



## Erste Praxiserfahrung mit einem Feldroboter – Ergebnisse einer Fokusgruppendifkussion mit *early adopters*

Olivia Spykman <sup>1</sup>, Stefan Kopfinger <sup>2</sup>, Andreas Gabriel <sup>3</sup> und Markus Gandorfer <sup>4</sup>

**Abstract:** Aufgrund der erst kurzen Marktverfügbarkeit von Feldrobotern gibt es nur wenige wissenschaftliche Erkenntnisse zur Anwendererfahrung. Eine Fokusgruppendifkussion mit sieben Teilnehmenden von bayerischen Betrieben, die den Sä- und Hackroboter Farmdroid FD20 seit zwei Anbausaisons im Einsatz haben, gibt wichtige Hinweise auf Art und Umfang des Betreuungsaufwandes und die notwendigen Veränderungen in der betrieblichen Arbeitsorganisation, die sich durch den Einsatz von Feldrobotik ergeben. Die Erkenntnisse aus der Diskussion der Anwender zeigen, dass sich die „early adopters“ bei Feldrobotern auf einen zusätzlichen Zeitaufwand zur Überwachung, zur Logistik und zur technischen Optimierung einstellen müssen. Dennoch sind Einsparungen bei repetitiven Arbeitsabläufen auf dem Feld erkennbar – ein Vorteil, der zukünftig noch an Bedeutung gewinnen wird.


**Keywords:** Robotik, mechanische Unkrautregulierung, Investitionsförderung, Arbeitswirtschaft

### 1 Einleitung

Marktverfügbare Feldroboter sind erst seit Kurzem auf deutschen Feldern im Einsatz. Aufgrund der noch jungen Historie stützten sich Untersuchungen zur Einstellung von Landwirten zu deren Einsatz anfänglich vor allem auf Erkenntnisse zu verwandten, jedoch etablierteren Technologien. Beispielsweise sind Melkroboter bereits seit den 1990er Jahren marktverfügbar und wurden vor allem aufgrund der physischen Arbeitserleichterung und zeitlichen Flexibilisierung gut angenommen [He22]. Obwohl schon viele Jahre verfügbar, sind hingegen Precision-Farming-Technologien aus dem Bereich der Teilflächenbewirtschaftung, die Vorteile durch Betriebsmitteleinsparung und Umweltschutz versprechen, weniger im Praxiseinsatz als erhofft. Dies deutet darauf hin, dass Technologien, die die Arbeit erleichtern, in der Praxis häufiger zum Einsatz kommen [Ga22]. Ob und inwieweit eine Technologie dem Anwender die Arbeit erleichtert, hängt von weiteren Effekten auf die Arbeitswirtschaft ab, wie beispielsweise die Unterstützung

---

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Kleeberg 14, 94044

Ruhstorf a.d. Rott, olivia.spykman@lfl.bayern.de,  <https://orcid.org/0000-0002-8650-9283>;

stefan.kopfinger@lfl.bayern.de  <https://orcid.org/0000-0002-0624-153X>;

andreas.gabriel@lfl.bayern.de,  <https://orcid.org/0000-0001-5736-1593>;

markus.gandorfer@lfl.bayern.de,  <https://orcid.org/0000-0002-0624-153X>

bei gesetzlichen Dokumentationspflichten durch Farm-Management-Informationssysteme [Fo15].

Der Aspekt der Arbeiterleichterung kommt auch bei der Feldrobotik zum Tragen, die Produktions- und Arbeitsabläufe automatisieren und somit zeitliche Freiräume schaffen soll. Die wirtschaftlichen Effekte dieser Arbeitszeiteinsparung wurden bereits in ersten Modellbetrachtungen analysiert, die zu der Schlussfolgerung kommen, dass mit steigender Betriebsgröße mehrere kleine autonome Traktoren einem großen Traktor mit Fahrer wirtschaftlich überlegen sein können [Lo21a]. Dabei ist zu beachten, dass Annahmen zu Flächenstruktur und Betreuungsaufwand die praktische Relevanz solcher Modell-ergebnisse limitieren. Des Weiteren konnten negative Einflüsse restriktiver Gesetzgebung für den Betrieb autonomer Feldroboter [Lo21b] und erhöhter Fehleranfälligkeit der Systeme [Ma22a] auf die Wirtschaftlichkeit dargestellt werden. Jedoch zeigt die Erfahrung mit anderen digitalen Technologien in der Landwirtschaft, wie bereits beschrieben, dass ökonomische Effizienz nicht der einzige ausschlaggebende Faktor für deren Akzeptanz bei potenziellen Nutzern ist.

Um Akzeptanzhemmnisse neuer Technologien frühzeitig im Entwicklungsprozess zu berücksichtigen, wurde u. a. das *Responsible Research and Innovation* Konzept entwickelt, welches jedoch im landwirtschaftlichen Bereich bisher wenig Anwendung findet [Ro21]. Dieses Konzept umfasst eine Vorausabschätzung der Auswirkungen, Reflexivität und gegebenenfalls Anpassung der Arbeit, Einbindung verschiedener Interessensgruppen und Berücksichtigung ihrer Anmerkungen und Einwände [Ro21]. Die Relevanz des Ansatzes für die Feldrobotik wird durch Ergebnisse einer Befragung US-amerikanischer landwirtschaftlicher Akteure unterstrichen, welche ergab, dass der mangelnde Austausch zwischen Maschinenherstellern und Landwirten als mögliches Hindernis für die Akzeptanz von Robotern gesehen wird [Ri18].

Bisherige Befragungen von Landwirten zu Feldrobotern fanden *ex ante* statt, um die Erwartungen an die bis dato kaum marktverfügbaren Technologien zu erfassen. Drei in Deutschland durchgeführte Studien zeigen, dass Anwendungsmöglichkeiten im Ökolandbau sowie Arbeiterleichterung als Treiber für erhöhte Investitionsbereitschaft in Feldrobotik identifiziert werden können [RH21; RTH21; Sp21]. Gleichzeitig wurden unklare rechtliche Rahmenbedingungen sowie mögliche negative Reaktionen der Gesellschaft als hemmende Faktoren identifiziert [RH21; Sp21]. Diese Erkenntnisse decken sich mit Befragungen von Landwirten in Australien, welche zusätzlich die Verlässlichkeit der Roboter beim autonomen Arbeiten, Kostenreduktion beim Pflanzenschutzmitteleinsatz sowie die sichere Datenspeicherung als wichtige Eigenschaften hervorheben [Re15]. Weitere Akteure aus dem landwirtschaftlichen Sektor (z. B. Maschinenhersteller, Wissenschaftler, Berater) sahen eine mangelnde Verfügbarkeit sowie Kosten von Handarbeitskräften als treibende Kraft für das Interesse in Feldrobotik zu investieren [Ri18; RCH21]. Als zusätzliche Akzeptanzfaktoren wurden unter anderem noch Datensicherheit und -hoheit, Betreuungsaufwand, Verbleib der Entscheidungsgewalt beim Nutzer und Kompatibilität mit bestehender Technologie genannt [Ri18; RCH20; RH20].

Somit wurden bisher zwar viele Erwartungen an den Einsatz von Robotik in der Landwirtschaft formuliert, jedoch gab es bis dato wenig Gelegenheit, diese auf Basis von Anwendererfahrung zu evaluieren. Denn aktuell verfügbare Feldroboter sind erst seit wenigen Jahren auf dem Markt, so dass nur wenige Anwender für Befragungen zur Verfügung stehen. Einer dieser marktverfügbaren Roboter ist der Farmdroid FD20, welcher Feinsämereien (z. B. Zuckerrübe, Raps) autonom sät und anschließend zur Beikrautregulierung hackt. Dieser Roboter ist im Rahmen des Bayerischen Sonderprogramms Landwirtschaft (BaySL) Digital förderfähig, welches eine Investitionsförderung von 40 % bis zu einer Investitionssumme von 100.000 € netto für automatische Beikrautregulierung, u. a. mittels Feldroboter vorsieht. Seit der Einführung der Förderkomponente Digitale Hack- und Pflanzenschutztechnik in BaySL Digital (Teil C) wurden insgesamt 74 Förderanträge für den Farmdroid FD20 gestellt (Stand Oktober 2022); Feldrobotik anderer Hersteller wurde in deutlich geringerem Umfang beantragt. Die Antragsteller erklärten sich bereit, für Umfragen und Interviews zur Verfügung zu stehen. Im Rahmen dieser *ex post* Befragung bietet sich nun die Gelegenheit, die tatsächlichen Motivationsgründe für die Investition in Feldrobotik sowie die Relevanz der möglichen Akzeptanzhemmnisse zu eruieren. In einer Fokusgruppendifkussion wurden im Speziellen die Beweggründe für die Investition, Anmerkungen zum Förderprozess sowie Erfahrungen aus dem Einsatz des FD20 adressiert. Diese erstmalige Diskusion unter Anwendern des FD20 erlaubt die Erfassung von Praxiserfahrungen aus den ersten beiden Jahren der Anwendung. Das Format der Fokusgruppendifkussion ermöglicht auch differenzierte Perspektiven aus der Praxis und bietet Maschinenherstellern, Wissenschaftlern und Fördermittelgebern wichtige Hinweise für technische Optimierung, zukünftige Forschungsfragen und zielgruppengenaue Bildungs- und Förderangebote.

## 2 Material und Methode

Aus der Liste der FD20-Förderungen wurden sechs Betriebe selektiert, die die Bewilligung für den FD20 bereits vor Saisonbeginn 2020 erhalten haben und somit schon über zwei Anbausaisons Erfahrungen mit der Technologie sammeln konnten. Die Liste wurde um weitere neun Betriebe ergänzt, die den FD20 nach Saisonbeginn 2020 jedoch noch vor Saisonbeginn 2021 erhielten. Diese 15 Erstnutzerbetriebe wurden telefonisch kontaktiert und zu einer Online-Fokusgruppendifkussion eingeladen, um Erfahrungen und Herausforderungen in den jeweiligen Einsatzbereichen in unterschiedlichen bayerischen Regionen zu erörtern.

Fokusgruppendifkussionen ermöglichen es, im Gegensatz zu Einzelinterviews, trotz eines begrenzten Zeitrahmens, eine Vielzahl an zwischenmenschlichen Interaktionen zu provozieren, um mehr Details und Hintergrundinformationen zu erfahren [Ma16]. Typisch für diese Erhebungsmethode ist ein grober Rahmen inhaltlicher Themenfelder, der durch vorgegebene Fragestellungen vorbereitet wird [Sc09]. Die Teilnehmer der Fokusgruppen können innerhalb der vorbereiteten Themen (Erwartungen, Förderprozess, Erfahrungen, Probleme und Herausforderungen, Verbesserungsvorschläge) frei diskutieren, wobei der

Moderator eingreift, sobald Themenfelder verlassen werden oder sich Inhalte in der Diskussion wiederholen.

Schließlich nahmen sieben der 15 kontaktierten Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter an der Online-Diskussionsrunde teil und gaben eingangs Informationen zu ihrer Person, zum Betrieb und zu den Einsatzfeldern des FD20 preis (Tabelle 1). In den aufgenommenen Merkmalen zu dem teilnehmenden Betriebsleiter, Betriebsformen, Standorten und relevanten Kulturen konnte eine breite Variabilität in der Gruppe festgestellt werden. Dies ist vorteilhaft für eine Fokusgruppendifkussion, da homogene Gruppen einen Erkenntnisgewinn über die Gesamtpopulation eher einschränken [Mo88].

TN	Geschlecht	Regierungsbezirk	Boden, Standort	Betriebsform	Relevante Kulturen FD20
1	männlich	Niederbayern	Löss-Lehm	Ackerbau, konventionell, Nebenerwerb	Zuckerrübe (säen und hacken)
2	männlich	Unterfranken	Löss; HN: 0-15%	Ackerbau, konventionell, Haupterwerb	20-25 ha Zuckerrübe
3	männlich	Oberbayern	Sandiger Lehm; BP: 50-60; höherer Niederschlag	Ackerbau, biologisch, Haupterwerb	Vertragsanbau Südzucker, 18 ha Zuckerrübe
4	männlich	Unterfranken	Löss, teils steinige Flächen; HN: 15%	Bio-Junghennen-aufzucht und 170ha Ackerbau	10-15 ha Zuckerrübe (säen und hacken)
5	weiblich	Schwaben	nicht genannt	Naturlandbetrieb, Nebenerwerb	10 ha Zuckerrübe; kommendes Jahr: 3 ha Grünkohl
6	männlich	Oberbayern	Löss-Lehm-Kies; BP: 75	Ackerbau, Forst, Obst; seit 2018 Bioanbau	8-10 ha Zuckerrüben (Testanbau Südzucker); 1,5 ha Raps (säen und hacken)
7	männlich	Schwaben	Löss-Lehm-Kies; Seiten-HN: z.T. >15%	Ackerbau, biologisch	10 ha Winterraps, 13 ha Zuckerrübe

Tab. 1: Übersicht und Charakteristika der Teilnehmer (TN) der Fokusgruppendifkussion; HN=Hangneigung; BP=Bodenpunkte

Die Tonspur der 90-minütigen Diskussionsrunde wurde aufgenommen, um sie im Anschluss für die Inhaltsanalyse zu transkribieren. Im Transkript wurden einzelne Aussagen der Teilnehmer kodiert und den ursprünglich untersuchten Themenfeldern der Fokusgruppendifkussion zugeordnet. Dabei wurden die ursprünglichen Themenfelder auf deren Relevanz in der Diskussionsrunde geprüft, abgeändert oder ergänzt. Das

Themenfeld „Förderprozess“ wurde beispielsweise nicht weiter behandelt, da sich alle Teilnehmer als sehr zufrieden mit dem Ablauf der Förderung im Rahmen von BaySL Digital äußerten. Am Ende der Analyse konnten fünf Themenfelder hervorgehoben werden. Die Diskussionsbeiträge je Themenfeld werden im Folgenden zusammengefasst dargestellt und teilweise durch Ankerzitate der FD20 Erstnutzer aus dem Transkript unter Angabe der Teilnehmernummer (TN) aus Tabelle 1 unterlegt.

### **3 Ergebnisse**

#### **3.1 Motive für die Investitionsentscheidung**

Die Gründe für die Investitionsentscheidung für den FD20 waren bei allen Landwirten ähnlich gelagert. Zum einen war die Sorge vorhanden, durch die Folgen von Covid-19 keine oder nur eingeschränkt Saisonarbeitskräfte anwerben zu können, die überwiegend aus dem EU-Ausland für diese Arbeiten anreisen. Auch deren Unterbringung in den Betrieben war aufgrund der Hygienebestimmungen mit Unsicherheiten verbunden. Der FD20 war zum Zeitpunkt des Pandemiebeginns in Deutschland marktverfügbar. BaySL Digital ermöglichte eine deutliche Minderung des Investitionsrisikos in diese neue Technologie. Die Erwartungen an den FD20 waren vor allem die Reduktion der benötigten Handarbeitsstunden und somit eine Resilienz der Produktion (Nichtverfügbarkeit von Saisonarbeitskräften für die manuelle Beikrautregulierung) sowie eine spürbare Kosteneinsparung.

#### **3.2 Robotereinsatz und Standortbedingungen**

Bei den Diskussionsteilnehmern wird der FD20 hauptsächlich zum Anbau von Zuckerrüben, aber auch für die Aussaat von Raps sowie das nachfolgende Hacken zwischen den Reihen eingesetzt. Ein Betriebsleiter plant im kommenden Jahr zusätzlich den Robotereinsatz im Grünkohl-anbau. Bezüglich der vom FD20 bearbeiteten Fläche zeigte sich bei den Diskussionsteilnehmern eine bemerkenswerte Spannweite zwischen 8 ha und 25 ha. Der Hersteller nennt hingegen einen maximalen Einsatz von 20 ha pro Saison [Fa22a].

Die Erwartungen an den Roboter wurden bei den meisten Betriebsleitern erfüllt. Der Roboter reduzierte die benötigten Handarbeitsstunden, aber ersetzte sie nicht vollständig. Wie zuverlässig der FD20 seine Arbeit erledigte, variierte stark in Abhängigkeit der betrieblichen und standörtlichen Rahmenbedingungen. Vor allem die Beschaffenheit der Bodenoberfläche (möglichst feines Bodengefüge, möglichst frei von Steinen, möglichst eben) zeigte sich als zentrale Voraussetzung für den technisch erfolgreichen Einsatz des Roboters.

Während die vorherrschenden Standortbedingungen schon vor dem Kauf des Roboters bekannt sind, bleibt die Stochastik des Witterungsverlaufs, welcher für die Befahrbarkeit

des Ackers von sehr hoher Bedeutung ist, eine Herausforderung. Hiervon hängt auch die Anzahl der benötigten Resthandhackstunden ab. Bei einer erfolgreichen Beikrautregulierung mit dem Roboter kann der Aufwand des manuellen Nachhackens stark reduziert werden. Im Gegensatz dazu sinkt bei einer schlechten Befahrbarkeit und daraus verminderten Beikrautregulierung durch den Roboter auch die Einsparung bei den Handhackstunden.

*„Ich glaube, dass wir uns im besten Fall 50-60 % Handhackarbeitsstunden eingespart haben. Komplette ohne Handhacken funktioniert es auf keinen Fall. Durch den Roboter hat man einen lockeren Boden und weniger Unkraut, sodass das Handhacken zügig abgeschlossen werden kann.“ (TN 2)*

Der Erfolg der Beikrautregulierung schwankte bei den meisten Teilnehmern der Diskussionsrunde zwischen den bisherigen Einsatzjahren. Dies wird vor allem mit unterschiedlichen Wetterbedingungen begründet. Der Roboter sollte bei Zuckerrüben zwischen Aussaat und Reihenschluss idealerweise einmal pro Woche über das zu bearbeitende Feld fahren und Beikräuter hacken. Ist das Feld aufgrund längerer Nässeperioden nicht befahrbar, können sich die Beikräuter zu stark etablieren, um mit den eher filigranen Hackwerkzeugen des FD20 noch wirksam entfernt werden zu können. Hier ist vor allem die geringe Geschwindigkeit des FD20 von < 1 km/h ein limitierender Faktor. Als Vorteil wird dagegen gesehen, dass der FD20 aufgrund seines relativ geringen Gewichts früher als konventionelle Technik auf einen nach Niederschlägen abtrocknenden Boden fahren kann. Im Vergleich zur Variante mit einer traktorgebundenen Hacke wurden in der Diskussion sowohl arbeitsorganisatorische Vorteile als auch Vorteile bei der Bodenschonung genannt. Bei sehr nassen Wetterbedingungen, in denen das Feld über lange Perioden nur mit dem deutlich leichteren Roboter befahrbar ist, kann also sogar ein strategischer Vorteil entstehen.

*„Dieses Jahr sind wir mit dem konventionellen Hackgerät durchgefahren, da die Wetterbedingungen dafür optimal waren. Letztes Jahr war dies nicht der Fall, somit konnte nur der Roboter hacken. Hierbei sieht man, dass der Roboter nicht so wetterabhängig ist wie die klassische Hacktechnik.“ (TN 3)*

*„Letztes Jahr konnten wir die Rüben ernten, während viele andere Bio-Bauern ohne FD ihre Rüben umreißen mussten.“ (TN 3)*

Eine eventuell stärkere Spätverunkrautung wird von den Landwirten als weitestgehend unproblematisch angesehen. Sie störe nicht bei der Ernte und führe bislang nach Meinung einiger Diskussionsteilnehmer auch zu keinen Einbußen im Ertrag der jeweiligen Kultur. Auch ein eventuell vermehrtes Aussamen von Beikräutern wurde von einem Teilnehmer als unproblematisch betrachtet, da die Böden ohnehin mit Beikrautsamen gesättigt seien.

*„Das Aussamen von der Spätverunkrautung sehe ich nicht als problematisch. Gerade bei den konventionellen Kollegen, die immer saubere Bestände haben, kommt jedes Jahr aufs neue Unkraut. Die Samenbank des Bodens ist immer prall gefüllt und wird wachsen.“ (TN 2)*

### 3.3 Erfahrungen zum Betreuungsaufwand und zur Systemzuverlässigkeit

Es zeigte sich eine große Übereinstimmung unter den Diskussionsteilnehmern im Hinblick auf den hohen Betreuungsaufwands der Roboter im Einsatz. Während des Betriebs des Roboters brauche es durchgehend eine Person in Bereitschaft, um eventuelle Standzeiten durch Fehler und Defekte zu vermeiden. In diesem Kontext wurde von den Diskussionsteilnehmern die mangelnde Zuverlässigkeit und Stabilität des Systems im Jahr 2020 hervorgehoben. Hier traten gehäuft Probleme und Defekte bei Hardwarekomponenten (Antriebsmotoren, Getrieben, Saatgutvereinzelung) auf. Ein Großteil dieser anfälligen Bestandteile wurden allerdings vor der Saison 2021 vom Hersteller gegen stabilere Ersatzteile ausgetauscht. Somit konnte für die folgenden Saisons bei einem Großteil der fehlerbehafteten Komponenten die Zuverlässigkeit erhöht werden. Weiterhin bemängelte einer der Diskussionsteilnehmer neben dem hohen Betreuungsaufwand die fehlende Möglichkeit, direkt in die Pfadplanung der Maschine eingreifen zu können:

*„Der Betreuungsaufwand ist der gleiche wie beim Melkroboter: Man muss immer erreichbar sein. Je intensiver man sich mit dem FD und der Bearbeitungsweise beschäftigt, desto genauer arbeitet er. Als Betreuungsperson muss man den Roboter ständig per App und Kamera überwachen und ggf. eingreifen. Sie muss immer erreichbar und einsatzfähig sein.“ (TN 4)*

Der Betreuungsaufwand für den Landwirt steigt weiterhin durch ein aufwändiges Umsetzen zwischen Feldern. Der FD20 darf nicht autonom auf öffentlichen Straßen fahren und ist auch auf Feldwegen durch die geringe Geschwindigkeit (< 1 km/h) und eine Breite von 3,6 m in seiner Manövrierfähigkeit eingeschränkt. Zwar ist ein Adapter für den Dreipunkt-Kraftheber des Traktors marktverfügbar, jedoch ist auch damit aufgrund der genannten Breite ein Transport nur auf Feld und Feldwegen, nicht aber auf öffentlichen Straßen möglich. Für den Transport auf öffentlichen Straßen muss der Roboter auf einen Tiefladeanhänger verladen werden. Vor allem bei mehreren kleineren und weiter verstreuten Feldern wird dies von den FD20-Nutzern in der Diskussion als spürbarer Mehraufwand hervorgehoben.

### 3.4 Erfahrungen zu den zusätzlichen Anforderungen beim Einsatz des Roboters

Die Landwirte in der Fokusgruppendifkussion sehen in der Filigranität der Maschine eine zusätzliche Herausforderung und zusätzliche Ansprüche an die Rahmenbedingungen am Feld. Zum einen wird ein Mehraufwand in der Bodenbearbeitung beobachtet, um die Felder möglichst fein herzurichten. So können vor allem größere Steine auf dem Acker schnell zu einem Problem für die Funktionalität des Systems werden.

*„Die Bodenbearbeitung muss präziser, ebener und gleichmäßiger sein als vor dem Robotereinsatz. Der FD verzeiht weniger als die klassischen Sägeräte am Schlepper“ (TN 6)*

Einen weiteren Nachteil stellen auch die im Vergleich zu traktorgebunden Hacken mit weniger Kraft einwirkenden Hackwerkzeuge dar. Somit können etablierte Beikräuter nur

eingeschränkt ausgehackt werden. Die dadurch notwendigen frühzeitigeren und regelmäßigeren Hackdurchgänge mit dem FD20 stellen eine Veränderung der Arbeitsweise und teilweise auch eine Mehrbelastung dar.

*„Wenn der Roboter – vom Wetter aus – fahren kann, dann muss man ihn auch unbedingt fahren lassen. Das Unkraut darf nicht zu groß werden“ (TN 6)*

Teilnehmer von Betrieben, die eine größere Fläche (> 18 ha) mit dem Roboter bewirtschaften, beklagen zudem den ungenügenden Energiespeicher, um den FD20 24 Stunden am Stück einsetzen zu können. Mit häufig auftretenden Standzeiten sinkt die Flächenleistung. Hier wusste sich einer der Betriebsleiter zur Ladung des FD20 mit einem Dieselaggregat zu helfen und übertraf damit sogar mehr als die vom Hersteller empfohlene Fläche von 20 ha. Der Hersteller bietet nun auch Akkus mit einer höheren Kapazität an [Fa22b].

*„Wenn ich Anfang März bzw. Ende April mit dem FD fahren will, dann reichen die Sonnenstunden nicht aus, damit das Gerät fahren kann. Somit bleibt er die ganze Nacht stehen. Meine Lösung war ein Stromaggregat, das ich eingebaut habe, damit er die ganze Nacht durchfahren kann, aufgrund des schlechten bevorstehenden Wetters. Wenn man die volle Schlagkraft des FDs braucht, dann fehlt sie.“ (TN 2)*

Die Diskussionsrunde verdeutlichte insgesamt, dass die Landwirte, die den FD20 im Einsatz haben, sich bei vielen technischen Problemen selbst zu helfen wussten. Als Beispiel wurde genannt, dass aufgrund der Modularität des Roboters Probleme wie das Einklemmen von Steinen durch kleinere konstruktive Veränderungen zu lösen waren. So nahmen beispielsweise mehrere Diskussionsteilnehmer Modifikationen an den werkseitigen Hackwerkzeugen vor. Ein betroffener Betriebsleiter veränderte die Konstruktion, indem er den Klutenräumer verbreiterte, um Steine aus dem Weg zu schieben, die ansonsten die Andruckrollen des Säaggregats verklemmt hätten. Durch die langsame Fahrgeschwindigkeit des FD20 kann der Landwirt neben dem Roboter herlaufen, um die Arbeitsqualität zu beurteilen und iterative Verbesserungseinstellungen oder eigene Umbauten zu testen. Die Möglichkeit, selbst Umbauarbeiten vorzunehmen, wurde positiv bewertet.

*„Es ist gut, dass die Gerätschaft nicht sehr schwer ist und ich ihn selbstständig umbauen kann.“ (TN 5)*

Die Fokusgruppendifkussion zeigte generell, dass bei den „early adopters“ des Feldroboters ein gewisses Maß an technischem und agronomischem Verständnis vorhanden sein sollte, um die Implementierung des FD20 im eigenen Betrieb möglichst effektiv umzusetzen.

### **3.5 Fazit der Nutzer nach den ersten beiden Einsatzjahren**

Die finale Frage in der Diskussionsrunde „Würden Sie den Roboter mit den Erfahrungen, die sie jetzt haben, nochmal kaufen?“ wurde von den Teilnehmern differenziert



beantwortet. Ein Teil der Betriebsleiter ist grundsätzlich zufrieden mit dem FD20, würde aber den Roboter aufgrund des deutlich gestiegenen Listenpreises bei Wegfall der Förderung (BaySL Digital) aktuell nicht mehr kaufen. Eine zweite Gruppe schätzt die neu gewonnene Sicherheit bzw. Resilienz der Produktion in Bezug auf die geminderte Abhängigkeit und Unsicherheit bei der Verfügbarkeit von Saisonarbeitskräften für Hackarbeiten und würde zu ähnlichen Konditionen wieder investieren. Eine dritte Gruppe empfand den FD20 als Arbeitserleichterung, würde aber mit heutigem Erfahrungswissen zuerst weitere technologische Entwicklungen abwarten und sich gegebenenfalls ein anderes autonomes System zur Beikrautregulierung kaufen, das „mit der Technik weiter“ ist (TN 3). Der Roboter wurde von den Diskussionsteilnehmern grundsätzlich als geeignete Technologie für ihre Pflanzenproduktion eingeschätzt, da damit manuelle Pflegearbeiten ersetzt werden können. Er wird vor allem geschätzt, weil er als zweite Säule zur Handhacke Kosteneinsparung und Sicherheit für die Produktion bietet. Jedoch hängt die Kaufentscheidung stark von der Investitionssumme und damit von der Förderung ab. Ebenso wird auf die Verfügbarkeit von Alternativprodukten gehofft.

#### **4 Diskussion und Ausblick**

Die bayerischen „early adopters“ des Farmdroid FD20 zeigten in der Fokusgruppendifkussion eine grundsätzliche Zufriedenheit mit dem Einsatz des FD20 in den ersten beiden Anbaujahren, kommunizierten jedoch auch mehrere Ansatzpunkte für technische Verbesserungen an dem Feldroboter. Da der FD20 werksseitig mit filigranen Hackwerkzeugen ausgestattet ist, müssen Hackdurchgänge in einer höheren Regelmäßigkeit erfolgen als beispielsweise mit einer traktorgeführten Hacke. Während des Roboterbetriebs sind die Landwirte zudem in ständiger Bereitschaft, um Standzeiten zu vermindern und den Transport zwischen den Feldern zu organisieren. Somit müssen die Nutzer des FD20 einen hohen zeitlichen Aufwand für die Betreuung, aber auch für notwendige eigene Modifikationen an Antriebskomponenten oder Hack- und Säwerkzeugen betreiben, um die Einsatzfähigkeit des Feldroboters im eigenen Betrieb zu verbessern und das System an die spezifischen Standortbedingungen anzupassen.

Der Einsatz eines Feldroboters unterscheidet sich stark von der Feldbearbeitung mit dem Traktor, nicht nur in Bezug auf die Arbeitsgänge selbst, sondern auch in Bezug auf die technische Zuverlässigkeit. „Early adopters“ müssen daher bereit sein, das Risiko von erhöhten Einarbeitungskosten und Anfangsschwierigkeiten in Kauf zu nehmen. Die Relevanz eines direkten Austausches zwischen Hersteller und Anwender für die Weiterentwicklung von Feldrobotik [vgl. Ri18; Ro21] wird auch von den Teilnehmern der Fokusgruppendifkussion bestätigt. In diesem Kontext ist hervorzuheben, dass die Teilnehmer die Kommunikation mit dem Hersteller des FD20 und die Bereitschaft, auf Änderungsvorschläge einzugehen, durchaus positiv bewerten.

Die Diskussionsteilnehmer erwarteten sich von dem Feldroboter eine deutliche Reduktion der Handhackstunden, vor allem vor dem Hintergrund der Covid19-Pandemie und der damit verbundenen Unsicherheit der Verfügbarkeit der Handarbeitskräfte. Die

Einschränkungen der Pandemie verstärkten das bereits bestehende Problem sinkender Verfügbarkeit von Handarbeitskräften, welche bereits vor dem Jahr 2020 als möglicher Faktor für die Adoption von Feldrobotern genannt wurde [Ri18]. Jedoch verdeutlichte die Diskussion auch die Unsicherheit bei der Arbeitersparnis durch Feldroboter [vgl. Ri18; RCH21]. So lässt sich durch den Roboter die Handarbeit in der Beikrautregulierung unter günstigen Rahmenbedingungen (Boden, Witterung) zwar reduzieren, aber nicht vollständig ersetzen. Dies und die zusätzliche Mehrarbeit für den Anwender relativieren die erwartete Arbeitszeitreduktion [RH21; RTH21; Sp21]. Vielmehr lässt sich sagen, dass die Einsparung repetitiver Arbeitsabläufe, wie das manuelle Hacken, einer Erhöhung von zeitlichem Aufwand durch Logistik, Betreuung und technische Tätigkeiten am Roboter gegenüberzustellen ist.

Diese Beobachtungen verweisen auf Parallelen zu Veränderung der Arbeitsorganisation durch den Einsatz von Melkrobotern. Erfahrungen mit automatischen Melksystemen in der Milchviehhaltung zeigen, dass sich die Art der Arbeit verändert, aber nicht zwangsläufig reduziert [Ma22b; He22]. Gleichwohl sollte bedacht werden, dass die Feldrobotik im Gegensatz zur Melkrobotik erst seit Kurzem marktverfügbar ist und somit Rückmeldungen von Anwendern in den kommenden Jahren erheblich zum technischen Fortschritt beitragen können. Aktuelle Projekte aus Forschung und Wirtschaft [bspw. DR22; Fr22a; Fr22b] deuten an, dass in den kommenden Jahren Effizienzgewinne in bestimmten, aktuell noch arbeitsintensiven Schritten, z. B. dem Einmessen der Felder, zu erwarten sind. Jedoch unterliegen bestimmte Arbeiten wie Aufsichtspflichten [Lo21b] oder der Transport auf öffentlichen Straßen rechtlichen Restriktionen, so dass dieser Mehraufwand durch Feldrobotik längerfristig bestehen bleiben wird.

#### Literaturverzeichnis

- [DR22] Dahlia Robotics, Our Solution, <https://dahliarobotics.com/>, Stand: 10.10.2022.
- [Fa22a] Farmdroid ApS, FAQ, <https://farmdroid.dk/de/faq-deutsch/>, Stand: 28.09.2022.
- [Fa22b] Farmdroid ApS, Upgrade from AGM to Lithium batteries, <https://knowledge.farmdroid.io/upgrade-to-lithium-batteries-on-2020-robots>, Stand: 28.09.2022.
- [Fo15] Fountas, S. et al.: Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 115, S. 40-50, 2015.
- [Fr22a] Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik, CERES Kooperative Cloud-Plattform für die Landwirtschaft, <https://www.fit.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/digitale-gesundheit/fraunhofer-anwendungszentrum-symila/projekt-highlights/ceres.html>, Stand: 10.10.2022.
- [Fr22b] Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme, helyOS® Control Tower Softwareframework für mobile Maschinen,

<https://www.ivi.fraunhofer.de/de/forschungsfelder/automatisierte-systeme/helyos-control-tower-softwareframework-fuer-mobile-maschinen.html>, Stand: 10.10.2022.

- [Ga22] Gandorfer, M. et al.: Adoption and Acceptance of Digital Farming Technologies in Germany. In (Dörr, J.; Nachtmann, M. Hrsg.): Handbook Digital Farming. Springer Berlin, Heidelberg, S. 30-34, 2022.
- [He22] Henchion, M.M. et al.: Developing ‘Smart’ Dairy Farming Responsive to Farmers and Consumer-Citizens: A Review. *Animals* 12, 360, 2022.
- [Lo21a] Lowenberg-DeBoer, J. et al.: Economics of autonomous equipment for arable farms. *Precision Agriculture*, 22, S. 1996-2006, 2021.
- [Lo21b] Lowenberg-DeBoer, J. et al. Lessons to be learned in adoption of autonomous equipment for field crops. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 44, 2, S. 848-864, 2021.
- [Ma16] Mayring, P.: Einführung in die qualitative Sozialforschung. Beltz, Weinheim, Basel, 2016.
- [Ma22a] Maritan, E. et al.: Economically optimal farmer supervision of crop robots. *Smart Agricultural Technology*, 3, 100110, 2022.
- [Ma22b] Martin, T. et al.: Robots and transformations of work in farm: a systematic review of the literature and a research agenda. *Agronomy for Sustainable Development*, 42, 66, 2022.
- [Mo88] Morgan, D.L.: Focus Groups as Qualitative Research. Sage, Newbury Park, CA, 1988.
- [RCH21] Rübcke von Veltheim, R.; Clausen, F.; Heise, H.: Autonomous Field Robots in Agriculture: A Qualitative Analysis of User Acceptance According to Different Agricultural Machinery Companies. In (Gotter, C. et al. Hrsg.): Vorträge der 60. Jahrestagung der GEWISOLA, Halle (Saale) 2020. Landwirtschaftsverlag, Münster, S. 49-61, 2021.
- [Re15] Redhead, F. et al.: Bringing the Farmer Perspective to Agricultural Robots. In (ACM Hrsg.): CHI'15 EA: Proceedings of the 33<sup>rd</sup> Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 18.-23. April 2015, Seoul, Republik Korea, S. 1067-1072, 2015.
- [RH20] Rübcke von Veltheim, F.; Heise, H.: The AgTech Startup Perspective to Farmers Ex Ante Acceptance Process of Autonomous Field Robots. *Sustainability*, 12, 10570, 2020.
- [RH21] Rübcke von Veltheim, F.; Heise, H.: German Farmers’ Attitudes on Adopting Autonomous Field Robots: an Empirical Survey. *Agriculture*, 11, 216, 2021.

- [Ri18] Rial-Lovera, K.: Agricultural Robots: drivers, barriers and opportunities for adoption. In (ISPA Hrsg.): Proceedings of the 14th International Conference on Precision Agriculture, 24.-27. Juni 2018, Montreal, Quebec, Canada, 2018.
- [Ro21] Rose, D.C. et al.: Responsible development of autonomous robotics in agriculture. *Nature Food*, 2, S. 306-309, 2021.
- [RTH21] Rübcke von Veltheim, F.; Theuvsen, L.; Heise, H.: German farmers' intention to use autonomous field robots: a PLS-analysis. *Precision Agriculture*, 2021.
- [Sc09] Schirmer, D. et al.: *Empirische Methoden der Sozialforschung: Grundlagen und Techniken. Basiswissen Soziologie*, 3175. UTB, Stuttgart, 2009.
- [Sp21] Spykman, O. et al.: Farmers' perspectives on field crop robots – Evidence from Bavaria, Germany. *Computers and Electronics in Agriculture*, 186, 106176, 2021.