

## Nutzerreport

# Drohnen­daten für den teil­flä­chen­spe­zi­fi­schen Pflanzenschutz – Einschätzungen und Anforderungen aus Sicht der Nutzer

im Rahmen des Experimentierfelds Agro-Nordwest



Foto: Shutterstock 1994898182 bereitgestellt durch Agrotech Valley Forum e.V.

Gefördert durch



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Bundesanstalt für  
Landwirtschaft und Ernährung



EXPERIMENTIERFELD  
AGRO-NORDWEST

## **Nutzerreport**

# Drohnen­daten für den teil­flä­chen­spe­zi­fi­schen Pflanzenschutz – Einschätzungen und Anforderungen aus Sicht der Nutzer

im Rahmen des Experimentierfelds Agro-Nordwest

Förderkennzeichen: 28DE103F18

### **Autor\*innen**

Christine Henseling                      c.henseling@izt.de  
Jost Neumann

unter Mitwirkung von Siegfried Behrendt, Kathrin Gegner, Johanna Grimm, Sabrina Linsmaier,  
Zoe Willim

Berlin 2022

IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung  
[www.izt.de](http://www.izt.de)

# Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund: Anwenderintegration für bedarfsgerechte Innovationsansätze im Experimentierfeld Agro-Nordwest.....	4
2	Vorgehensweise und Aufbau des Papiers.....	5
3	Teilflächenspezifischer Pflanzenschutz mit Hilfe von Drohnen zur Fernerkundung .....	6
4	Der Use Case „Drohnen­daten für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz“ im Experimentierfeld Agro-Nordwest.....	7
5	Einschätzungen und Anforderungen der Nutzer an den drohnengestützten teilflächenspezifischen Pflanzenschutz .....	7
5.1	Vorteile und Chancen des Einsatzes von Drohnen­daten für den teilflächenspezifischen Pflanzenschutz .....	8
5.2	Defizite und Hemmnisse .....	9
5.3	Nutzeranforderungen für den Drohnengestützten teilflächenspezifischen Pflanzenschutz .....	10
5.4	Einsatzbereiche von Drohnen für den Pflanzenschutz .....	12
6	Einschätzungen zur zukünftigen Verbreitung der Technologie.....	13
7	Fazit .....	14
8	Literatur .....	16

# 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](http://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 Anwendern<sup>1</sup> 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 **der Drohnengestützten Fernerkundung für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz** 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:

- Welche Anforderungen haben Landwirte und Lohnunternehmer an die Nutzung von Drohrendaten für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz?

---

<sup>1</sup> 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 Vorteile sehen sie im Hinblick auf den Einsatz von Drohnen zur Fernerkundung für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz?
- Welche Nachteile bzw. Risiken sehen sie?
- Wie können vorhandene Defizite überwunden werden
- Wie wird die zukünftige Entwicklung der Technologie eingeschätzt?

## 2 Vorgehensweise und Aufbau des Papiers

Um die Anforderungen und Bedarfe der Nutzer mit Blick auf die Nutzung von Drohnen für den teilflächenspezifischen Pflanzenschutz 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 Experteninterviews mit Akteuren aus den Bereichen Lohnunternehmen, Agrarunternehmen sowie einer Landwirtschaftskammer statt. Innerhalb des Experimentierfeldes Agro-Nordwest wurden außerdem Einzel- und Gruppengespräche mit den am Use Case beteiligten Wissenschaftlern durchgeführt.

Die Fokusgruppe fand am 29.11.2021 als digitale Veranstaltung statt. An der Fokusgruppe nahmen Landwirte, Lohnunternehmer sowie ein Dienstleistungsanbieter von Drohnenflügen in der Forst- und Landwirtschaft teil. Die Teilnehmenden haben unterschiedliche Erfahrungsstände in der Anwendung digitaler Landwirtschaftstechnologien. Allgemein gaben alle Teilnehmenden an aufgeschlossen gegenüber digitalen Technologien zu sein. Ziel war es, mit den Teilnehmern herauszuarbeiten, 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, den unterschiedlichen Ansätzen und zum aktuellen Stand des drohnengestützten teilflächenspezifischen Pflanzenschutzes gegeben werden (Kapitel 3). In Kapitel 4 wird der Use Case „Drohnen für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz“, 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. Kapitel 6 gibt die Einschätzungen der Befragten zur zukünftigen Verbreitung des Anwendungsfall an. In einem Fazit (Kapitel 7) werden die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst.

### 3 Teilflächenspezifischer Pflanzenschutz mit Hilfe von Drohnen zur Fernerkundung

Pflanzenschutzmaßnahmen aus phytosanitären Gründen oder zur Unkrautbekämpfung erfolgen zurzeit standardgemäß bei landwirtschaftlichen Betrieben als nicht differenzierte, ganzflächige Anwendungen. 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 (Heuser et al. 2018; Kopfinger und Vinzent 2021). Der wissenschaftliche Beirat des Nationalen Aktionsplans zur Nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln benannte in einer Stellungnahme die Handlungsbedarfe und erläuterte Vorschläge, um die Nachteile abzubauen und gleichzeitig die Nahrungsmittelsicherheit zu erhalten. Dazu gehört unter anderem auch die Reduzierung des chemischen Pflanzenschutzes, um die Umweltauswirkungen zu beschränken (Niggli et al. 2019).

Teilflächenspezifische Anwendungen stellen eine Möglichkeit der Reduzierung des chemischen Pflanzenschutzes dar. Dabei werden mit Hilfe von Applikationskarten, die auf der Grundlage von im Vorhinein erhobenen Daten erstellt werden, Pflanzenschutzmittel appliziert. Durch diese spezifische Ausbringung werden die Pflanzenschutzmittel nur noch auf die Stellen bzw. Pflanzen ausgebracht, auf denen sie benötigt werden.

Für die konkrete Ausführung stehen unterschiedliche Möglichkeiten mit unterschiedlichen Einsparpotentialen zur Verfügung. Von relativ simplen, von Landwirten erstellten Boniturkarten, die zu groben Applikationszonen führen, bis hin zur Einzelpflanzen-Bewirtschaftung, bei der jede Pflanze erfasst ist und individuell behandelt wird (Wegener et al. 2019; Lieder 2022). Insbesondere digitale Methoden basierend auf einer technischen Fernerkundung wie Satellitenbilder, Kameras an bodengestützten Fahrzeugen oder Drohnenbildern bieten signifikante Einsparungspotentiale (Fernandez-Quintanilla et al. 2017).

Eine vielversprechende Methode des teilflächenspezifischen Pflanzenschutzes stellt die Verwendung von Drohnen (UAV<sup>2</sup>) zur Fernerkundung dar. In diesem Fall werden von der zu behandelnden Fläche mithilfe einer mit Kameras bzw. Sensoren ausgestatteten Drohne aktuelle Aufnahmen erstellt. Diese sind zuverlässiger als Satelliten- oder Flugzeugaufnahmen, da sie eine höhere Auflösung haben und auch bei bewölktem Wetter erhoben werden können. Je nach angebrachtem Sensor bzw. Kamera können spektrale Merkmale (Gesundheitszustand, Stressfaktoren), geometrische Faktoren (Wuchshöhe, Biomasse, Bodenbedeckungsgrad) und temporale Eigenschaften (Biomasseentwicklung, Entwicklung von Stresssymptomen) ermittelt werden. Durch mitgeführte RTK-Sender kann dabei zu jeder Aufnahme der genaue Standort ermittelt werden (Kehl et al. 2021).

Aus den gewonnenen Aufnahmen kann mit einer Software eine aktuelle Applikationskarte erstellt werden. Dieser Anwendungsfall ist besonders für Herbizidanwendungen in der konventionellen Landwirtschaft interessant, da vergleichsweise einfache Kameratechnik benötigt wird und durch die Preissteigerungen bei Herbiziden eine relativ große Kosteneinsparung umgesetzt werden kann. Zur Durchführung können mit Sensoren und Kameras Unkräuter erkannt werden und durch Feldspritzen mit Spot Spraying Funktion behandelt werden (Lieder 2022). Im Gegensatz dazu besteht bei

---

<sup>2</sup> UAV: Unmanned Aerial Vehicles

teilflächenspezifischen Maßnahmen zur Krankheits- oder Schädlingsbehandlung noch erheblicher Entwicklungsbedarf. Die benötigte Erkennungssensorik und Systeme zur Erstellung von Applikationskarten müssen komplexere Situationen erkennen und verarbeiten (Dammer und Adamek 2012).

Nach einer repräsentativen Umfrage des Bitkom e.V. (2022) hat der Einsatz von Drohnen in der Landwirtschaft in den letzten Jahren zugenommen. Zum Zeitpunkt der Befragung gaben 19% der teilnehmenden Landwirte an, Drohnen in ihrem Betrieb für unterschiedliche Zwecke einzusetzen. (Befragt wurden Leiter landwirtschaftlicher Betriebe ab 20 ha.) Aufgrund der zahlreichen Potentiale wird eine weitere Verbreitung in den kommenden Jahren erwartet.

## 4 Der Use Case „Drohnen­daten für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz“ im Experimentierfeld Agro-Nordwest

Im Rahmen des Experimentierfeldes Agro-Nordwest wird durch die Hochschule Osnabrück in Kooperation mit der Universität Osnabrück im genannten Anwendungsfall die technische Umsetzbarkeit einer teilflächenspezifischen Pflanzenschutzapplikation am Beispiel der Kultur Silomais überprüft. Mittels Drohnen­daten sollen während der Entwicklung der Maiskultur (Silomais) Beikrautnester identifiziert, klassifiziert und auf einer digitalen Applikationskarte ackerflächenspezifisch markiert werden. Durch die genaue Lokalisierung ist es möglich, Pflanzenschutz punktuell und umweltschonend vorzunehmen, indem Herbizide nicht auf der gesamten Fläche, sondern bedarfsspezifisch zum Einsatz kommen. Der Anwendungsfall untersucht dabei drei Technologien und ihr Zusammenwirken: Drohnen, Applikationskarten sowie Anbaufeldspritzen.

Ziel des Use Cases ist es festzustellen, wie sich Beikrautnester innerhalb eines Schrages mit Hilfe von drohnengestützten Bildaufnahmen automatisiert und mit möglichst hohem Detailgrad bei gleichzeitig geringstmöglichem Ressourceneinsatz erfassen und teilflächenspezifisch behandeln lassen. Dazu wird auch untersucht, wie ökonomisch effizient ein teilflächenspezifischer Pflanzenschutz auf Grundlage von Drohnen­daten und den daraus generierten Applikationskarten für ein Spot-Spraying ist.

## 5 Einschätzungen und Anforderungen der Nutzer an den drohnengestützten teilflächenspezifischen Pflanzenschutz

Ob der Einsatz von Drohnen­daten für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz eine breite Anwendung finden wird, ist entscheidend davon abhängig, wie die Anwendung bedarfsgerecht gestaltet und von potentiellen Nutzern akzeptiert wird. Folglich ist die Akzeptanz der Innovation eine Voraussetzung, wenn ihre Durchsetzung im 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 von Drohnendaten für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz identifiziert werden.<sup>3</sup>

## 5.1 Vorteile und Chancen des Einsatzes von Drohnendaten für den teilflächenspezifischen Pflanzenschutz

Aus Sicht der befragten Landwirte und Lohnunternehmer bzw. Dienstleister können sich durch den Einsatz eines drohnengestützten teilflächenspezifischen Pflanzschutzes verschiedene Vorteile und Chancen ergeben.

### **Kostenreduzierung durch Mengenreduktion an blattaktiven Herbiziden**

Ein klarer Vorteil des teilflächenspezifischen Pflanzschutzes wird in der geringeren Aufwandmenge pro Hektar und den damit einhergehenden Einsparungen im Einkauf gesehen. Hierbei wurde besonders auf den Unterschied zwischen bodenaktiven Herbiziden, für die keine Bildbetrachtung und damit auch keine Einsparung möglich ist, und den blattaktiven Herbiziden, für die ein erhebliches Einsparungspotential gesehen wird, hingewiesen.

*„Also für mich ist das ganz klar: weniger Pflanzenschutzmittel einkaufen müssen heißt weniger Kosten für den Betrieb [...]“<sup>4</sup>*

Dabei sei – den Erfahrungen eines befragten Lohnunternehmers zufolge – die Wirtschaftlichkeit aktuell erst bei Schlägen einer bestimmten Größe gegeben.<sup>5</sup>

### **Gesellschaftliche Vorteile: Umweltschutz**

Durch eine geringe Aufwandmenge pro Anwendung wird auch eine Verringerung der Umweltschäden angenommen. Dies stellt einen weiteren großen Vorteil des teilflächenspezifischen Einsatzes dar.

*„[...]weniger Pflanzenschutzmittel ausbringen heißt, weniger die Umwelt schädigen.“*

*„Und das zweite ist natürlich auch der Umwelt-Gedanke, um eben weniger Pflanzenschutzmittel ausbringen zu müssen.“*

Auch aus Sicht eines Experten einer Landwirtschaftskammer wird die Einschätzung geteilt, dass die Reduzierung der Aufwandmengen und damit eine reduzierte Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln einen ökologischen Mehrwert darstellt.<sup>6</sup>

Diese umweltschonende Bewirtschaftung bewirkt aus Sicht der Landwirte zum einen eine positive gesellschaftliche Wahrnehmung und damit ein höheres Ansehen der Landwirtschaft. Zum anderen

---

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

<sup>4</sup> Alle Zitate stammen aus der Fokusgruppe mit Landwirten und Lohnunternehmern, die am 29.11. 2021 durchgeführt wurde

<sup>5</sup> Interview mit einem Vertreter eines Lohnunternehmens vom 28.03.2022

<sup>6</sup> Experteninterview mit einem Vertreter einer Landwirtschaftskammer vom 01.09.2021



erhoffen sich die befragten Landwirte eine finanzielle Förderung für den ökologischen Mehrwert der neuen Technologie.

*„Meines Erachtens wäre das durchaus förderungswürdig.“*

Dass ein teilflächenspezifischer Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu einer positiveren Wahrnehmung der (konventionellen) Landwirtschaft in der Gesellschaft führt, wird allerdings nicht von allen Teilnehmern erwartet. Es wurde auch eingewendet, dass sich für Außenstehende kaum etwas sichtbar ändern werde, da die Pflanzenschutzmaßnahme auch beim Spot Spraying mit einer Anbauspritze erfolge.

### **Erhalt von Wirkstoffen**

Ein Vorteil wird auch im Erhalt von Wirkstoffen gesehen. Die Diskussionsteilnehmer erhoffen sich von einer Mengenreduktion der eingesetzten Pflanzenschutzmittel eine erhöhte Bereitschaft seitens der zuständigen Behörden, bestimmte Mittel länger in der Zulassung zu halten, die bei großflächiger Applikation eventuell die Zulassung aus Umweltschutzgründen verlieren würden. Möglicherweise könne es über solche Systeme zur teilflächenspezifischen Ausbringung auch ermöglicht werden, in Gebieten, in denen besonders strenge Vorgaben gelten (z.B. Trinkwasser-Schutzgebiete) trotzdem bestimmte Mittel einzusetzen.

Der Aspekt, durch die geringeren Aufwandmengen Zulassungsverlängerungen für Mittel, die anderenfalls ihre Zulassung verlieren könnten, zu ermöglichen, wurde auch in einem der Experteninterviews als Vorteil betont.<sup>7</sup>

## **5.2 Defizite und Hemmnisse**

### **Genauigkeit der Unkrauterkenennung**

Es besteht noch Unsicherheit, ob das vorgestellte Nutzungsszenario die gleiche Effektivität in der Unkrautvernichtung erreicht wie die herkömmliche großflächige Ausbringung der Herbizide. Es werden Ernteeinbußen durch nicht vernichtete Unkräuter befürchtet.

*„Also für mich ist das größte Hindernis die Arbeitsgenauigkeit, die Arbeitsqualität. Werden wirklich alle Beikräuter erkannt? [...] Oder habe ich bei all dem was wir da betreiben nachher trotzdem noch die Beikräuter in der Kulturpflanze stehen und hab dann eben entsprechend den Schaden für die Ernte.“*

Darüber hinaus herrschen noch Zweifel, ob die Unkrauterkenennung auch in einem späteren Vegetationsverlauf noch gut funktioniert, wenn durch das größere Blattwerk der Pflanzen kein klarer Kontrast mehr zum braunen Boden besteht.

### **Schlechteres Verhältnis von Aufwand zu Nutzen bei kleinen Flächen**

Aus Sicht der befragten Landwirte sind die notwendigen Investitionen und der Aufwand für die eigene Durchführung für kleinere Betriebe und Betriebe mit kleinen Flächeneinheiten wahrscheinlich zu groß. Das Einsparpotential ist in diesem Fall voraussichtlich gering. Für solche Betriebe würde eher die Vergabe des Auftrages an einen Dienstleister in Frage kommen.

---

<sup>7</sup> Experteninterview mit einem Vertreter eines Lohnunternehmens am 28.03.2022

## **Widrige Wetterverhältnisse können den Einsatz von Drohnen einschränken**

Ein zentrales Hemmnis wird auch in der eingeschränkten Einsatzfähigkeit bei Regenwetter und starkem Wind gesehen. Für eine erfolgreiche Herbizidanwendung steht nur ein bestimmtes Zeitfenster zur Verfügung. Die Befliegung muss dem vorhergehend auch zu einem bestimmten Zeitpunkt durchgeführt werden. Ist eine Drohnenbefliegung aufgrund der Wetterverhältnisse nicht möglich, kann es zu Verzögerungen bei der Umsetzung der Pflanzenschutzmaßnahme kommen. Dies ist aus Sicht der Landwirte problematisch.

## **Qualifikation und Folgekosten**

In der Diskussion werden auch Bedenken geäußert, dass der zeitliche Aufwand für die Einarbeitung in die notwendige Software zur Nutzung der gewonnenen Daten, wie beispielsweise in ein Geoinformationssystem, recht hoch sei. Nicht immer seien die notwendigen Kenntnisse schon vorhanden und müssten dann im Selbststudium erworben werden. Auch verfüge nicht jeder Betrieb über die technischen Voraussetzungen an Hardware und Software.

*„Und wenn ich jetzt als Landwirt mich in ein GIS-Programm reinarbeite und das noch nie gemacht habe, dann ist das ja schon ein Heidenaufwand und nicht jeder hat die Zeit dafür und auch gar nicht die technische Möglichkeit im Büro.“*

## **Zeitverzug bis zur vorliegenden Applikationskarte**

Die Diskussionsteilnehmer beschreiben weiter, dass aktuell die Auswertung der Drohnen- und die Erstellung der Applikationskarten teilweise im Hinblick auf den optimalen Anwendungszeitraum noch zu lange dauert.

*„[...] so wie bei uns in den Kartoffeln, da kann manchmal schon schnell ein Schaden entstanden sein, wo man dann sagt: Okay. Jetzt schaue ich über [...] diese Drohnenkarte hinweg. Ich spritz jetzt einfach.“*

## **Teilflächenspezifische Ausbringung bei Kombination blatt- und bodenaktiven Herbiziden schwierig**

Eine teilspezifische Ausbringung von Pflanzenschutzmittel ist nur bei blattaktiven Substanzen möglich. Somit wäre im vorliegenden Nutzungsszenario die Ausbringung blattaktiver (teilflächenspezifisch) und bodenaktiver Substanzen (großflächig) nicht mehr in einem Arbeitsgang möglich wäre. Hierfür erfordert es entweder einen zweiten Arbeitsgang oder komplexere Technik (Anbaufeldspritze mit zwei Kammern und separater Steuerung).

## **5.3 Nutzeranforderungen für den Drohnengestützten teilflächenspezifischen Pflanzenschutz**

Aus der Fokusgruppe sowie den Interviews können folgende Anforderungen identifiziert werden, die die Nutzer an den Drohneneinsatz für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz stellen.

### **Einsparpotential**

Die befragten Landwirte sehen als zentrale Anforderung den Nachweis von tatsächlichen Einsparungen in Bezug auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln an. In einem Experteninterview wurde beschrieben, dass erste Anwendungsversuche im Grünland zeigten, dass durch Spot Spraying auf Basis von

Drohnen Daten die Menge der benötigten Herbizide deutlich verringert werden konnte.<sup>8</sup> Für die Landwirte ist es essenziell, Aufschluss über Einsparmengen anhand von Praxisversuchen und Modellrechnungen zu erhalten, um Einschätzungen für eigene Anwendungsmöglichkeiten treffen zu können. Hierbei ist die Betrachtung von unterschiedlichen Kulturen und Feldgrößen relevant. Weitere Vorteile und Potentiale der Technologie (ökonomische sowie Umweltvorteile) hängen unmittelbar davon ab, wie hoch die Reduzierung der Aufwandmenge ausfällt.

### **Einfache Handhabung**

Eine Voraussetzung dafür, dass das System in der Breite von Landwirten und Lohnunternehmern eingesetzt wird, ist eine nutzerfreundliche, einfache Handhabung und eine geringe Störanfälligkeit. Das System müsse verlässlich funktionieren und im entscheidenden Moment einsatzbereit sein. In einem Experteninterview wurde dieser Aspekt betont. Erst wenn die Handhabung stark vereinfacht ist und nur noch wenig neues Know-how oder neue Qualifikationen erfordern, sieht der Experte diese Nutzeranforderung für Landwirte erfüllt.<sup>9</sup>

### **Investitionskosten und Wirtschaftlichkeit**

Eine wichtige Voraussetzung, damit sich das System in der landwirtschaftlichen Praxis durchsetzen kann, ist die Erzielung eines Kostenvorteils für den Landwirt. Erst durch eine geringere Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln können die höheren Investitionskosten sowie die Kosten zur Erstellung der Applikationskarten kompensiert werden. Für den Landwirt muss der finanzielle Mehrwert, der sich am Ende ergibt, deutlich werden. Die befragten Landwirte gaben dazu auch an, dass für eine effektive Nutzung der Technologie auch professionelle Dienstleistungsangebote auf dem Markt bestehen müssen, da besonders für kleinere Betriebe die Anschaffung einer eigenen Drohne und der nötigen Software nicht kosteneffizient sei.

In einem Experteninterview mit einem Vertreter eines Lohnunternehmens äußerte dieser darüber hinaus, dass die Einsparvorteile größer werden, wenn zukünftig kostengünstige Mittel ihre Zulassung verlieren bzw. allgemein die Kosten für Pflanzenschutzmittel steigen.<sup>10</sup>

### **Kompatible und einheitliche Software**

Um die Zuverlässigkeit und Erkennungsgenauigkeit von Software zur Erstellung von Applikationskarten zu verbessern, halten die befragten Landwirte eine Zusammenführung möglichst vieler Datensätze für wichtig. Durch die Verarbeitung einer Vielzahl an Datensätzen von unterschiedlichen Betrieben können mittels Techniken des maschinellen Lernens die Unkrautererkennung und die Abbildung dessen in den Applikationskarten verbessert werden.

Einheitliche Software bietet darüber hinaus den Vorteil Kompatibilitätsprobleme zu verbessern. In einem Experteninterview wurde der Mangel an einheitlichen Formaten (bspw. für Applikationskarten, Bedienterminals oder Maschinenaufträge) als kritischer Faktor benannt, den es zu überwinden gilt.<sup>11</sup>

---

<sup>8</sup> Experteninterview mit einem Vertreter eines Agrarunternehmens am 01.09.2021

<sup>9</sup> Experteninterview mit einem Vertreter einer Landwirtschaftskammer am 01.09.2021

<sup>10</sup> Experteninterview mit einem Vertreter eines Lohnunternehmens vom 28.03.2022

<sup>11</sup> Experteninterview mit einem Vertreter eines Agrarunternehmens am 01.09.2021

## Datengenauigkeit

Zentrale Voraussetzung dafür, dass eine teilflächenspezifische Anwendung erfolgreich ist, ist die Genauigkeit der auf Basis der Drohnenbilder ermittelten Daten. Dabei seien – entsprechend der Einschätzung eines Interviewpartners – Drohnenaufnahmen deutlich besser für die Erstellung von Applikationskarten geeignet als Satellitendaten.<sup>12</sup>

Für eine effektive Nutzung muss eine hohe Verlässlichkeit bei der Detektion von Unkräutern mittels Drohnen Daten gegeben sein. Die befragten Landwirte haben jedoch noch Zweifel, ob die Erkennungsgenauigkeit auch unter schwierigen Umständen und zu fortgeschrittenen Vegetationsphasen zuverlässig gegeben ist. Es liegen jedoch bereits Erfahrungen aus der Forstwirtschaft vor, die eine zuverlässige Detektion belegen.

*„[...] wir haben da fünf Jahre trainiert für Erkennungsgenauigkeiten von 95 % und größer [...] also ich denke, dass wir schon die Anforderungen auch in der Praxis tatsächlich erfüllen können.“*

## Datenhoheit

Den befragten Landwirten sind auch Datenhoheit und der Umgang mit den gewonnenen Daten ein wichtiges Thema. Sie gaben an, dass klar nachvollziehbar sein muss, auf welchen Informationen die Daten in den Applikationskarten basieren. Auch muss es möglich sein, die Daten vor dem Hintergrund der eigenen Kenntnisse und Erfahrungen zu überprüfen, um sie gegebenenfalls anpassen zu können.

*„Insofern muss man als Anwender noch die Datenhoheit haben und dann auch Grenzen verschieben können oder eben diese kontrollieren können. Das ist ganz wichtig in diesem Punkt, dass man das nicht komplett outsourct.“*

## 5.4 Einsatzbereiche von Drohnen für den Pflanzenschutz

Der Einsatz von Drohnen für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz steht in der Landwirtschaft noch vor Herausforderungen. Die Wirtschaftlichkeit dieser Technologie ist zurzeit eher bei großen Anbauflächen gegeben. Zusätzlich sind auf dem Markt noch zu wenige Anbieter vorhanden, um Landwirten flächendeckend Angebote mit einer nutzbaren Dienstleistung zu unterbreiten.

Die befragten Landwirte sehen die Nutzung von Drohnentechnik generell nicht in den landwirtschaftlichen Betrieben selbst, sondern bei Lohnunternehmern oder externen Dienstleistern. Die Handhabung der Software ist aus ihrer Sicht für die meisten Betriebe zu aufwendig, um in die Arbeitsabläufe von Landwirten integriert zu werden. Auch kann eine ausreichende Auslastung der Technik nur in sehr großen Betrieben realisiert werden und stelle somit für die Mehrheit keine sinnvolle Option dar.

*„Ich glaube an breiter Front innerhalb Deutschlands werden nachher Spezialisten diese Drohnenüberflüge machen.“*

Auch ein Experte eines Lohnunternehmens schätzt die Anforderungen an die Technologie so ein, dass spezialisierte Dienstleister benötigt werden, die über tiefgehendes Verständnis der genutzten Anwendungen verfügen.<sup>13</sup> Bei einem Nutzungsszenario, bei dem der Landwirt den Drohneneinsatz selbst

<sup>12</sup> Experteninterview mit einem erfahrenen Anwender vom 09.02.2022

<sup>13</sup> Experteninterview mit einem Vertreter eines Lohnunternehmens vom 28.03.2022

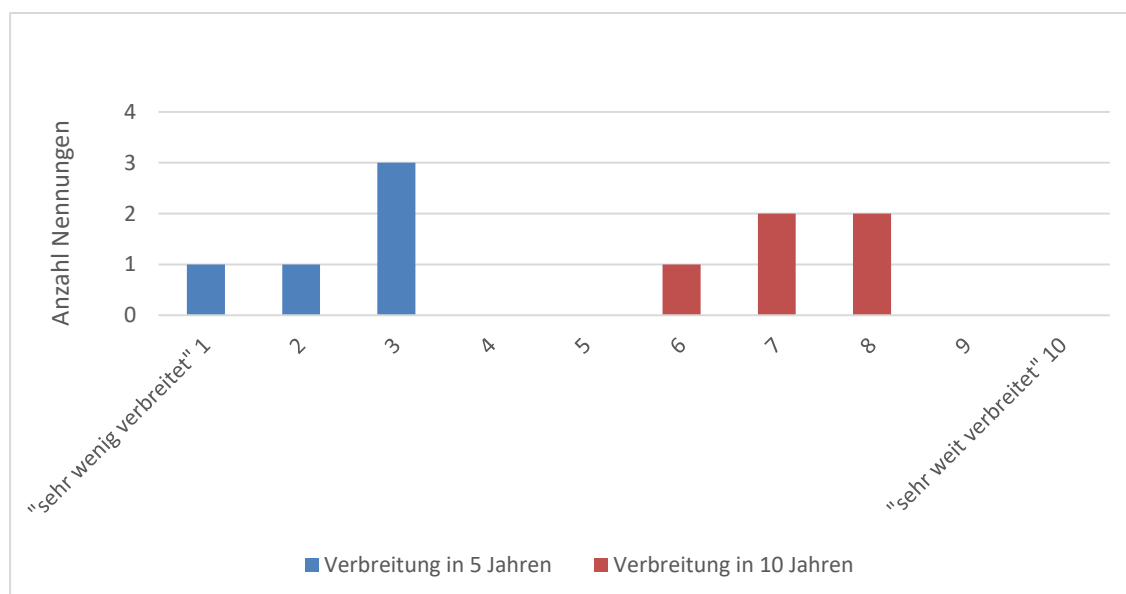
durchführt, sei ein hoher Grad an Unterstützung bei der Auswertung der Daten nötig. Die Durchführung der Drohnenbefliegung könne durchaus vom Landwirt selbst übernommen werden. Die Auswertung der Aufnahmen könne jedoch nicht in dessen Aufgabengebiet liegen. Hier sei er auf Dienstleistungen angewiesen. In der Fokusgruppe wurde die Idee einer automatisierten Plattform diskutiert, bei der der Landwirt seine Daten hochlädt und eine Applikationskarte zum Download erhält.

Als konkrete Anwendungsfälle werden gegenwärtig nur Herbizidanwendungen gesehen. Für die Bekämpfung von Krankheiten (Pilzen, Bakterien) oder Schädlingen sei die Technologie noch nicht ausgereift. Zukünftig sehen viele der befragten Landwirte einen Einsatzbereich des drohnengestützten teilflächenspezifischen Pflanzenschutzes in der Ausbringung von Pflanzenschutzmittel, die für ganzflächige Maßnahmen nicht mehr zugelassen sind.

## 6 Einschätzungen zur zukünftigen Verbreitung der Technologie

Um einen Eindruck zu erhalten, wie die weitere Entwicklung von Drohnen für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz aussehen wird, wurde der Aspekt in der Fokusgruppe aufgegriffen. Die Gesprächspartner wurden gefragt, wie sie die Verbreitung von Drohnen für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz in fünf bzw. zehn Jahren einschätzen (auf einer Skala von 1 = „sehr gering verbreitet“ bis 10 = „sehr weit verbreitet“). Die Einschätzungen der befragten Personen liegen dabei dicht beieinander. Während der Verbreitungsgrad in 5 Jahren noch als eher gering eingeschätzt wird, gehen die Befragten in 10 Jahren von einer starken Verbreitung der Technologie aus. So liegt der angenommene Verbreitungsgrad in 5 Jahren zwischen 1 und 3 (Mittelwert 2,4). In 10 Jahren rechnen die meisten Befragten mit einer stärkeren Verbreitung des Drohneneinsatzes (Mittelwert 7,2).

**Abbildung 1: Einschätzung der Verbreitung des Drohneneinsatzes in fünf bzw. 10 Jahren**



Quelle: eigene Darstellung

Die Aussagen der Experteninterviews bestätigten diese Zahlen mit ähnlichen Einschätzungen. Auch sie sehen die weitere Verbreitung deutlicher in dem Zeithorizont von 10 Jahren. Als Gründe gaben die Experten an, dass zum einen der Mehrwert der Technologie noch nicht ausreichend nachgewiesen ist und damit für die potentiellen Nutzer derzeit noch schwer greifbar bleibt. Zum anderen sehen die Experten noch zu wenig Anbieter dieser Technologie auf dem Markt. Bislang scheinen es hauptsächlich Einzelfälle zu sein, in denen Landwirte bzw. Dienstleister mit der Technologie arbeiten. Des Weiteren beurteilen die befragten Experten die verfügbare Software noch als nicht völlig ausgereift. Für eine breitere Anwendung müsse diese anwenderfreundlicher und zuverlässiger arbeiten.

## 7 Fazit

Die befragten Landwirte und Lohnunternehmer sehen Potentiale in der Nutzung von Drohnendaten für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz. Als größter Vorteil wird die mögliche Einsparung von Pflanzenschutzmitteln gesehen. Daraus leiten sich für die Befragten die weiteren Potentiale und Vorteile der Technologie ab. Durch eine geringe Aufwandmenge können Kosten reduziert werden. Insbesondere vor dem Hintergrund der steigenden Beschaffungspreise erscheint diese Option den befragten Landwirten und Lohnunternehmern attraktiv. Gleichzeitig können die Umweltauswirkungen reduziert werden. Dies wird als Möglichkeit gesehen, strengere Auflagen sowie höhere Umweltschutzstandards einhalten zu können. Ferner erhoffen sich die Befragten durch die deutlich reduzierte Applikationsmenge, dass Mittel und Wirkstoffe weiterhin zugelassen werden, die anderenfalls für ganzflächige Anwendungen keine Zulassung mehr erhalten würden. Auch dadurch, dass die Beschaffungskosten für einzelne Herbizide steigen, werden teilflächenspezifische Maßnahmen attraktiver.

Sowohl die befragten Landwirte und Lohnunternehmer als auch die befragten Experten sehen jedoch noch Herausforderungen und Entwicklungsbedarf, um Drohnendaten flächendeckend für teilflächenspezifische Maßnahmen nutzen zu können. Eine zentrale Herausforderung stellt aus Sicht der befragten Landwirte noch die Erkennungsgenauigkeit der Unkräuter im voranschreitenden Vegetationsverlauf dar. Es sind Nachweise erforderlich, dass es nicht zu Qualitätseinbußen bei der Ernte im Vergleich zum herkömmlichen breitflächigen Herbizideinsatz kommt. Weitere wesentliche Aspekte sind die benötigte Zeit und die notwendigen Kenntnisse zur Erstellung der Applikationskarten. Die Befragten gaben an, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Bedienung der Software vermutlich zu aufwendig und komplex für den Alltag von Landwirten sei. Es wurde deutlich, dass die Aufbereitung der Bilddaten und die Erstellung der Applikationskarte nicht in der Zuständigkeit des Landwirts oder Lohnunternehmers gesehen werden. Als interessante Möglichkeit sehen die Befragten die Nutzung einer automatisierten Schnittstelle (beispielsweise einer Online-Plattform), auf der die gewonnenen Bilddaten hochgeladen werden und die Applikationskarte zeitnah generiert wird.

Voraussetzung für eine weitere Verbreitung ist ein wirtschaftlicher Mehrwert durch die Nutzung der Technologie für die landwirtschaftlichen Betriebe. Dazu muss die Beschaffung der benötigten Technologie (Drohne, Software, Feldspritze mit Spot Spraying) oder die Beauftragung einer solchen Maßnahme bei einem Lohnunternehmer bzw. Dienstleister wettbewerbsfähig mit einer konventionellen Maßnahme sein. Seitens der Landwirte besteht noch Unsicherheit darüber, unter welchen Bedingungen eine solche teilflächenspezifische Anwendung für sie wirtschaftlich vorteilhaft ist. Hier fehlen Praxisversuche und Beispielrechnungen, um Betrieben eine Orientierung zu geben. Für viele Befragte ist

es eher vorstellbar, die Drohnenbefliegung sowie die Erstellung der Applikationskarte an einen Dienstleister zu vergeben, anstatt dies selbst durchzuführen. Allerdings existieren gegenwärtig nur wenige Anbieter solcher Leistungen auf dem Markt.

Die Befragten rechnen damit, dass in den kommenden fünf Jahren die Technologie in der Landwirtschaft noch eher gering verbreitet sein wird. Erst in den nächsten zehn Jahren wird eine weitergehende Verbreitung von Drohnendaten für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz vermutet. Ein wichtiger Schritt, um die Akzeptanz bei den Anwendern zu verbessern wäre es, Demonstrationsvorhaben durchzuführen, die sichtbar machen, worin der finanzielle Mehrwert liegt, welche Kosten anfallen und wie hoch die Einsparungen bei Pflanzenschutzmitteln ausfallen.

## 8 Literatur

- Bitkom e.V. (2022): Die Digitalisierung der Landwirtschaft. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-05/Bitkom-Charts%20Landwirtschaft.pdf>, zuletzt geprüft am 25.09.2022.
- Dammer, Karl-Heinz; Adamek, Rolf (2012): Sensor-Based Insecticide Spraying to Control Cereal Aphids and Preserve Lady Beetles. In: *Agronomy Journal* 104 (6), S. 1694–1701. DOI: 10.2134/agronj2012.0021.
- Fernandez-Quintanilla et al. (2017): Is the current state of the art of weed monitoring suitable for site-specific weed management in arable crops - Fernández-Quintanilla - 2018 - Weed Research - Wiley Online Library. Online verfügbar unter <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/wre.12307>, zuletzt geprüft am 28.06.2022.
- Fichter, Klaus (2005): Modelle zur Nutzerintegration in den Innovationsprozess. Möglichkeiten und Grenzen der Integration von Verbrauchern in Innovationsprozesse für nachhaltige Produkte und Produktnutzungen in der Internetökonomie. Berlin.
- Heuser, S; Demmel, M; Pfeiffer, J; Gandorfer, M (2018): Automatisierte mechanische Unkrautregulierung. In: *Digitale Marktplätze und Plattformen*, S. 99–102.
- Kehl, Christoph; Meyer, Rolf; Steiger, Saskia (2021): Digitalisierung der Landwirtschaft: gesellschaftliche Voraussetzungen, Rahmenbedingungen und Effekte. Teil II des Endberichts zum TA-Projekt. Arbeitsbericht Nr. 194. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Berlin. Online verfügbar unter <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000142951/146338637>, zuletzt geprüft am 12.04.2022.
- Kopfinger, S.; Vinzent, B. (2021): Erprobung und Bewertung eines autonomen Feldroboters. Informations- und Kommunikationstechnologien in kritischen Zeiten. Hg. v. Meyer-Aurich et al. (Informatik in der Land- Forst und Ernährungswirtschaft).
- Lieder, Sebastian (2022): Chancen und Risiken der Digitalisierung für eine Ökologisierung einzelner Arbeitsschritte der ackerbaulichen Produktion. In: Frank Fuchs-Kittowski, Andreas Abecker und Friedhelm Hosenfeld (Hg.): *Umweltinformationssysteme - Wie trägt die Digitalisierung zur Nachhaltigkeit bei?* Tagungsband des 28. Workshops "Umweltinformationssysteme (UIS 2021)" des Arbeitskreises „Umweltinformationssysteme“ der Fachgruppe „Informatik im Umweltschutz“ der Gesellschaft für Informatik (GI). 1st ed. 2022. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Vieweg (Springer eBook Collection), S. 127–148. Online verfügbar unter <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/wre.12307>.
- Niggli, Urs; Gerowitt, Bärbel; Brühl, Carsten; Liess, Matthias; Schulz, Ralf (2019): Pflanzenschutz und Biodiversität in Agrarökosystemen. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Unter Mitarbeit von Judith Riedel. Hg. v. Wissenschaftlicher Beirat zum Nationalen Aktionsplan Pflanzenschutz beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Online verfügbar unter [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Ministerium/Beiraete/pflanzenschutz/Stellungnahme\\_Pflanzenschutz\\_Biodiversitaet\\_in\\_Agraroeosystemen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/pflanzenschutz/Stellungnahme_Pflanzenschutz_Biodiversitaet_in_Agraroeosystemen.pdf?__blob=publicationFile&v=2), zuletzt geprüft am 16.02.2022.



Wegener, Jens Karl; Urso, Lisa-Marie; Hörsten, Dieter von; Hegewald, Hannes; Minßen, Till-Fabian; Schattenberg, Jan et al. (2019): Spot farming – an alternative for future plant production. 70-89 Seiten / Journal of Cultivated Plants, Bd. 71 Nr. 4 (2019): Themenheft Neue Pflanzenbausysteme. DOI: 10.5073/JfK.2019.04.02.

[www.izt.de](http://www.izt.de)

---