutzer

im Rahmen des Experimentierfelds Agro-Nordwest



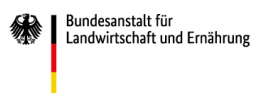
Foto: Agrotech Valley Forum e.V.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Nutzerreport

Autonome Feldrobotik – Einschätzungen und Anforderungen aus Sicht der Nutzer

im Rahmen des Experimentierfelds Agro-Nordwest

Förderkennzeichen: 28DE103F18

Autor*innen

Christine Henseling	c.henseling@izt.de
Kathrin Gegner	k.gegner@izt.de
Siegfried Behrendt	s.behrendt@izt.de

unter Mitwirkung von Johanna Grimm, Zoe Willim, Jakob Zwiers

10. Oktober 2022

IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung
www.izt.de

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund: Anwenderintegration für bedarfsgerechte Innovationsansätze im Experimentierfeld Agro-Nordwest	4
2	Vorgehensweise und Aufbau des Papiers	5
3	Autonome Feldroboter zur Unkrautregulierung	5
4	Der Use Case “Unkrautregulierung mit autonomer Feldrobotik“ im Experimentierfeld Agro-Nordwest	7
5	Einschätzungen und Anforderungen der Nutzer zur Unkrautregulierung mit autonomen Feldrobotern	8
	5.1 Vorteile und Chancen des Einsatzes von Feldrobotern	8
	5.2 Defizite und Hemmnisse	10
	5.3 Nutzeranforderungen an autonome Feldrobotik	10
	5.4 Einsatzbereiche für autonome Feldrobotik	13
6	Einschätzungen zur zukünftigen Verbreitung der Technologie	14
7	Fazit	16
8	Literatur	18

1 Hintergrund: Anwenderintegration für bedarfsgerechte Innovationsansätze im Experimentierfeld Agro-Nordwest

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) fördert mit 14 bundesweiten digitalen Experimentierfeldern die Digitalisierung in der Landwirtschaft. Die Projekte sollen dabei helfen, digitale Technologien im Pflanzenbau und in der Tierhaltung zu erforschen und deren Eignung für die Praxis zu überprüfen, so dass sie optimal zum Schutz der Umwelt, Steigerung des Tierwohls und der Biodiversität sowie zur Arbeitserleichterung eingesetzt werden können.

Im Rahmen des Experimentierfeldes „Agro-Nordwest“, an dem zahlreiche Forschungspartner und Betriebe entlang der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette beteiligt sind (www.agro-nordwest.de), führt das IZT Fokusgruppen und Interviews zur Anwenderintegration durch.

Bei der Einrichtung und Ausgestaltung des Experimentierfeldes Agro-Nordwest spielt die frühe Integration von Anwendern¹ zur bedarfsorientierten Entwicklung der betrachteten digitalen Technologien eine bedeutende Rolle. Die Verbreitung innovativer Lösungsansätze ist maßgeblich auf die aktive Integration von Nutzern und Kunden in den Innovationsprozess angewiesen. Dies liegt zum einen daran, dass sich innovative Nachhaltigkeitslösungen nur dann durchsetzen werden, wenn sie bedarfs- und nachfragegerecht sind. Die frühzeitige Einbeziehung der Praxisakteure reduziert das Risiko, dass Innovationsvorhaben scheitern und erhöht die Anschlussfähigkeit neuer Lösungen an bestehende Nutzungssysteme und Nutzungskulturen (Fichter 2005). Hierbei sind die schon vorhandenen oder sich im Aufbau befindlichen Praktiken in der Region zu berücksichtigen. Zum zweiten ermöglicht das Testen von Prototypen nutzungs- und verhaltensbedingte Potenziale für neue Lösungen in realitätsgetreuen Verwendungssituationen zu ermitteln und unbeabsichtigte Nebenfolgen zu identifizieren und zu vermeiden. Zum dritten schließlich kommt der Kooperation mit Anwendern eine zentrale Rolle bei der Markteinführung und der Diffusion nachhaltiger Lösungen zu. Die Einbeziehung von potenziellen Anwendern ermöglicht also nicht nur die Überprüfung der Akzeptanz und Anschlussfähigkeit, sondern auch die Überprüfung der Tragfähigkeit möglicher Geschäftsmodelle für Agrarbetriebe. Die digitalen Technologien müssen gut in den Betriebsablauf integriert werden können, um wirklich die Schwelle zur breiten Anwendbarkeit zu überwinden. Das bedingt eine genaue Abstimmung mit den Nutzern dieser Technologien.

Mit Blick darauf wurden zu den im Experimentierfeld Agro-Nordwest untersuchten Technologien und Applikationen Fokusgruppen sowie Nutzerinterviews durchgeführt, die darauf abzielen, Nutzerbedarfe zu ermitteln und bei der Entwicklung und Ausgestaltung der Anwendungsfälle zu berücksichtigen.

Der vorliegende Report beschäftigt sich mit **autonomen Feldrobotern für die Unkrautregulierung** und nimmt hierbei die Einschätzungen und Anforderungen der Landwirte und Lohnunternehmer als mögliche Nutzer dieser Technologie in den Blick.

Folgende Fragen stehen dabei im Mittelpunkt:

¹ Ein Hinweis vorab: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beiderlei Geschlecht.

- Welche Anforderungen haben Landwirte und Lohnunternehmer an die Nutzung von autonomen Feldrobotern zur Unkrautregulierung?
- Welche Vorteile sehen sie im Hinblick auf den Einsatz von autonomen Feldrobotern?
- Welche Nachteile bzw. Risiken sehen sie?
- Wie können vorhandene Defizite überwunden werden?

2 Vorgehensweise und Aufbau des Papiers

Um die Anforderungen und Bedarfe der Nutzer mit Blick auf die autonome Feldrobotik zu erheben, wurde eine Fokusgruppe mit Landwirten durchgeführt. Fokusgruppen sind eine qualitative Forschungsmethode, bei der Diskussionsgruppen anhand bestimmter Kriterien zusammengestellt und durch einen Informationsinput zur Diskussion über ein bestimmtes Thema angeregt werden. Die Ergebnisse der Diskussionen spiegeln nicht nur die Einzelmeinungen der Teilnehmer wider, sondern beziehen auch die Austausch- und Diskussionsprozesse der Teilnehmer untereinander mit ein und erhalten dadurch eine besondere synergetische Qualität. Kennzeichnend für Fokusgruppen sind eine vergleichsweise hohe Informationsdichte und Informationstiefe. Ergänzend dazu fanden Interviews mit Nutzern (Landwirte, Lohnunternehmer) sowie Experteninterviews mit Akteuren aus den Bereichen Landtechnikhersteller, Roboterhersteller und Wissenschaft statt. Innerhalb des Experimentierfeldes Agro-Nordwest wurden außerdem Einzel- und Gruppengespräche mit den am Use Case beteiligten Wissenschaftlern der Hochschule Osnabrück durchgeführt.

Die Fokusgruppe fand am 2. Juni 2021 als digitale Veranstaltung statt. Es nahmen sowohl Landwirte teil, die bereits Feldroboter zur Unkrautregulierung einsetzten als auch Landwirte, die noch keine Erfahrung mit der Technologie haben. Ziel war es, mit den Teilnehmern herauszuarbeiten, wie sie die Technologie aus Sicht der Praxis bewerten, welche Chancen und Potentiale sie in dieser Technologie sehen und welche Hemmnisse der Anwendung entgegenstehen. Zentrales Anliegen dieser und weiterer Fokusgruppen-Diskussionen im Forschungsprojekt Agro-Nordwest ist es, in die Forschung und Entwicklung neuer, digitaler Technologien in der Landwirtschaft die Anwenderperspektive mit einzubeziehen.

Im Folgenden soll zunächst eine Einleitung zu den Potenzialen und zum aktuellen Stand der autonomen Feldrobotik gegeben werden (Kapitel 3). In Kapitel 4 wird der Use Case „Unkrautregulierung mit autonomer Feldrobotik“, der im Experimentierfeld Agro-Nordwest bearbeitet wird, kurz vorgestellt. In Kapitel 5 werden die Einschätzungen und Anforderungen der Nutzer dargestellt, die aus der Fokusgruppe sowie den Interviews ermittelt werden konnten. In einem Fazit (Kapitel 6) werden die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst.

3 Autonome Feldroboter zur Unkrautregulierung

Bis dato erfolgt die Bekämpfung von Unkräutern in der konventionellen Landwirtschaft noch in hohem Maße durch den Einsatz von Herbiziden. Doch der chemische Pflanzenschutz gerät zunehmend unter Druck: Resistenzen, mögliche Einträge in Grundwasser und Umwelt, der Verlust der Biodiversität sowie eine kritische öffentliche Meinung erfordern die Suche nach Alternativen (Kopfinger/Vinzent 2021;

Heuser et.al. 2018). Glyphosat, das eines der am meisten verwendeten Herbizide ist, soll in Deutschland zum 31. Dezember 2023 verboten werden. Vor diesem Hintergrund gewinnt die mechanische Unkrautregulierung im Pflanzenbau wieder zunehmend an Bedeutung. Diese mechanischen Verfahren sind jedoch meist kostenintensiv und mit viel Handarbeit verbunden, was die Wirtschaftlichkeit der Kulturen senkt. Die Einführung hochautomatisierter autonomer Feldroboter kann hier Chancen bieten, um sowohl den Herbizideinsatz zu reduzieren als auch den Arbeitsaufwand und damit die Anbaukosten niedrig zu halten (Ruckelshausen 2019).

Ein zukünftiges Nutzungsszenario ist dabei folgendes: Feldroboter fahren selbstständig über das Feld. Mithilfe von Sensoren nehmen sie Informationen über den Pflanzenbestand auf, verarbeiten die gesammelten Daten in Echtzeit und können so Nutzpflanzen von Unkräutern unterscheiden. Die auf diese Weise lokalisierten Unkräuter werden daraufhin vom Roboter mechanisch beseitigt. Das selbstlernende System übernimmt die Steuerung der Prozesse und reagiert flexibel auf seine Umgebung. Möglich ist auch eine manuell geführte Kontrolle und Steuerung mit Hilfe einer App oder von einem Computer-Arbeitsplatz aus. Dabei sammelt der Roboter Daten der Pflanzen und Unkräuter und sendet sie an einen Remote Worker, der die Bilder begutachtet und entscheidet, welchen Prozess der Feldroboter einleiten soll. Die Kombination autonomer Roboterschwärme mit Optionen des Remote-Farming zur manuellen Steuerung begünstigt die Skalierbarkeit sowie Übertragbarkeit auf verschiedenste Pflanzenbausysteme. Auf diese Weise ließen sich chemische Pflanzenschutzmittel einsparen, Bodenverdichtung reduzieren und die Bewirtschaftung vielschichtiger Systeme vereinfachen.

Forschung und Entwicklung zeigen, dass die Feldrobotik in der Landwirtschaft das Potential hat, durch immer genauere Sensoren zur Pflanzenerkennung, Echtzeitverarbeitung von Daten durch Algorithmen und zunehmend sichere Aktorik eine effektive Unkrautregulierung zu ermöglichen. Hinzu kommt, dass sich die Entwicklung von Feldrobotern in den vergangenen Jahren beschleunigt hat, ihre Kontrollsysteme sich verbessert haben und ihre Preise gesunken sind. Derzeit befinden sich erste Prototypen und Produkte auf dem Markt. Von verschiedenen Autoren wird erwartet, dass die Technik die landwirtschaftliche Praxis in den nächsten Jahren erheblich verändern könnte (Ruckelshausen 2019). In optimistischen Prognosen wird davon ausgegangen, dass Feldroboter in wenigen Jahren in der landwirtschaftlichen Praxis weit verbreitet sind (Economist 2016). Auch die Landwirte selbst gehen davon aus, dass der Einsatz von Feldrobotern in den kommenden 10 Jahren erheblich zunehmen wird. In einer Befragung des Deutschen Bauernverbands in Kooperation mit Bitcom bei 500 landwirtschaftlichen Betrieben äußern 46% der Befragten die Erwartung, dass im Jahr 2030 standardmäßig autonome Feldroboter eingesetzt werden (Rohleder et al. 2020). Es gibt aber auch deutlich pessimistischere Einschätzungen, die auf die bereits 25-jährige Entwicklungsgeschichte der Feldrobotik verweisen, die sich durch eine zögerliche bzw. aktuell immer noch geringe Akzeptanz seitens der Landwirtschaftsbetriebe auszeichnet. Sie wird mit der dagegen sehr schnellen Akzeptanz des Smartphones in der Landwirtschaft kontrastiert. Mit Blick auf wahrscheinliche Ursachen der geringen Akzeptanz von Feldrobotern wird auf fehlende bzw. nicht ausreichende Nachweise des betrieblichen Nutzens für die Landwirtschaftsbetriebe verwiesen. Sie würden zu einer (weiterhin) überwiegend abwartenden Haltung der Landwirtschaftsbetriebe führen (Schneider 2017).

Bislang bewegt sich die autonome Feldrobotik zur Unkrautregulierung in einer Marktnische. In einer Online-Befragung bei Landwirten in Bayern wurde erhoben, welche digitalen Technologien in den Betrieben im Einsatz sind. Während Technologien wie digitale Ackerschlagkarteien, Farm-Management Informationssysteme, automatische Lenkhilfen sowie GPS-gesteuerte Teilbreitenschaltung bereits

einen relativ hohen Verbreitungsgrad erreicht haben, werden autonome Feldroboter nur von 1 % der Befragten eingesetzt (Gabriel/ Gandorfer 2021). Pioniere beim Einsatz autonomer Feldroboter sind spezialisierte Betriebe des Anbaus von Sonderkulturen (z.B. Gemüse- und Obstanbau) sowie ökologisch wirtschaftende Betriebe. Hier wird eine frühe Verbreitung der Feldrobotik erwartet.

4 Der Use Case “Unkrautregulierung mit autonomer Feldrobotik“ im Experimentierfeld Agro-Nordwest

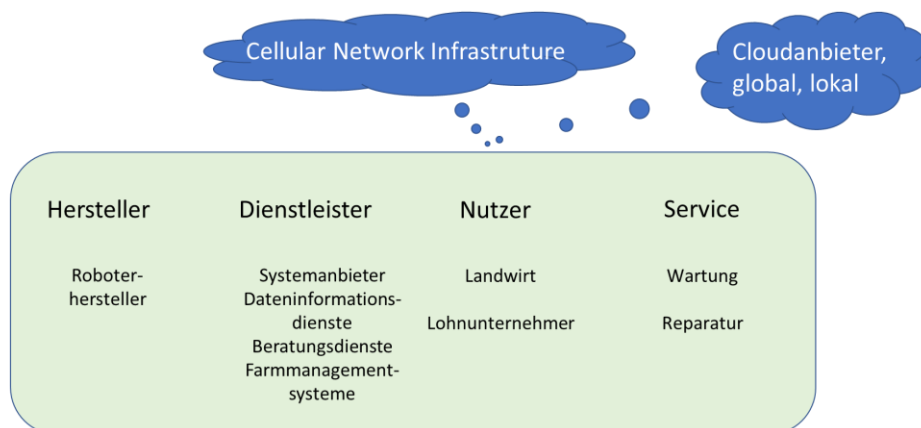
Im Rahmen des Experimentierfelds Agro-Nordwest wird von der Hochschule Osnabrück ein Use Case „Unkrautregulierung mit autonomer Feldrobotik“ durchgeführt². Ziel des Use Cases ist es, verschiedene Ansätze der Unkrautregulierung experimentell miteinander zu vergleichen. Hierzu werden verschiedene Feldroboter, die am Markt erhältlich sind (die Systeme Oz und Dino von NAIO) sowie der Forschungs-Feldroboter BoniRob auf landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt und entsprechend evaluiert. Des Weiteren findet ein Vergleich mit state-of-the-art Unkrautregulierungssystemen (Traktor-Implement-Kombinationen) statt. Adaptive Übergangsszenarien von der Automatisierung zur Autonomie werden dabei integriert, dies betrifft insbesondere die kamerabasierte Reihenführung (CULTI CAM, Claas) und eine Anhängespritze mit intelligentem Sensor-Düsen-System (Ama-Spot, Amazone).

Die verschiedenen Ansätze werden unter Betrachtung prozesstechnischer, logistischer, arbeitstechnischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte systematisch evaluiert.

Im beschriebenen Use Case sind eine Reihe von Akteuren involviert, die zusammen ein Produktnutzungssystem zum Einsatz von Feldrobotern für die Unkrautregulierung bilden. Das Produktnutzungssystem besteht aus Herstellern, Dienstleistern, Nutzern und verschiedenen Services. Es kommen neue Akteure im landwirtschaftlichen System hinzu: IT-Hersteller, Software-Anbieter, Cloudanbieter, Dateninfrastruktur etc. Abbildung 1 gibt eine Übersicht.

Abbildung 1: Produktnutzungssystem

Produktnutzungssystem für autonome Feldrobotik zur Unkrautregulierung



Quelle: Eigene Darstellung

² Projektschwerpunkt 5 „Agrarsysteme der Zukunft“

5 Einschätzungen und Anforderungen der Nutzer zur Unkrautregulierung mit autonomen Feldrobotern

Ob die autonome Feldrobotik zur Unkrautregulierung eine breite Anwendung finden wird, ist entscheidend davon abhängig, wie sie bedarfsgerecht gestaltet und von potentiellen Nutzern akzeptiert wird. Folglich ist die Akzeptanz der Innovation eine Voraussetzung, wenn ihre Durchsetzung am Markt erfolgreich sein soll. Dies verlangt zum einen eine Identifikation von Nutzerbedarfen und -anforderungen, zum anderen bedarf es der frühen Integration dieser Bedarfe und Anforderungen in die Innovationsprozesse zur Ausgestaltung der Test- und Anwendungsfälle.

Aus den durchgeführten Nutzerinterviews sowie der Fokusgruppe mit Landwirten und Lohnunternehmern können verschiedene relevante Aspekte für die Akzeptanz der Feldrobotik zur Unkrautregulierung identifiziert werden³.

5.1 Vorteile und Chancen des Einsatzes von Feldrobotern

Aus Sicht der befragten Landwirte und Lohnunternehmer können sich durch den Einsatz von Feldrobotern verschiedene Vorteile und Chancen ergeben.

Alternative zu chemischem Pflanzenschutz

Die mechanische Unkrautregulierung mit Feldrobotern wird von konventionell wirtschaftenden Landwirten zunehmend als Alternative zum chemischen Pflanzenschutz betrachtet. Mechanischer Pflanzenschutz ist – neben Umweltgesichtspunkten – für die Landwirte auch dadurch interessant, dass nachteilige Auswirkungen, die bei der Kulturpflanze bei chemischer Behandlung auftreten können (z.B. Wuchsdepression), vermieden werden können.

„Die Unkrautregulierung [wird] in unseren Kulturen nicht einfacher, auch wenn wir konventionell sind. Die Pflanzenschutzmittel werden weniger oder fallen aus, weil wir Wuchsdepression oder Ähnliches feststellen bei bestimmten Mitteln und deswegen immer mehr auf die mechanische Unkraut- oder Beikrautregulierung gehen.“⁴

Erhöhter Ertrag bzw. Qualitätsverbesserung durch optimierte Unkrautvernichtung

Die befragten Landwirte erhoffen sich vom Einsatz der Feldrobotik eine Optimierung der Unkrautbekämpfung, was wiederum Ertragsverluste bei der Kulturpflanze verringern kann. Die Bilderkennung in der Feldrobotik ist nach Erfahrung der Landwirte schon sehr genau und verbessert sich in hohem Tempo. Einen großen Nutzen sehen sie darin, dass die Kamera am Roboter Unkräuter schon in kleinen Wachstumsstadien erkennen kann. Dies stellt einen wichtigen Faktor in der erfolgreichen Unkrautbekämpfung dar. Es liegen Erfahrungen vor, wonach Feldroboter im Vergleich zum Menschen sowohl in

³ Die folgenden Ergebnisse basieren auf der Fokusgruppe mit Landwirten sowie auf den Einzelinterviews mit Landwirten und Lohnunternehmern. An einzelnen Stellen werden Einschätzungen aus Sicht von Experten (aus den Interviews mit Landtechnikherstellern, Feldroboterherstellern, Wissenschaftlern) ergänzt. Da es sich dabei nicht um Anwender handelt, wurden diese Passagen als Aussagen der befragten Experten gekennzeichnet

⁴ Alle Zitate stammen aus der Fokusgruppe mit Landwirten, die am 2.6.2021 durchgeführt wurde.

der frühen Erkennung von Unkräutern als auch in der Vermeidung von Pflanzenbeschädigungen die besseren Ergebnisse erzielen.

Alternative zum Einsatz von menschlicher Arbeitskraft

Vor allem in der ökologischen Landwirtschaft und bei Sonderkulturen (z.B. Gemüse, Beeren) wird in bestimmten Kulturen Unkraut durch Handarbeit reguliert. Hier stellt der Feldroboter aus Sicht der Befragten eine kostengünstige Alternative dar.

Im Einsatz autonomer Feldroboter sehen einige Landwirte zudem einen Lösungsweg, um den Mangel an Saisonarbeitskräften in der Landwirtschaft und im Gartenbau auszugleichen. Nach Aussagen der Landwirte haben sich die Schwierigkeiten für landwirtschaftliche Betriebe, genügend Saisonarbeitskräfte zu finden, in Zeiten der Corona-Pandemie weiter verstärkt.

Auch im Rahmen der Experteninterviews wurde dieser Aspekt als Vorteil der Feldrobotik betont⁵.

Flexiblere, kontinuierliche, einfachere, qualitativ bessere Arbeitsausführung

Des Weiteren sehen die befragten Landwirte und Lohnunternehmer im Einsatz eines Feldroboters den Vorteil, dass dieser seine Arbeitsleistung kontinuierlich abrufen kann und im Gegensatz zu menschlichen Arbeitskräften nicht ermüdet. Ein Feldroboter kann prinzipiell 24 Stunden am Tag im Einsatz gehalten werden. Auf diese Weise schafft die Robotik dem Landwirt Freiräume, um andere Aufgaben zu verrichten.

Von einem Feldroboter wird erwartet, dass er Arbeitsergebnisse in gleichbleibender hoher Qualität liefert. Aus Sicht der Landwirte ist daher der zukünftige Einsatz autonomer Feldroboter für Arbeiten, die für den Menschen körperlich anstrengend sind und regelmäßige Ruhepausen erfordern, besonders attraktiv.

„So eine Kamera ermüdet nicht und sie ist zuverlässig, sodass die Wahrnehmung gar nicht mal zwingend die ist zu sagen, wir finden die Leute nicht, sondern wir wollen einfach ein kontinuierliches, gutes oder nahezu perfektes Ergebnis haben, um auch weniger Verluste zu haben.“

Geringere Bodenverdichtung

Die Befragten sehen im geringeren Gewicht des Feldroboters im Vergleich zu großen Landtechnik-Maschinen den Vorteil, dass der ausgeübte Druck auf den Ackerboden bei der Feldüberfahrt wesentlich niedriger ist und somit Bodenverdichtung verringert werden kann.

„Was mir noch wichtig wäre ist, dass die Maschinen – anders als große Schlepper – sehr leicht sind und keinen Bodendruck machen. Das finde ich als Ackerbauer immer sehr angenehm, wenn ich da nur so einen kleinen leicht bereiften Pfiffi herumfahren sehe und nicht den großen 936 Fendt, auch wenn die mit Reifendruckregelanlage und sonst was ausgestattet sind.“

Generierung weiterer Felddaten

Als weiterer Aspekt wurde eingebracht, dass die Feldüberfahrten der Roboter auch zur Sammlung relevanter Felddaten wie Bodenverdichtung oder Bodentemperatur genutzt werden können, um aus den entsprechenden Datenpaketen Handlungsempfehlungen für den Landwirt abzuleiten.

⁵ Experteninterview mit dem Vertriebsleiter eines Feldroboter-Herstellers am 26.8.2021

5.2 Defizite und Hemmnisse

Aus Sicht der Nutzer bestehen allerdings (noch) eine Reihe von Defiziten und Hemmnissen beim Einsatz von Feldrobotern zur Unkrautregulierung.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Ein zentrales Hemmnis bei autonomen Maschinen ist die unklare rechtliche Lage. Solange die rechtlichen Rahmenbedingungen nicht geklärt sind, wird sich das System nicht weiterentwickeln – so die Einschätzung der Fokusgruppen-Teilnehmer. Beispielsweise darf ein Roboter (wenn er schneller als 1 km/h fährt) derzeit nicht ohne Aufsichtsperson fahren, es sei denn er agiert in einem abgesperrten Gebiet. Arbeitserleichterungen finden aber v.a. dann statt, wenn der Roboter so lange wie möglich ohne Zutun des Landwirts zuverlässig und mit hoher Genauigkeit seine Arbeit verrichtet.

Stromversorgung und Logistik

Als noch nicht gelöste Problematik wird die Stromversorgung des Roboters auf dem Feld genannt. Ein notwendiger Rücktransport des Roboters zum Hof, um ihn dort zu laden, wäre aus Sicht der Befragten ein wesentlicher Nachteil gegenüber einem Dieselfahrzeug (mit der Möglichkeit zum Nachtanken vor Ort).

„Für mich ist ein Roboter keine Alternative, wenn ich ihn jeden Tag reinholen muss zum Laden.“

Einsatz auf nicht planaren Flächen

Sowohl die Landwirte mit, als auch diejenigen ohne eigene Anwendungserfahrung sehen noch Entwicklungsbedarf in der autonomen Feldrobotik, um die Technologie erfolgreich nutzen zu können. Die gegebenen Bodenvoraussetzungen auf landwirtschaftlichen Flächen mit Unebenheiten, Steinen und ggf. Hangneigung können nach Angabe der Landwirte und Lohnunternehmer beim Einsatz des Feldroboters zu häufigen Störungen führen bzw. eine Anwendung komplett verhindern.

„Für uns war es [die Feldrobotik] praktisch bisher noch nicht nutzbar, weil alles was ich gesehen habe, war immer auf guten, eben Böden umsetzbar. Und das was ich hier habe sind sehr steinige Böden.“

Mobilfunkabdeckung

Eine weitere zentrale Voraussetzung für die Verbreitung der Technologie ist ein flächendeckendes Mobilfunknetz. Eine solche Netzverbindung ist notwendig, damit der Roboter Daten an den Hersteller (z.B. zu Diagnosezwecken) senden und empfangen kann sowie Störmeldungen an den Betriebsleiter.

„Was aber das Wichtigste wäre, damit es überhaupt zuverlässig funktioniert, auch flächendeckend, wäre ein stehendes komplettes Handynet.“

5.3 Nutzeranforderungen an autonome Feldrobotik

Aus der Fokusgruppe sowie den Interviews können folgende Anforderungen identifiziert werden, die die Nutzer an ein solches System zur Unkrautregulierung mit Hilfe von Feldrobotern stellen.

Zuverlässigkeit

Voraussetzung dafür, dass autonome Feldroboter in der landwirtschaftlichen Praxis einsetzbar sind und weitere Verbreitung finden können, ist ein zuverlässiger, störungsfreier Betrieb über längere Zeit. Die Technik muss robust gegenüber Fremdeinwirkung und Wetterlagen sein und verlässlich funktionieren. Aus Sicht der Befragten ist die Technik in dieser Hinsicht noch weiterzuentwickeln.

In einem Experteninterview berichtet ein Hersteller von Feldrobotern, dass bestimmte Robotermodelle derzeit eine Ladepause von bis zu acht Stunden benötigen, was aus Sicht der Anwender ein erhebliches Defizit darstellt. Allerdings entwickle sich die Technik hier kontinuierlich weiter. Es sind auch solar-betriebene Modelle auf dem Markt, bei denen keine Ladepausen notwendig sind⁶.

Ein Problem aus Sicht der befragten Landwirte und Lohnunternehmer besteht darin, dass es sich bei den Anbietern im Bereich der Feldrobotik oft um Start-ups mit einem relativ kleinen Entwicklerteam handelt. Hier wurden Zweifel geäußert, ob die entwickelte Hard- und Software tatsächlich den Anforderungen in der landwirtschaftlichen Praxis genügt, ob ein ausreichender und schneller Support bei Störungen oder Fehlern gewährleistet werden kann und ob auch langfristig Softwareupdates für die Maschinen bereitgestellt werden.

Einfache Bedienbarkeit

Die befragten Landwirte und Lohnunternehmer wünschen sich ein System, das einfach und ohne spezielle Vorkenntnisse für die Mitarbeitenden zu bedienen ist. Des Weiteren müssen Software-Updates fehlerlos ablaufen.

„Also wir haben uns zur Aufgabe gemacht, dass es jeder kann. Also jeder, der ein iPhone bedienen kann, soll auch so ein Ding bedienen können.“

Investitionskosten und Wirtschaftlichkeit

Aus Sicht der Nutzer wird erwartet, dass Betriebe durch die Nutzung von Feldrobotern Kosten einsparen können, indem sich der Einsatz von Betriebsmitteln (Herbizide, Diesel) und menschlicher Arbeitskraft verringert. Dem stehen die Investitionskosten zur Anschaffung der Feldroboter sowie die Betriebskosten entgegen. Obwohl die Preise von Feldrobotern in den letzten Jahren gesunken sind, sind die Investitionskosten dennoch beträchtlich. Die Befragten gehen von Preisen zwischen 85.000 und 140.000 Euro aus, je nach Ausstattungsgrad und Hersteller. Ein zentrales Defizit aus Sicht der befragten Landwirte und Lohnunternehmer besteht darin, dass Angaben darüber fehlen, wie hoch der (finanzielle) Mehrwert für die Betriebe ausfällt, und ob und für welche Bereiche bzw. welche Betriebe sich eine Investition rentiert.

Im Rahmen der Experteninterviews äußerte ein befragter Hersteller von Robotern für die Landwirtschaft die Einschätzung, dass zukünftig die Preise für Feldroboter sinken werden. Grund hierfür seien die sinkenden Kosten für die verbauten Komponenten. Auch durch eine höhere Produktionsauflage könnten zukünftig die Stückkosten sinken⁷.

Vermeehrt wird die Einschätzung geäußert, dass sich aufgrund der hohen Investitionskosten der Einsatz aktuell nur in Spezialkulturen mit einem hohen Handarbeitsaufwand, wie z. B. Bio-Zuckerrüben, im

⁶ Experteninterview mit einem Vertriebsleiter eines Feldroboter-Herstellers am 16.2.2021

⁷ Experteninterview mit einem Vertriebsleiter eines Feldroboter-Herstellers am 16.2.2021

ökologischen Gemüse- oder Beerenanbau rentiert. In der konventionellen Landwirtschaft sei die Unkrautregulierung mittels Hacktechnik derzeit gegenüber chemischem Pflanzenschutz nicht konkurrenzfähig. Es wurde die Einschätzung geäußert, dass durch zukünftige Veränderungen politischer Rahmenbedingungen und die Einschränkung von Pflanzenschutzmitteln (z.B. Verbot von Glyphosat) die Hacktechnik in Zukunft konkurrenzfähiger wird⁸.

Um die weitere Verbreitung der Technologie (auch über die bisherigen Einsatzfelder hinaus) zu unterstützen, sind aus Sicht der befragten Nutzer Investitionsbeihilfen sinnvoll. Auch in den Experteninterviews wurden Investitionshilfen als förderliche Maßnahme genannt⁹.

Aus Sicht der interviewten Experten besteht die zentrale Frage im Hinblick auf eine weitere Verbreitung von Feldrobotern darin, wie hoch der (finanzielle) Mehrwert eines solchen Systems gegenüber bestehenden Pflanzenschutzmaßnahmen ausfällt. Dabei ist zwischen verschiedenen Use Cases und Kulturen zu unterscheiden. Ein wichtiger Schritt sind valisierte Angaben darüber, in welchem Use Case, bei welchen Pflanzen und unter welchen Bedingungen der Einsatz von Feldrobotern einen nennenswerten wirtschaftlichen Mehrwert bietet¹⁰.

Klärung rechtlicher Fragen sowie von Haftungsfragen

Für die Akzeptanz der Anwender spielen Fragen der Zulassung sowie darüber hinaus die Klärung von Haftungsfragen eine relevante Rolle. In den Experteninterviews wurde als zentrale Voraussetzung für die weitere Entwicklung und Anwendung der Feldrobotik eine CE-Zertifizierung genannt¹¹. Einige Modelle (z.B. das Modell Oz von Naio) besitzen bereits eine solche Zertifizierung, was den europaweiten Einsatz und Vertrieb erheblich fördert. Aufgrund des geringen Gewichts (150 kg) und der geringen Geschwindigkeit (1,8 km/h) konnte ein Sicherheitskonzept ausgearbeitet und eine Zulassung erteilt werden. Für andere Modelle, die ein höheres Gewicht und höhere Fahrgeschwindigkeiten erreichen, liegen noch keine CE-Zertifizierungen vor, da in diesen Fällen ein ausgefeiltes Sicherheitskonzept benötigt wird.

Die Regelung von Haftungsfragen bei Sach- oder Personenschäden infolge von Betriebsstörungen oder Unfällen ist ein weiterer zentraler Aspekt. Bestehende Unklarheiten bezüglich der Haftungsfragen schränken die Akzeptanz zum Einsatz dieser Technologien ein.

„Wenn die gesetzlichen Fragen geregelt wären - das sagen mir die Hersteller immer - wenn wir wüssten, an welchen Gesetzen wir uns entlang hangeln müssten, dann würden wir auch etwas auf den Markt bringen.“

Kompatible Software- und Hardwarelösungen

Die Landwirte äußern den Wunsch, dass verschiedene Systeme und Systemkomponenten nach einem einheitlichen Soft- und Hardwarestandard funktionieren sollten, um Rekombinationen sowie die Bedienung und den Einsatz verschiedener Feldroboter zu erleichtern.

⁸ Interview mit einem Landwirt am 24.3.2021

⁹ Experteninterview mit dem Vertriebsleiter eines Feldroboter-Herstellers am 26.8.2021

¹⁰ Experteninterview mit dem Leiter Produktmanagement eines Landtechnik-Herstellers am 24.2.2021

¹¹ Experteninterview mit einem Vertriebsleiter eines Feldroboter-Herstellers am 16.2.2021; Interview mit einem Experten für Agrarökologie der Hochschule Osnabrück am 23.2.2021

„Sonst fangen wir wieder an, wenn wir beim Roboter den gleichen Fehler machen wie beim ISOBUS-Standard. Erstmal bauen zehn Jahre lang alle ihre eigenen Standards und dann versuchen wir mal irgendwann das zusammen zu kriegen.“

Integration in den landwirtschaftlichen Arbeitsprozess

Die Möglichkeit zur (stufenweisen) Integration in den landwirtschaftlichen Arbeitsprozess ist ein wichtiger Akzeptanzfaktor. Wie wird der Roboter auf dem Betrieb integriert, wie sehen die Betriebe in der Zukunft aus? Betriebsgröße, Art des Pflanzenbaus, Grad der Automatisierung etc. spielen dabei eine Rolle. Relevant ist die Kompatibilität mit konventionellen Geräten, aber auch mit den digitalen Lösungen verschiedener Anbieter. Da es vermutlich keine disruptive Umwandlung des Pflanzenbausystems geben wird, hängt die Verbreitung von autonomen Feldrobotern wesentlich davon ab, wie sie sich in bestehende Pflanzenbausysteme integrieren können.

Datenschutz und Datenhoheit

Beim Einsatz von Feldrobotern (wie bei anderen digitalen Systemen) ist es eine Voraussetzung, dass der Landwirt seine Daten mit Herstellern oder Dienstleistern teilt. In verschiedenen Studien wird darauf hingewiesen, dass Landwirte fürchten, die Souveränität über ihre Daten zu verlieren oder dass Daten zweckentfremdet verwendet werden. In einer von Bitcom Research durchgeführten (standardisierten) Befragung gaben 42 % der befragten landwirtschaftlichen Betriebe die Sorge um IT- und Datensicherheit als Hemmnis für die Digitalisierung in der Landwirtschaft an (Rohleder et al. 2016). Auch in einer Studie von Schleicher und Gandorfer (2018) werden Datenschutz und Datenhoheit als zwei wesentliche Faktoren identifiziert, deren Klärung für die Landwirte zentral sei.

Dagegen werden in der vorliegenden Untersuchung Datenschutz und Datenhoheit von den befragten Landwirten und Lohnunternehmern nicht als Hindernis für die Verbreitung der Feldrobotik gesehen. Einerseits erhoffen sich die Befragten durch das Teilen ihrer Daten einen besseren Service der Hersteller. Andererseits gehen sie davon aus, dass die digitalen Systeme und Anwendungen dadurch verbessert werden und somit auch ein direkter Nutzen für die Anwender entsteht. Es wird allerdings betont, dass dem Landwirt transparent kommuniziert werden muss, von wem welche Daten zu welchem Zweck genutzt werden.

„Es muss einfach das Ziel sein zu sagen ‚Okay, ich gebe meine Daten preis.‘ und auch zu versuchen, dann davon zu profitieren. Wenn ich jetzt zum Beispiel irgendwelche Daten freigebe, gucke ich natürlich: wer kriegt die?“

Der Wert der Daten wird von den teilnehmenden Landwirten wahrgenommen und es wird darauf hingewiesen, dass eine Weitergabe dieser Daten nur an bestimmte Akteure erfolgen sollte und nur unter der Voraussetzung, dass die Nutzer davon profitieren. Des Weiteren wird die Einschätzung gegeben, dass Landtechnikhersteller selbst (zum Schutz ihrer Reputation) in hohem Maß auf Datensicherheit achten würden. Es zeigt sich, dass die Befragten hier mehrheitlich auf die Sicherheitsvorkehrungen der Hersteller vertrauen.

5.4 Einsatzbereiche für autonome Feldrobotik

Der Einsatz der autonomen Feldrobotik in großen Betrieben und durch Lohnunternehmen steht nach Aussagen der Nutzer noch vor der Herausforderung, die entsprechende Flächenleistung gewährleisten

zu können. Besonders aus Sicht der Lohnunternehmen müssten die einzusetzenden Feldroboter leistungsstark und flexibel anwendbar sein, um autonome Unkrautregulierung als Dienstleistung anbieten zu können und einen Mehrwert als Dienstleistung für den Landwirt gegenüber der Anschaffung eines eigenen Feldroboters bieten zu können. Als Herausforderung wird hier genannt, dass verschiedene landwirtschaftliche Betriebe verschiedene Bodenvoraussetzungen aufweisen und unterschiedliche Methoden der Bodenbearbeitung anwenden.

„Wir haben einen ganz bestimmten Anspruch an die Fläche und der muss hergestellt werden. Und wenn natürlich jeder Landwirt das anders macht, [...] hat der Lohnunternehmer ein Problem, seine Maschine darauf einzustellen.“

Als weiterer Aspekt wird genannt, dass der Einsatz der Feldroboter auf einer großen Anzahl an Schlägen eine logistische Herausforderung darstellt. Der Zeitaufwand für den Robotertransport von einem Schlag zum nächsten sei hoch und die zeitlichen Vorteile gegenüber einer konventionellen Überfahrt und Unkrautregulierung mit kamerageführter Hacke schwinden.

Im ökologischen Landbau wird die Robotik nach Einschätzung der Landwirte früher kostendeckend eingesetzt werden können, da der Einsatz eines Roboters hier Arbeitskräfte einspart. Im konventionellen Anbau hingegen stehe den Landwirten noch die kostengünstigere Alternative des chemischen Pflanzenschutzes zur Verfügung. Aber auch in der konventionellen Landwirtschaft sehen die Landwirte Anwendungsfälle für robotergestützte Hacktechnik, zum Beispiel in Trinkwasserschutzgebieten, in denen die Anwendung von chemischen Mitteln untersagt ist. Ein frühes Anwendungsfeld für Feldrobotik wird von den Diskussionsteilnehmern in der spezialisierten Landwirtschaft gesehen, beispielsweise im Anbau von Gemüse und Sonderkulturen.

Neben Lohnunternehmen sind weiterhin auch neue Akteure als Anbieter von Dienstleistungen im Bereich der Feldrobotik denkbar. So wäre ein Szenario vorstellbar, bei dem spezialisierte Dienstleister mit einer großen Flotte an Robotern ein größeres Gebiet abdecken und die Unkrautregulierung bei verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben im Auftrag übernehmen. Dabei stellt der Dienstleister die Roboter bereit, überwacht diese und gewährt Zuverlässigkeit, technische und rechtliche Sicherheit.

6 Einschätzungen zur zukünftigen Verbreitung der Technologie

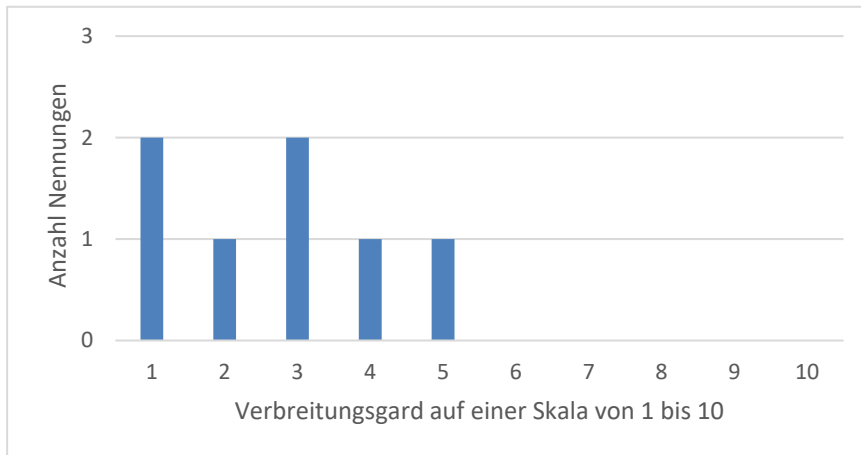
Um einen Eindruck zu erhalten, wie die weitere Entwicklung der Feldrobotik von Seiten der Wissenschaft, von Landtechnikherstellern und Roboterherstellern eingeschätzt wird, wurde dieser Aspekt in den Experteninterviews aufgegriffen¹². Die Gesprächspartner wurden gefragt, wie sie die Verbreitung von autonomen Feldrobotern zur Unkrautregulierung in fünf bzw. in zehn Jahren einschätzen (auf einer Skala von 1 = „sehr gering verbreitet“ bis 10 = „sehr weit verbreitet“).

Die Einschätzungen gehen bei den befragten Personen recht weit auseinander, wie den folgenden Abbildungen zu entnehmen ist. So liegt der angenommene Verbreitungsgrad in fünf Jahren zwischen 1

¹² Es wurden sieben Interviews mit Akteuren aus den Bereichen Wissenschaft, Verbände, Landtechnikhersteller und Roboterhersteller und zu autonomer Feldrobotik durchgeführt.

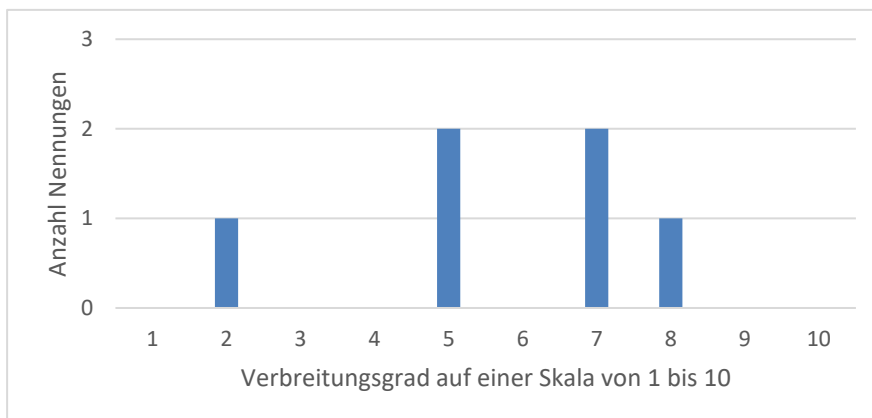
und 5 (Mittelwert 2,7). In zehn Jahren rechnen die meisten Befragten mit einer stärkeren Verbreitung der Feldrobotik (Mittelwert 5,7).

Abbildung 2: Einschätzungen zur Verbreitung der Feldrobotik in fünf Jahren



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 3: Einschätzungen zur Verbreitung der Feldrobotik in zehn Jahren



Quelle: eigene Darstellung

Aus Sicht der Interviewpartner wird die Verbreitung der Feldrobotik bei bestimmten Kulturpflanzen (z.B. Zuckerrübe, Gemüse) schneller voranschreiten als beispielsweise bei Mais oder Getreide. In den letztgenannten Bereichen gibt es andere Möglichkeiten der mechanischen Unkrautbekämpfung (Traktor mit Hackgerät), die etabliert und wirtschaftlich konkurrenzfähig sind.

Mehrere Experten weisen auf die große Bedeutung der sich verändernden politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen für die weitere Entwicklung der Feldrobotik hin. Um die Anwendung der Feldrobotik voranzutreiben gibt es aus ihrer Sicht eine Reihe von Regelungsbedarfen. Beispielsweise sind Standards und Zulassungsfragen zu klären.

„Die Verbreitung ist abhängig von rechtlichen Rahmenbedingungen. Solange das nicht geklärt ist, hat diese Technik keine Chance.“¹³

Ein weiterer starker Einflussfaktor ist die Wirtschaftlichkeit. Hier könnten staatliche Zuschüsse die Investitionsbereitschaft der Landwirte erhöhen.

¹³ Interview mit einem Experten für Agrarökologie der Hochschule Osnabrück am 23.2.2021

„Wie neue Technologien wahr- und angenommen werden, ist mitunter eine wirtschaftliche Entscheidung: Wie hoch sind die Investitionen? Wie sind die Innovationszyklen? Kann die Technologie wirtschaftlich ausgelastet und ausgenutzt werden?“¹⁴

Bislang haben namhafte, große Landtechnikhersteller noch keinen Feldroboter auf dem Markt. Die derzeitigen Modelle werden von Start-ups entwickelt und vertrieben. Aus Sicht der Interviewpartner könnte es zu einer dynamischen Entwicklung führen, wenn die großen Hersteller diese Technologie anbieten.

Eine Hürde besteht darin, dass die derzeitigen Robotermodelle nicht vielseitig einsetzbar sind, sondern spezialisiert für bestimmte Kulturpflanzen konstruiert sind. Hier ist weitere Entwicklung nötig, damit der Roboter multifunktional in verschiedenen Kulturen eingesetzt werden kann.

7 Fazit

Auf Seiten der befragten Landwirte besteht ein großes Interesse am Einsatz der autonomen Feldrobotik zur Unkrautregulierung. Die genannten Vorteile liegen in einer sehr guten Unkrauterkenntnis, einer hohen Arbeitspräzision und guten Ergebnissen in der Unkrautregulierung. Ebenfalls attraktiv erscheint den Befragten der Ersatz von schwerer, körperlicher Arbeit zur Unkrautregulierung und die Möglichkeiten der langen Einsatzdauer des Roboters ohne Ermüdung. Die Möglichkeit menschliche Arbeitskräfte zu ersetzen erscheint auch deshalb interessant, weil es – grade auch für kleinere Betriebe – teilweise schwierig ist, Saisonarbeitskräfte zu finden. Für konventionell wirtschaftende Landwirte wird die Möglichkeit des Ersatzes von chemischen Pflanzenschutzmitteln durch mechanische Unkrautregulierung zunehmend interessant. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der Feldroboter zahlreiche Felddaten generieren kann (z.B. zu Bodenverdichtung, Bodentemperatur), die dem Landwirt relevante Informationen zur Entscheidungsunterstützung liefern können.

Sowohl die Landwirte mit, als auch diejenigen ohne eigene Anwendungserfahrung sehen noch Entwicklungsbedarf in der autonomen Feldrobotik, um die Technologie erfolgreich nutzen zu können. Als zentrale Herausforderung für die Etablierung der Feldrobotik sehen sie das derzeitige Fehlen von klaren rechtlichen Rahmenbedingungen sowie Haftungsregelungen. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Frage, wie hoch der (finanzielle) Mehrwert eines solchen Systems gegenüber bestehenden Pflanzenschutzmaßnahmen ausfällt. Dabei ist zwischen verschiedenen Use Cases und Kulturen zu unterscheiden. Aus Sicht der Nutzer wird erwartet, dass Betriebe durch die Nutzung von Feldrobotern Kosten einsparen können, indem sich der Einsatz von Betriebsmitteln (Herbizide, Diesel) und menschlicher Arbeitskraft verringert. Dem stehen die Investitionskosten zur Anschaffung der Feldroboter sowie die Betriebskosten gegenüber.

Voraussetzung dafür, dass autonome Feldroboter in der landwirtschaftlichen Praxis weitere Verbreitung finden können, ist ein zuverlässiger, störungsfreier Betrieb über längere Zeit. Die Technik muss robust gegenüber Fremdeinwirkung und Wetterlagen sein und verlässlich funktionieren. Aus Sicht der Befragten ist die Technik in dieser Hinsicht noch weiterzuentwickeln. Für die Akzeptanz der Anwender spielen außerdem Fragen der Zulassung sowie die Klärung von Haftungsfragen bei Personen- oder Sachschäden infolge von Unfällen bzw. Betriebsstörungen eine relevante Rolle. Die Möglichkeit zur

¹⁴ Interview mit einem Experten aus einem Lohnunternehmerverband am 30.3.2021

(stufenweisen) Integration in den landwirtschaftlichen Arbeitsprozess ist ein weiterer wichtiger Akzeptanzfaktor. Wie wird der Roboter auf dem Betrieb integriert, wie sehen die Betriebe in der Zukunft aus? Betriebsgröße, Art des Pflanzenbaus, Grad der Automatisierung etc. spielen dabei eine Rolle. Das Teilen und die Nutzung von Daten durch Hersteller und Dienstleister wird von den Diskussionsteilnehmern nicht als Problem betrachtet. Es wird allerdings betont, dass dem Landwirt transparent kommuniziert werden muss, von wem welche Daten zu welchem Zweck genutzt werden. Den Landwirten ist es darüber hinaus wichtig, dass sie selber einen Nutzen davon haben, wenn Daten geteilt werden.

Als frühe Anwendungsfelder für die autonome Feldrobotik wird die Unkrautregulierung in Sonderkulturen (wie Gemüse und Beeren) sowie in der ökologischen Landwirtschaft gesehen, da hier nicht auf kostengünstige chemische Pflanzenschutzmittel zurückgegriffen werden kann. Der Einsatz der autonomen Feldrobotik in großen Betrieben und durch Lohnunternehmen steht nach Aussagen der Landwirte noch vor der Herausforderung, die entsprechende Flächenleistung gewährleisten zu können.

Bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Feldrobotik gehen die Einschätzungen der befragten Experten auseinander. In den kommenden fünf Jahren rechnen die meisten nur mit einer geringen Verbreitung von Feldrobotern zur Unkrautregulierung. In zehn Jahren schätzen die meisten Befragten den Verbreitungsgrad als deutlich höher ein – vorausgesetzt zentrale Einflussfaktoren, wie politische und rechtliche Rahmenbedingungen, Wirtschaftlichkeit und Einstieg großer Hersteller in den Markt, entwickeln sich positiv.

8 Literatur

- Economist (2016): The Future of Agriculture. Factory fresh. In: Economist. Technology Quarterly (09.06.2016)
- Fichter, K. (2005): Modelle der Nutzerintegration in den Innovationsprozess. Möglichkeiten und Grenzen der Integration von Verbrauchern in Innovationsprozesse für nachhaltige Produkte und Produktnutzungen in der Internetökonomie. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/publikation/fichter-k-2005-modelle-der-nutzerintegration-den-innovationsprozess-moeglichkeiten-und-grenzen-der-integration-von-verbrauchern-innovationsprozesse-fuer-nachhaltige-produkte-und-produktnut/>, zuletzt geprüft am 04.09.2022.
- Gabriel, A.; Gandorfer, M. (2021): Wer nutzt was? Entwicklung eines dynamischen Tools zur Erstellung von Nutzerprofilen bei digitalen Technologien in der Landwirtschaft. In: A. Meyer-Aurich, M. Gandorfer, C. Hoffmann, C. Weltzien, S. Bellingrath-Kimura und H. Floto (Hg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Fokus Informations- und Kommunikationstechnologien in kritischen Zeiten: Referate der 41. GIL-Jahrestagung 08.-09. März 2021, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Potsdam. Bonn: Gesellschaft für Informatik (GI-Edition. Proceedings, 309), S. 103 ff.
- Heuser, S.; Demmel, M.; Pfeiffer, J.; Gandorfer, M. (2018): Automatisierte mechanische Unkrautregulierung. In: A. Ruckelshausen; A. Meyer-Aurich; K. Borchard; C. Hofacker; J.-P. Loy; R. Schwerdtfeger; H.-H. Sundermeier; H. Floto; B. Theuvsen (Hg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Fokus Marktplätze und Plattformen. 38. GIL-Jahrestagung. Kiel, 26.-27. Februar 2018. Lecture Notes in Informatics (GI Lecture Notes) 278, S. 99 ff.
- Kopfinger, S.; Vinzent, B. (2021): Erprobung und Bewertung eines autonomen Feldroboters. In: A. Meyer-Aurich, M. Gandorfer, C. Hoffmann, C. Weltzien, S. Bellingrath-Kimura und H. Floto (Hg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Fokus Informations- und Kommunikationstechnologien in kritischen Zeiten: Referate der 41. GIL-Jahrestagung 08.-09. März 2021, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Potsdam. Bonn: Gesellschaft für Informatik (GI-Edition. Proceedings, 309), S. 175 ff.
- Rohleder, B.; Krüsken, B. (2016): Digitalisierung der Landwirtschaft. Vortrag. DBV (Deutscher Bauernverband); bitkom (Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien). Online verfügbar unter: <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/Bitkom-Pressekonferenz-Digitalisierung-in-der-Landwirtschaft-02-11-2016-Praesentation.pdf>, zuletzt geprüft am 21.02.2022.
- Rohleder, B.; Krüsken, B.; Reinhardt, H. (2020): Digitalisierung der Landwirtschaft 2020. Vortrag. DBV (Deutscher Bauernverband); bitkom (Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien); Rentenbank. Online verfügbar unter: https://www.bitkom-research.de/system/files/document/200427_PK_Digitalisierung_der_Landwirtschaft.pdf, zuletzt geprüft am 21.02.2022.
- Ruckelshausen, A. (2019): Feldrobotik in der Landwirtschaft – Vision oder Realität? Agrartage Rheinhessen 2019. Kurzfassung der Vorträge, S. 36 ff.

Schleicher, S.; Gandorfer, M. (2018): Digitalisierung in der Landwirtschaft: Eine Analyse der Akzeptanzhemmnisse. In: A. Ruckelshausen; A. Meyer-Aurich; K. Borchard; C. Hofacker; J.-P. Loy; R. Schwerdtfeger; H.-H. Sundermeier; H. Floto; B. Theuvsen (Hg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Fokus Marktplätze und Plattformen. 38. GIL-Jahrestagung. Kiel, 26.-27. Februar 2018. Lecture Notes in Informatics (GI Lecture Notes) 278, S. 203 ff.

Schneider, W. (2017): Digitalisieren oder weichen? Wo bleibt die Landwirtschaft? In: landinfo. Informationen für die Landwirtschaftsverwaltung (3/2017), S. 8 ff.

www.izt.de
