Leibniz Centre for
Agricultural Landscape Research
(ZALF)

Digitale Technologien für den Biodiversitätsschutz in der Landwirtschaft

Technologiebericht

Leibniz-Gemeinschaft

Technologiebericht im Rahmen des FE-Vorhabens: *Chancen und Risiken der Digitalisierung der Landwirtschaft aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes, ein gemeinsames Projekt von Leibniz-Zentrum für Agrarlandforschung (ZALF) e.V. und Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), umgesetzt von ZALF. e.V.*

Impressum

Herausgeber	Leibniz-Zentrum für Agrarlandforschung (ZALF) e.V.
Stand	November 2021
Autor*innen	Tsvetelina Krachunova, Prof. Dr. agr. Sonoko Dorothea Bellingrath-Kimura (ZALF e.V.)
Mitarbeit	Dr. Steffen Lange (IÖW)

Tsvetelina Krachunova
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Straße 84. 15374
tsvetelina.krachunova@zalf.de

Prof. Dr. agr. Sonoko Dorothea Bellingrath-Kimura
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Straße 84. 15374
belks@zalf.de

www.zalf.de

Das diesem Bericht zu Grunde liegende FE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen

© 2021 ZALF e.V. Deutschland, Müncheberg

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis II

1 Einleitung und Zielsetzung 1

2 Kontext: Digitale Technologien und Biodiversität 1

2.1 Diskussionspapier als Grundlage für den Befragungsansatz 1

2.2 Digitale Technologien mit Relevanz für den Biodiversitätsschutz 2

2.3 Auswahl von digitalen Technologien mit Relevanz für den Biodiversitätsschutz 2

3 Methodik der Interviews 5

3.1 Vorgehen bei der Erstellung der Interviews 5

3.1.1 Interviewstruktur 5

3.1.2 Analyse der Interviews 6

3.2 Übersicht der Expert:innen 6

3.3 Interviewablauf 7

4 Ergebnisse 7

4.1 Bewertung der literaturbasierten Analyse 7

4.1.1 Forschung und Wissenschaft 7

4.1.2 Entwicklung und Vertrieb 8

4.1.3 Landwirtschaftsbetriebe 8

4.2 Treiber für die Nutzung 9

4.3 Potenziale und Risiken für die Biodiversitätserhaltung 10

4.4 Hemmnisse von biodiversitätsfördernden Potenzialen 11

4.5 Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen zur Biodiversitätserhaltung 12

4.6 Voraussetzungen für die Weiterentwicklung von digitalen Technologien 13

4.7 Fördermaßnahmen zur Biodiversitätserhaltung 14

5 Auswertung und Ausblick 15

Literaturverzeichnis III

Abkürzungsverzeichnis

GAIA-X	Europäisches Projekt für eine vernetzte und sichere Dateninfrastruktur
GIS	Geografische Informationssysteme
GPS	Globales Positionsbestimmungssystem
UAV	Unmanned Aerial Vehicle

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Digitalisierung birgt große Potenziale, landwirtschaftliche Prozesse unter Verwendung digitaler Technologien zu optimieren. Bislang dienen die Vorteile der Digitalisierung einer effizienteren Produktion, einem effizienteren Einsatz von Ressourcen sowie einer Erleichterung bei Dokumentations- und Verwaltungsvorgängen. Die Nutzung digitaler Technologien ist aus heutiger Sicht primär aufgrund der ökonomischen Vorzüge interessant. Gleichzeitig birgt die Digitalisierung ein Risiko, dass der Verlust von biologischer Vielfalt, die in großem Maße die Agrarlandschaften betrifft, mit der digitalen Transformation noch weiter vorangetrieben wird. Daher ist es notwendig, den Mehrwert als auch Risiko einer Digitalisierung in der Landwirtschaft in Bezug auf den Naturschutz zu untersuchen.

Zielsetzung des gesamten Forschungsvorhabens ist es, die direkten und indirekten Auswirkungen digitaler Technologien in der Landwirtschaft auf Natur und Umwelt zu identifizieren, analysieren und zu bewerten. Dafür wurde ein Überblick über bestehende Technologien im Agrarbereich und die damit verbundenen Chancen und Risiken für die biologische Vielfalt beziehungsweise den Naturschutz erstellt. Der Fokus lag dabei auf den Pflanzenbau und die Grünlandbewirtschaftung, da hiervon die größten Effekte auf die biologische Vielfalt im Offenland ausgehen. Der literaturbasierte Überblick in Form von Diskussionspapier (Kleim et al., 2021) und die darin enthaltenen Bewertungen und Schlussfolgerungen dienen als Grundlage für den vorliegenden Technologiebericht.

2 Kontext: Digitale Technologien und Biodiversität

2.1 Diskussionspapier als Grundlage für den Befragungsansatz

Das Diskussionspaper – eine literaturbasierte Analyse der Chancen und Risiken der Digitalisierung in der Landwirtschaft (Kliem et al., 2021) – ergab, dass das primäre Ziel von digitalen Technologien die effiziente Nutzung von Ressourcen zur Ertragssteigerung ist. Die Nutzung digitaler Technologien bringt grundsätzlich Chancen zur ökonomischen Effizienzsteigerung von Betriebsmitteln und zur Reduktion von Treibhausemissionen. Der Erhalt und Schutz von Biodiversität und Ökosystemen sind nach aktuellem Stand der Literatur kein primäres Ziel der Digitalisierung der Landwirtschaft, sondern stellen einen sekundären Effekt dar. Neben dieser primären Zielsetzung ergeben sich auch Chancen zum Schutz und Erhalt von Biodiversität sowie von anderen Ökosystemleistungen (siehe 2.3). Trotz der Chancen, die die Digitalisierung bietet, besteht das Risiko, dass digitale Technologien zur weiteren Intensivierung von Agrarsystemen beitragen. Dies könnte die Transformation zur nachhaltigen Landwirtschaft erschweren. Welche positiven und negativen Auswirkungen die Digitalisierung in der Landwirtschaft tatsächlich haben wird, ist wissenschaftlich noch nicht belegt. Der Forschungsbedarf ist hierfür aktuell groß. Für die Gestaltung der Digitalisierung in der Landwirtschaft ist eine Technologie- und Innovationspolitik ausschlaggebend, die eine

umweltgerechte Antwort auf die Frage gibt, wer welche Technik zu welchem Zweck entwickelt und entsprechende Anreize setzt (Kliem et al., 2021).
In diesem Kontext wurden Expert:innenmeinungen zu digitalen Technologien mit Relevanz für den Biodiversitätsschutz herangezogen, die die Potenziale, Risiken und Hemmnisse aus eigener Facherfahrung bewertet haben.

2.2 Digitale Technologien mit Relevanz für den Biodiversitätsschutz

Als Auswahlkriterium dient hierbei, welche digitalen Technologien besondere Relevanz für den Schutz der Biodiversität in der Landwirtschaft beinhalten. Auf der einen Seite wurden Technologien, welche große Potenziale bieten die Artenvielfalt zu unterstützen und mit Hilfe derer sich biodiversitätsfördernde Maßnahmen schneller umsetzen lassen, für die Experteninterviews gewählt. Auf der anderen Seite wurden solche Technologien selektiert, von denen besonders große Risiken für die Biodiversität erwartet werden. Es wurden je eine bis zwei Funktionsweisen aus insgesamt drei Technologiebereichen betrachtet. Basierend auf der Technologie-Recherche im Diskussionspapier wurden die Technologien mit dem höchsten Potenzial für Biodiversitätsschutz ausgesucht.

2.3 Auswahl von digitalen Technologien mit Relevanz für den Biodiversitätsschutz

Die folgenden drei, nach den Kriterien aus Abschnitt 2.2 ausgewählten Technologiebereiche, weisen in der literaturbasierten Analyse die größten Potenziale in Bezug auf die Biodiversitätserhaltung und -schutz auf. Basierend auf der Analyse wurden fünf Funktionsweisen der Technologien identifiziert, die in den jeweiligen Technologiebereichen vorgestellt werden.

DIGITALE LANDMASCHINENSYSTEME

Beschreibung der Technologie: Die digitalen Landmaschinensysteme sind die Pioniere der Präzisionslandwirtschaft. Ihre Funktionen basieren auf räumlichen Daten aus GIS und/oder GPS, die von Landwirt:innen zur Optimierung von Feldvorgängen eingesetzt werden. Als digitale Landmaschinensysteme wird hier der Aspekt der Aktorik aufgezeigt. Sensorbasierte autonome Systeme werden in dem nächsten Abschnitt zu „Sensorik und Robotik" beschrieben. Die Nutzung digitaler Landmaschinensysteme ermöglicht landwirtschaftlichen Betrieben eine teilautomatische Maschinenführung, die hauptsächlich zur Entlastung der Fahrer:in und zur präziseren Arbeit eingesetzt werden. Durch den Einsatz und die Interpretation flächenspezifischer Satellitenbilder zur gesamten Vegetationsperiode, können jedoch auch Dünge- und Pflanzenmittelgaben optimiert werden (Fiorese & Guariso, 2010). Das skandinavische Projekt CropSAT stellt dafür fortlaufend Satellitenbilder von landwirtschaftlichen Flächen kostenfrei zur Verfügung (Alshihabi et al., 2020). Satellitenbilder liefern zudem Daten zur Erfassung von essentiellen Biodiversitätsvariablen wie

beispielsweise zur Zusammensetzung von Biozönosen (Proença et al., 2017). Die Anschaffungskosten der Software für digitale Landmaschinensysteme sind im Vergleich zu anderen digitalen Technologien günstig, einige Dienste werden auch kostenfrei zur Verfügung gestellt (Söderström et al., 2016).

Gründe für die Auswahl: Größte Chancen zur Implementierung von teilflächenspezifischen Maßnahmen zur Reduktion von Pflanzenschutz- und Düngemitteln. Gleichzeitig hohe Risiken für eine zu präzise Nutzung beispielsweise im Randbereich, ohne dabei ausreichende Lebensräume für die Flora und Fauna zu ermöglichen.

Funktionsweise der Technologie (1): Nutzung von Satellitenaufnahmen während der Vegetationsperiode zur bedarfsgerechten Düngemittelapplikation sowie zu einer gezielten Pflanzenschutzmittelanwendung.

Sensoren und Robotik

Beschreibung der Technologie: Sensoren sind Geräte, die Informationen durch Beobachtung sammeln (Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020). Es wird grundsätzlich zwischen aktiven und passiven Sensoren unterschieden (Solari et al., 2008). Passive Sensoren reflektieren das Sonnenlicht und können keine eigene Strahlung abgeben. Ihre Messungen erfolgen im sichtbaren und im infraroten Bereich des elektromagnetischen Spektrums (Erdle et al., 2011). Aktive Sensoren können Strahlung emittieren und gleichzeitig auch empfangen. Sie senden Strahlung im Mikrowellenbereich (ibid.). Passive Sensoren helfen stationär bei der Kartierung und Bewertung von großen Landwirtschaftsflächen (Adão et al., 2017; Baojie et al., 2017). Als mobile Tools finden aktive und passive Sensoren Anwendung bei der Reduzierung von Düngemenge. Die wahrgenommene Lichtreflektion der Pflanzenbestände gibt einen Aufschluss über die aktuelle Chlorophyllversorgung, wodurch eine bedarfsgerechte Stickstoffversorgung ermöglicht wird (Bogue, 2017; Reckleben, 2014; Tremblay et al., 2009). Ertragspotenzialkarten mit mehrjährigen Aufnahmen von Flächen während der Vegetationsperiode sind dabei als Hintergrundinformation für die richtige Kalibrierung der Sensoren notwendig (Drücker, 2018). Multispektrale Bilder aus passiven Sensoren können zudem beim Monitoring und der Bewertung von Agrarökosystemen behilflich sein (Dorigo et al., 2007; Redhead et al., 2020; Vadrevu et al., 2008). Der Einsatz von Sensoren erfolgt oft in Kombination mit Robotik (Bellon M. & Huyghe, 2017; Tansey et al., 2009). Als Roboter werden autonome Maschinen bezeichnet, die imstande sind, ihre Umwelt abzutasten, auszuwerten und daraufhin Entscheidungen zu treffen (Best, 2020; Steward et al., 2019). Die Entwicklung von Robotern für die Landwirtschaft verfolgt primär das Ziel, den Arbeitsaufwand für landwirtschaftliche Betriebe zu reduzieren (Große Wortmann, 2019). Hierbei liegt ein besonderer Fokus auf der Unkrautregulierung. Unkrautregulierende Robotertechnologien unterscheiden sich in ihren Anwendungsbereichen. Computerbasierte Roboter können anhand von Kameras und Pflanzenbildern gezielte mechanische oder chemische Unkrautregulierung im Reihenbereich in Echtzeit durchführen (Arakeri et al., 2017; Lameski et al., 2018). Sensorbasierte Roboter eignen sich für die Erkennung und Bekämpfung von Unkrautarten zwischen den Reihen (Bawden et al., 2017). Erste Roboter können auch

zwischen verschiedenen Pflanzenarten unterscheiden (Buddha et al., 2019). Dies ist für die Diversifizierung von Pflanzenarten auf landwirtschaftlichen Flächen von großer Relevanz. Zur Biodiversitätserhaltung und -erfassung werden neben Monitoringdaten aus Großflächenaufnahmen auch andere umfassende Pflanzenmerkmale benötigt. Der mittels einer App gesteuerte Roboter *Bonirob* kann beispielsweise wichtige Merkmale wie Pflanzenlänge, Bestandesdichte, Sprossdicke und Biomasse erfassen. Solche Boniturarbeiten erfolgen zur Zeit meistens manuell und sind mit großem Aufwand verbunden (Biber et al., 2012). Der Einsatz von Robotik ist jedoch größtenteils noch in der Entwicklungsphase (ibid.).

Gründe für die Auswahl: Größte Branche, die künftig die digitale Transformation der Landwirtschaft stark prägen wird. Neue, bisher nicht mögliche Bewirtschaftungsmethoden in Bezug auf die Biodiversität können realisiert werden, wobei sich auch die Aufgabe der Landwirt:innen groß verändern wird.

Funktionsweise der Technologie (2): Nutzung von passiven und aktiven Sensoren zur Analyse der Reflexions-Eigenschaften und des Ernährungszustandes von Pflanzenbeständen.

Funktionsweise der Technologie (3): Umweltschonende Robotertechnik mit Kameraführung, die eine präzise Unkrautregulierung in Pflanzenbeständen ermöglicht.

DROHNEN

Beschreibung der Technologie: Die umgangssprachliche Bezeichnung „Drohne" bezieht sich auf ein unbemanntes Luftfahrzeug (UAV – Unmanned Aerial Vehicle), das von Menschen ferngesteuert oder durch einen integrierten Computer teilautonom gesteuert wird (Bendel, 2019). Drohnen werden immer handlicher und kommen oft kostengünstiger als andere Technologien zum Einsatz. Landwirtschaftliche Betriebe nutzen Drohnen aktuell primär zur Schädlingsbekämpfung, zum Beispiel von Maiszynslern (Lutz, 2017; Rohleder & Krüsken, B., Reinhardt, H., 2020). Im großflächigen Einsatz von Drohnen liegt jedoch auch Potenzial für den Biodiversitätsschutz (Librán-Embid et al., 2020). Teilflächenspezifische Unkraut-regulierung aus drohnengestützten Multispektraldaten lässt beispielsweise Ackerbegleitflora stehen, ohne das Wachstums von Mais zu beeinträchtigen (Wittstruck et al., 2021). Drohnen werden zudem zur Kartierung, Überwachung, 3-D-Modellierung oder zur akustischen Aufnahme von Flächen eingesetzt. Besonders auf Flächen bis zu einer Größe von 50 Hektar ist die zeitliche und räumliche Auflösung der Bildaufnahmen von Drohnen der Qualität von Satellitenaufnahmen weit überlegen. Weitere Vorteile von Drohnen sind eine hohe Flexibilität und die Fähigkeit, viele verschiedene Arten von Sensoren auch über die Feldränder hinaus zu transportieren. Entsprechend erlaubt der Einsatz von Drohnen die Gesamtheit der floristischen und faunistischen Vielfalt auf landwirtschaftlichen Flächen und angrenzenden Habitaten detailliert zu erfassen (Librán-Embid et al., 2020).

Gründe für die Auswahl: Eine Branche mit hoher Dynamik, die bereits zur digitalen Transformation der Landwirtschaft beiträgt. Die Nutzung von Drohnen ist immer häufiger in der Praxis zu finden. Neue

Bewirtschaftungsmethoden und Entscheidungsgrundlagen werden bereitgestellt, so dass ein Umdenken bei den Landwirt:innen gefordert wird.

Funktionsweise der Technologie (4): Teil- oder vollautonome Drohnen, die Unkraut im Flug erkennen und gezielt Pflanzenschutzmittel ausbringen.

Funktionsweise der Technologie (5): Drohnen, die zur Erfassung, Bearbeitung und Analyse von Bilddaten in Echtzeit im Feld Nutzung finden.

3 Methodik der Interviews

3.1 Vorgehen bei der Erstellung der Interviews

In diesem Abschnitt erfolgt eine prägnante Beschreibung der Methodik für die Erstellung der Interviews.

3.1.1 Interviewstruktur

Als Instrument zur Erhebung von Expertenmeinungen, zum Thema digitale Technologien für den Biodiversitätsschutz, wurde ein leitfadengestützter Interviewablauf konzipiert. Es wurden semistrukturierte Interviews durchgeführt, die wie folgt aufgebaut waren.

I. ERZÄHLSTIMULUS durch Einleitung in die Thematik, wobei der Fokus auf die Beschreibung der zu erfragenden Technologiebereichen lag.

II. THEMATISCH GESTALTETE FRAGEN, die vorerst auf immanente und später auf exmanente Antworten zielten.

III. INTERVIEWABSCHLUSS mit der Möglichkeit zum weiteren Feedback zu den Fragen und zum Diskussionspapier sowie Danksagung.

Der Fragenkatalog enthielt insgesamt sieben offene Fragen, von denen sechs die wichtigsten Aspekte der digitalen Technologien in Bezug auf den Biodiversitätsschutz aus Sicht des Diskussionspapiers betrachteten.

FRAGE 1: Was halten Sie von der literaturbasierten Analyse der direkten und indirekten Auswirkungen auf die Biodiversität, die sich aus der Nutzung digitaler Technologien in der Landwirtschaft ergeben?

FRAGE 2: Was sind die Haupttreiber für die Nutzung folgender Technologien?

- Digitale Landmaschinensysteme
- Sensoren und Robotik
- Drohnen

2.1 Werden die Technologien häufig oder selten zur Förderung der Biodiversität genutzt?

2.2 Welche Gründe sehen Sie für eine häufige/seltene Nutzung in Bezug auf die Biodiversität?

FRAGE 3: Welche weiteren Potenziale und Risiken für die Biodiversitätserhaltung können Sie bei der Nutzung der folgenden Technologien erkennen?

- Digitale Landmaschinensysteme
- Sensoren und Robotik
- Drohnen

FRAGE 4: Welche Hemmnisse sehen Sie in der praktischen Umsetzung von biodiversitätsfördernden Potenzialen im Laufe der digitalen Transformation der Landwirtschaft?

FRAGE 5: Welche Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen sind für Landwirt:innen künftig notwendig, damit ein aktiver Beitrag zur Biodiversitätserhaltung geleistet werden kann?

FRAGE 6: Welche Voraussetzungen müssen bei der Weiterentwicklung der folgenden Technologien erfüllt werden, damit sie zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität künftig beitragen?

FRAGE 7: Welche Fördermaßnahmen sind seitens der Politik notwendig, damit die Nutzung der Technologien (siehe Frage 2. und 3.) zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität Anwendung findet?

- digitale Landmaschinensysteme
- Sensoren und Robotik
- Drohnen

3.1.2 Analyse der Interviews

Die Antworten der Expert:innen wurden für den vorliegenden Report qualitativ ausgewertet. Aus den Aussagen der Expert:innen wurden induktive Kategorien entwickelt. Alle für die Fragestellung relevanten Textstellen wurden aus den Interviewtranskriptionen gesammelt und paraphrasiert. Die entstandenen Paraphrasen wurden durch Generalisierung subsumiert.
Anschließend wurde die Subsumtion der Paraphrasen erneut mit der Originaltranskription verglichen. Expert:innenaussagen und -argumente, die besonders einschlägig und auskunftsreich waren, wurden ebenfalls einbezogen. Im Anschluss erfolgte eine Interpretation der jeweiligen empirischen Ergebnisse.

3.2 Übersicht der Expert:innen

An der vorliegenden Befragung nahmen insgesamt dreizehn Expert:innen teil. Die Kompetenzbereiche der Expert:innen wurden in Forschung und Wissenschaft, Entwicklung und Vertrieb sowie in Landwirtschaftsbetriebe aufgeteilt. Die meisten Expert:innenmeinungen stammen aus dem Bereich Forschung und Wissenschaft (F1 bis F8), wobei die Teilnehmer:innen in fünf Fachbereichen tätig sind. Aus dem Kompetenzbereich Entwicklung und Vertrieb wurden zwei Experten (E1 und E2) interviewt. Ebenfalls

zwei Expert:innenmeinungen wurden in dem Bereich Landwirtschaftsbetriebe erfasst (L1 und L2). Die Expert:innen L1 und L2 waren ökologische Betriebe. Die Identitäten der befragten Expert:innen in diesem Vorhaben werden gegenüber der Öffentlichkeit anonym gehalten.

3.3 Interviewablauf

Die zu befragenden Expert:innen bekamen eine Einleitung in die Problematik des Diskussionsthemas, das Diskussionspapier (2.3) und den Fragenkatalog (3.1.1) vor dem Interviewtermin. Die Durchführung der Interviews erfolgte als individuelles digitales Gespräch online im zeitlichen Rahmen von 30 Minuten, wobei die Interviewteilnehmer:innen zuerst erneut eine Einleitung in die Thematik digitale Technologien und Biodiversitätsschutz bekamen und danach Meinungen zu den Fragen äußerten. Die Interviews fanden in dem Zeitraum August bis September 2021 statt. Ein kritischer Punkt bei dem Interviewkonzept besteht in dem Zeitraum, der für die Kontaktaufnahme gewählt wurde. Da in dem Zeitraum August bis September viele der kontaktierten Expert:innen keine Zeitkapazitäten hatten, konnten zum Beispiel keine Landwirt:innen aus der konventionellen landwirtschaftlichen Praxis interviewt werden.
Ein weiterer kritischer Punkt ist die Tatsache, dass einzelne Interviews länger als 30 Minuten liefen. Somit muss angemerkt werden, dass nicht alle Interviews in gleicher Dauer durchgeführt werden konnten. Einige Interviewtermine entstanden außerdem sehr spontan, so dass die Expert:innen nicht ausreichend Zeit hatten, das Diskussionspapier als Leitfaden genauer zu lesen.

4 Ergebnisse

4.1 Bewertung der literaturbasierten Analyse

Die Analyse der Antworten zur Bewertung der literaturbasierten Analyse erfolgte anhand der Kompetenzbereiche der Expert:innen.

4.1.1 Forschung und Wissenschaft

Die Expert:innen im Bereich Forschung und Wissenschaft (F1 bis F8) lassen sich in zwei Gruppen aufteilen.

<u>Gruppe 1: Expert:innen, die die Literaturanalyse als vollständig und verständlich betrachten</u>
F2, F5, F7 und F8 befürworteten sowohl die gesamte literaturbasierte Analyse der direkten und indirekten Auswirkungen digitaler Technologien auf die Biodiversität, als auch das Fazit aus Punkt 2.1. F5 bemerkte jedoch dazu, dass eine Digitalisierung der Landwirtschaft keine Lösung für den Schutz und die Erhaltung der Biodiversität darstellt. F8 erwähnte zusätzlich, dass eine literaturbasierte Analyse der aktuellen Situation zu träge ist, da die Entwicklung der digitalen Technologien zur Zeit sehr rasch erfolgt.

Gruppe 2: Expert:innen, die große Informationslücken in der Analyse sehen und mit den Schlussfolgerungen nicht einverstanden sind

F1, F3, F4 und F6 äußerten sehr kritische Meinungen zu der Gesamtanalyse sowie zu einzelnen Aspekten. Dabei unterschieden sich die Kritikpunkte unter den Expert:innen sehr. F1 bemängelte die Tatsache, dass eine literaturbasierte Recherche kein Bild von heute und morgen darstellt und für einen dynamischen Sektor wie die Entwicklung digitaler Technologien vollkommen ungeeignet ist. Außerdem ergänzte F1, dass die Literatur keinen aktuellen Überblick geben kann, an welchen Technologien die Industrie die nächsten fünf Jahre arbeiten wird. F3 fand die Ergebnisse des Diskussionspapiers in Bezug auf die Biodiversitätserhaltung sehr überraschend und betrachtete den Schutz der Biodiversität als primäres Ziel der Digitalisierung in der Landwirtschaft. Als biodiversitätsfördernde Beispiele wurden Maßnahmen wie Pflanzendiversifizierung mittels Blühstreifen und das Anlegen von Grünstreifen genannt. F4 bemängelte, dass die Darstellung der Risiken, der Forschungslücken und der Trends nicht ausreichend ist. Hinzu ergänzte F4, dass der Begriff der Biodiversität nicht vollständig dargestellt wurde. F6 benannte Informationslücken in den Themenbereichen Pflanzenschutzmittel und Bodenschutz, die nicht konkretisiert wurden.

4.1.2 Entwicklung und Vertrieb

Aus den Expert:innen im Bereich Entwicklung und Vertrieb gab nur E2 eine Gesamtbewertung der Literaturanalyse und kommentierte, dass das Diskussionspapier alle wichtigen Aspekte der direkten und indirekten Auswirkungen auf die Biodiversität anspricht. E1 bezeichnete die Maßnahmen und Prozesse im Ackerbau, die durch digitale Technologien optimiert werden, als biodiversitätsfördernd. In diesem Kontext wurde das Beispiel wie die Optimierung von Betriebsmitteln in Form von Pflanzenschutzmittel- und Düngemittelreduzierung zur Biodiversitätserhaltung beiträgt (E1). Ein weiteres Beispiel bezog sich auf die Nutzung von digitalen Technologien zur Optimierung von einzelnen Feldzonen, bei denen anhand von Ertragspotenzialkarten Lärchenfenster empfohlen werden können. E2 bestätigte die Schlussfolgerung, dass die primäre Nutzung der digitalen Technologien auf Ertragssteigerung zielt.

4.1.3 Landwirtschaftsbetriebe

Aus dem Bereich der Landwirtschaftsbetriebe (L1, L2) kam positives Feedback zu der Gesamtheit der literaturbasierten Recherche zurück. L1 und L2 bezeichneten das betriebliche Management und das Klima als wichtigere Faktoren für die Biodiversitätserhaltung, als die Nutzung digitaler Technologien.

FAZIT:

Der Großteil der Expert:innen bezeichneten die literaturbasierte Analyse als vollständig und verständlich. Dem Fazit aus 2.1, dass die Nutzung digitaler Technologien in der Landwirtschaft sich gegenwärtig auf die Ertragsoptimierung bezieht, wurde überwiegend zugestimmt. Die Expert:innen betrachteten jedoch die Biodiversitätserhaltung als einen wichtigen Teil des gesamten Prozesses. Die Schwierigkeit, durch

Publikationen die rasant entwickelnde Digitalisierung zu analysieren, kann tatsächlich der Entwicklung hinterher sein. Es ist aber trotzdem wichtig, die Entwicklung zu dokumentieren und festzuhalten. Das Diskussionspaper ist daher ein wichtiger Meilenstein, der wichtige Aspekte der Digitalisierung in Bezug zu Naturschutz widerspiegelt.

4.2 Treiber für die Nutzung

Bis auf F3, nannten alle Teilnehmer:innen (F1, F2, F4, F5, F6, F7, F8, E1, E2, L1 und L2) die Ertragssteigerung und -optimierung als Haupttreiber für die Nutzung der drei Technologiebereiche. Die Nutzung digitaler Technologien erfolgt gegenwärtig selten zur Biodiversitätsförderung (F1, F2, F4, F6, F7, F8, E1, E2, L1, L2). Ein Schutz der Biodiversität ist kein Haupttreiber in der Praxis, sondern eine Nebenwirkung, die sich aus dem Einsatz von digitalen Technologien in der Landwirtschaft ergibt (E1, E2, L1, L2). Eine Spezifizierung der Treiber nach Technologiekategorie erfolgte lediglich durch einige der Expert:innen. Zu den einzelnen Technologiebereichen wurden folgende Treiber genannt:

Digitale Landmaschinensysteme

Die Optimierung und Ersparnis von Betriebsmitteln, wie beispielsweise von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln, wurden als vordergründige Treiber für die Nutzung von Satellitenaufnahmen während der Vegetationsperiode von den Expert:innen F2, F7, F8, E1, E2, L1 und L2 genannt. Bedingte Anreize wurden in der Nutzung von digitalen Landmaschinensystemen zur Förderung der Biodiversität in der Landwirtschaft genannt (F5, F6, F4).

Sensoren und Robotik

Ähnlich wie die Treiber von den digitalen Landmaschinensystemen waren die Treiber für die Nutzung von passiven und aktiven Sensoren die Ertragssteigerung und -optimierung (F1, F2, F5, F7, F8, E1, E2, L1, L2). Als wichtigste Treiber wurden Arbeitserleichterung, Einsparung von Arbeitserledigungskosten sowie Mangel an Arbeitskräften aufgeführt (F2, F4, F7, F8, E1, E2, L1). F5 konnte keine Treiber für die Sensoren und Robotik bezüglich Biodiversitätsschutz erkennen.

Drohnen

Haupttreiber für die Drohnennutzung ist der Einsatz als Werkzeug zur Kartierung einerseits von Arealen und andererseits von Maßnahmen, die als Nachweis gegenüber Gesetzgebern, Anwendung finden kann (E1, E2, L1, L2). Die Expert:innen aus der Forschung verbanden die Nutzung von Drohnen mit leichterem Transport von Betriebsmitteln (F2, F4, F7, F8) und mit schonender Grünlandmahd (F5, F6), welches die Nutzung der Drohnen vorantreiben kann.

FAZIT:

Obwohl die Treiber für die Nutzung digitaler Technologien in der Landwirtschaft vordergründig auf die Optimierung und Steigerung des Ertrages gerichtet sind, gehört der Biodiversitätsschutz bereits zu dem Prozess und konnte als Treiber für einige Aspekte der Technologien identifiziert werden. Die Rolle der Biodiversitätsförderung steht allerdings noch im Hintergrund. Die positiven Wirkungen, die sich aus der Nutzung digitaler Technologien derzeit ergeben, bleiben zum größten Teil indirekt. Wenn die Reduzierung von betrieblichen Mitteln ökonomisch von größerem Interesse wird und/oder Anreize zu Reduzierung und Erkennung von Maßnahmen gesetzt werden, würden die oben genannten Technologien stark vorangetrieben werden.

4.3 Potenziale und Risiken für die Biodiversitätserhaltung

Zusammenfassend legten die Interviewteilnehmer:innen den Fokus auf die Potenziale der digitalen Technologien bei Frage vier (Kap 3.1.1). Grund dafür war, dass die Expert:innen mehr Potenziale als Risiken in der Nutzung digitaler Technologien für die Biodiversitätserhaltung sahen.

DIGITALE LANDMASCHINENSYSTEME

F1, F2, F3, F4, F7, E1, E2, L1 und L2 vertraten die Meinung, dass digitale Landmaschinensysteme, die Satellitenaufnahmen nutzen, in ein großes Potenzial zur Diversifizierung der Fruchtfolge und teilflächenspezifische Flächennutzung tragen. Aktuelle Satellitenaufnahmen geben einen Überblick über den Flächenzustand und erleichtern die Planung der Fruchtfolge auf verschiedenen Schlägen und tragen somit zu einer Diversifizierung bei. Teilflächenspezifische Maßnahmen finden bereits Anwendung in der Praxis (F3, F4, F8, L1, L2). F6 und F8 bezeichneten teilflächenspezifische Pflanzenschutzmaßnahmen als risikobehaftet und biodiversitätshindernd, weil auch eine reduzierte Pflanzenschutzmittelausbringung negative Auswirkungen auf die Biodiversität ausübt.

SENSOREN UND ROBOTIK

F7 und L1 wiesen darauf hin, dass die Nutzung von Sensoren und Robotik die größten biodiversitätsfördernden Potenziale von allen drei Technologiebereichen für die Zukunft sieht. Diese Aussage wurde in Verbindung mit bodenschonenderen Feldarbeiten gebracht, die künftig durch leichtere Robotertechnik durchgeführt werden. L2 machte aufmerksam, dass die unter Punkt 2.2 aufgelisteten Sensoren- und Robotertechnologien aufgrund der komplizierten Nutzung gegenwärtig nicht praxisrelevant sind und keinen Einsatz für Ertragssteigerung oder Biodiversitätsschutz im ökologischen Landbau finden.

DROHNEN

F2, F6, F8, E1, E2, L1, L2 bezeichneten die Nutzung von Drohnen als ein nützliches Hilfsmittel mit großem Potenzial bei der Erfassung des Zustandes der Pflanzenbestände und bei der Kartierung von

biodiversitätsfördernden Maßnahmen von großen Flächen. Die langfristige Wildtierrettung durch Drohneneinsätze wurde von F3 in den Vordergrund gestellt. F1 und F4 betrachteten die Auswertung von Daten aus Drohnen etwas kritisch, da diese noch zu komplex für die Anwender:innen sind. F1 wies schlussfolgernd zu den Haupttreibern daraufhin, dass die Erhaltung der Biodiversität ein sehr komplexes Thema darstellt und auch in Zukunft ein untergeordnetes Ziel der Digitalisierung in der Landwirtschaft bleiben wird. F3 schlussfolgerte, dass der derzeitige Forschungsstand hinsichtlich möglicher Rebound-Effekte und Trade-Offs keine belastbaren Aussagen in Bezug auf die Biodiversitätserhaltung treffen kann.

FAZIT:

Aus den Antworten der Expert:innen geht hervor, dass die Nutzung digitaler Technologien in der Landwirtschaft überwiegend Potenziale für die Zukunft birgt. Am häufigsten wird die Nutzung von digitalen Landmaschinensystemen in Verbindung mit Biodiversitätserhaltung gebracht. Die Gründe dafür liegen in der Praxisnähe, die GPS- und GIS-gestützte Technologien momentan für Landwirtschaftsbetriebe anbieten. Auf der anderen Seite bergen diese Technologien auch Risiken, da auch eine reduzierte Pflanzenschutzmittelausbringung negative Auswirkungen auf die Biodiversität ausüben kann und zu einem biodiversitätsarmen Feld führen kann. Gezielte Nutzung dieser Technologien für Biodiversität muss daher gefördert werden. Die Potenziale, die bei den Technologiebereichen Sensorik und Robotik sowie Drohnen betrachtet wurden, beziehen sich auf die Nutzung dieser Technologien in der Zukunft. Da die Entwicklung rasant voran geht, müsste die Entwicklung zeitlich engmaschig beobachtet werden und Anreize zur Nutzung der Technologien für Biodiversitätsförderung gesetzt werden.

4.4 Hemmnisse von biodiversitätsfördernden Potenzialen

Bei der Analyse der Hemmnisse gehen die Einschätzungen der Forscher:innen auf der einen und der Expert:innen aus Entwicklung/Vertrieb und der Landwirtschaftsbetriebe auf der anderen Seite weit auseinander.

Die Forscher:innen warfen drei verschiedene Argumente auf; 1) das Fehlen von Know-how und Anwenderfreundlichkeit der digitalen Technologien in der Praxis in Bezug auf Biodiversitätserhaltung (F2, F4, F5, F6, F7, F8), 2) das Fehlen von Regulierungsmaßnahmen seitens der Politik, so dass digitale Technologien ohne Rücksicht auf Biodiversität angewendet werden kann (F2, F4, F5, F6, F7, F8) und 3) Wertschöpfungskette in der Landwirtschaft, welches Biodiversitätsschutz nicht ausreichend honoriert (F1 und F2). Ein weiteres Argument von F1 war die Tatsache, dass das gegenwärtige Konsumverhalten der Endverbraucher stark Preis-orientiert geprägt ist und biodiversitätsfördernde Maßnahmen in den Hintergrund treibt. Demzufolge ist die für Landwirtschaftsbetriebe eher unfaire Wertschöpfungskette in den Fokus zu stellen.

Die Expert:innen aus den Bereichen Entwicklung/Vertrieb und Landwirtschaftsbetriebe (E1, E2, L1, L2) waren der Ansicht, dass die hohen Kosten bei der Anschaffung von digitalen Technologien die größte Hemmschwelle für die Nutzung darstellen. Die Inkompatibilität verschiedener Technologien untereinander wurde ebenfalls als Hemmfaktor genannt, wobei betont wurde, dass diese Problematik nicht nur für Landwirtschaft typisch ist (E1, E2).

FAZIT:

Die Expert:innen aus der Forschung konzentrierten sich auf Hemmnisse, die aus Lücken in der Forschung, Governance und aus Aspekten in Verbindung mit der Wertschöpfungskette ergeben. Die Hemmschwelle für die Nutzung digitaler Technologien zur Biodiversitätserhaltung ist noch zu hoch, da die Forschung aktuell keine belastbaren Aussagen über die Nutzung digitaler Technologien zum Biodiversitätsschutz liefert und somit kein Know-how für die Praxis anbietet. Regularien können erst nach wissenschaftlichen Erkenntnissen aufgebaut werden. Zur Wertschöpfungskette ist jedoch bereits Bewegung in Sicht (zum Beispiel Tierwohl bei ALDI oder das Projekt „Landwirtschaft für Artenvielfalt" bei EDEKA) sodass hier ein erhöhtes Bewusstsein seitens der Vertreiber die Hemmnisse überwinden könnte. Die größten Hemmnisse für die Biodiversität seitens der Praxis war die Finanzierung und in dem praktischen Umgang mit digitalen Technologien auf dem Feld. Dazu könnten gezielte finanzielle Unterstützungen beim Kauf der Techniken helfen. Entwicklung von Schnittstellen (unter anderem GAIA-X) sollte auch vorangetrieben werden.

4.5 Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen zur Biodiversitätserhaltung

Die Antworten auf Frage fünf unterschieden sich stark zwischen den verschiedenen Kompetenzbereichen. Alle befragten Personen aus der Forschung und Wissenschaft (F1 bis F8) sowie Entwicklung und Vertrieb (E1, E2) wiesen bei Frage fünf darauf hin, dass es notwendig ist, an Ausbildungsstätten, Hochschulen und Universitäten vermehrt Wissen zu dem Begriff Biodiversität zu vermitteln. Bereits während der Ausbildung und des Studiums von Landwirt:innen sollte die Hemmschwelle zur digitalen Technologien anhand praktischer Übungen gesenkt werden (F8). Handlungsleitfaden für biodiversitätsfördernde digitale Technologien sollte seitens der Forschung erstellt werden (E2). F2 sprach zusätzlich den aktuellen Forschungsstand an und betonte, dass Forschungen und belastbare Aussagen in Bezug auf den Biodiversitätsschutz durch digitale Technologien dringend notwendig sind.

Die Landwirt:innen (L1, L2) befürworteten praktische Schulungen für landwirtschaftliche Betriebe vor Ort in kleinerer Personenanzahl, bei denen biodiversitätsfördernde Maßnahmen mithilfe von digitalen Technologien veranschaulicht werden. L1 und L2 konnten nicht einschätzen, inwieweit der Biodiversitätsschutz an Ausbildungsstätten, Hochschulen und Universitäten bereits vermittelt wird, deshalb wurde keine Meinung zu Ausbildungsmaßnahmen geäußert.

FAZIT:

Die Aussagen in den Kompetenzbereichen Forschung sowie Entwicklung und Vertrieb fokussieren auf die Ausbildung und Studium.

Sie deuten darauf hin, dass aktuell die Thematik über die Biodiversitätserhaltung nicht ausreichend an jungen Landwirt:innen vermittelt wird. Praktiker:innen aus Landwirtschaftsbetrieben brauchen stärkere Unterstützung von Forscher:innen und Entwickler:innen bei der Nutzung digitaler Technologien. Auch mehr Forschung zu biodiversitätsfördernden digitalen Technologien ist notwendig. Die Ergebnisse sollten in einem Handlungsleitfaden und Schulungen in die Praxis gebracht werden.

4.6 Voraussetzungen für die Weiterentwicklung von digitalen Technologien

Über die Voraussetzungen für die Weiterentwicklung von digitalen Technologien in Bezug auf den Biodiversitätsschutz waren sich alle Expert:innen (F1 bis F8 sowie E1, E2, L1 und L2) einig; es sind kleinere Praxisschritte mit klar definierten Forschungszielen notwendig. Spezialist:innen mit breitem Spektrum an Wissen müssen während des Entwicklungsprozesses miteinbezogen werden, damit ein integratives Denken gewährleistet wird. Ein integratives Denken wird es Praktiker:innen ermöglichen, den Biodiversitätsschutz häufiger bei der Ertragsoptimierung zu berücksichtigen (F8). Die Entwickler:innen E1 und E2 stellten die Dateninkompatibilität, Anwenderfreundlichkeit und Datenhoheit als Hauptvoraussetzung für die Weiterentwicklung von digitalen Technologien dar. Die Expert:innen F3, F6 sowie L1 und L2 berichteten außerdem von der Notwendigkeit, die Zuverlässigkeit von digitalen Technologien bei einem praktischen Einsatz auf dem Feld zu steigern. Als Hauptgrund für die Unzuverlässigkeit wurde der fehlende Netzausbau auf Ackerflächen in Deutschland genannt (F5. E1, E2, L1, L2). F5 und L2 ergänzten dabei: Wenn eine Technologie auf dem Feld länger als dreißig Minuten braucht bis sie einsatzbereit ist, ist es unwahrscheinlich, dass sie weiterhin genutzt wird.

FAZIT:

Die Weiterentwicklung von digitalen Technologien muss in Zusammenarbeit mit Expert:innen aus verschiedenen Kompetenzbereichen stattfinden, damit diese Technologien eine Schnittstelle zur Praxis finden. Aktuell scheitert die Nutzung digitaler Technologien in Landwirtschaftsbetrieben laut den Expert:innen nicht nur an den dürftigen Forschungsstand, sondern auch an dem fehlenden Netzausbau auf Ackerflächen in Deutschland. Der Netzaufbau von schnellen Breitband-Leitungen flächendeckend ist auch eine wichtige Voraussetzung.

4.7 Fördermaßnahmen zur Biodiversitätserhaltung

Die Teilnehmer:innen der Befragung aus allen Kompetenzbereichen nannten Maßnahmen, die sich allgemein auf die Digitalisierung in der Landwirtschaft beziehen und nicht spezifisch auf die vorgeschlagenen Technologiebereiche heruntergebrochen werden konnten.

Alle Forscher:innen (F1 bis F8) teilten mit, dass ein großer Forschungsbedarf in Bezug auf digitale Technologien und Biodiversitätsschutz besteht. F3 beobachtete viele digitale Technologien für die Landwirtschaft auf dem Markt in Deutschland, die in der Praxis keine Anwendung finden. F4 schlug vor, die Züchtungsforschung auch intensiver im Kontext des Biodiversitätsschutzes zu betrachten.

Eine Züchtung von resistenten Kulturpflanzensorten gegenüber Krankheitsbefall wird den Landwirt:innen helfen, weniger Pflanzenschutzmittel einzusetzen und somit die Biodiversität fördern. F7 befürwortete die Förderung von Forschung für praxisrelevante case studies, die im Anschluss praxisreif sind und sofort in Landwirtschaftsbetrieben Anwendung finden.

Die Expert:innen F1 bis F8 sowie E1 und E2 nannten weiterhin zwei andere Aspekte für Fördermaßnahmen. Zum einen wurde der Bedarf an einer größeren Breite an Investitionsförderprogrammen angesprochen, die den Landwirt:innen die Anschaffung von digitalen Technologien ermöglicht beziehungsweise erleichtert.

Zum anderen wurde darauf hingewiesen, dass praxisrelevante digitale Technologielösungen in den Forschungsvorhaben anzustreben sind, bei denen Forscher:innen und Landwirt:innen direkt miteinander kooperieren. F8 fügte als Argument eine positive Imageschaffung von Landwirtschaftsbetrieben mittels Förderung von digitalen Technologien, die direkte biodiversitätserhaltende Maßnahmen ermöglichen, als wirksames Instrument zur Zielerreichung hinzu.

Die Landwirt:innen L1 und L2 vertraten gegensätzliche Meinungen in Bezug auf die Fördermaßnahmen von digitalen Technologien. Während L1 eine finanzielle Unterstützung von Technik für landwirtschaftliche Betriebe ablehnte, bejahte L2 jegliche finanzielle Unterstützung bei der Anschaffung von digitalen Technologien. L1 befürwortete lediglich die Bezuschussung von ackerbaulichen Maßnahmen zum Schutz und Erhalt der Biodiversität.

FAZIT:

Damit erfolgreiche Maßnahmen zur Biodiversitätserhaltung ergriffen werden, sind laut den Expert:innen gezielte Fördermaßnahmen für Forschungsvorhaben notwendig. Die Fragestellungen der geförderten Forschungsvorhaben haben dabei an praxisrelevanten Technologien orientiert zu sein. Eine Teilhonorierung bei der Anschaffung von digitalen Technologien sowie die Belohnung von Betrieben, die bei der Flächenbewirtschaftung die Biodiversität gezielt schützen, sind ebenso wichtige Fördermaßnahmen.

5 Auswertung und Ausblick

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Bewertung der direkten und indirekten Wirkungen digitaler Technologien auf den Naturschutz (Kliem et al., 2021) fand unter den Interviewteilnehmer:innen eine gute Akzeptanz. Insgesamt acht von dreizehn Expert:innen fanden die literaturbasierte Analyse vollständig und verständlich. Die meisten Kritiken bezogen sich darauf, dass einige Aspekten inhaltlich nicht vollständig dargestellt wurden oder fehlten. Nahezu alle stimmten der Schlussfolgerung (siehe Abschnitt 2.1) zu, dass die Biodiversitätserhaltung zurzeit kein primäres Ziel der Digitalisierung in der Landwirtschaft ist. Allerdings betrachteten die Expert:innen aller Kompetenzbereiche die Biodiversitätserhaltung bereits als Teil des gesamten Prozesses zur Ertragsoptimierung in der Landwirtschaft. Positive Auswirkungen auf die Biodiversitätserhaltung wurden als eine Nebenwirkung bezeichnet, die sich aus bestimmten Maßnahmen zur Ertragsoptimierung ergeben. Als konkretes Beispiel wurde häufig die Reduktion von Pflanzenschutz- und Düngemitteln genannt, die durch den Einsatz digitaler Technologien ermöglicht wird. Obwohl die Biodiversität gegenwärtig nur indirekt gefördert wird, wurden vorwiegend Potenziale für den künftigen Einsatz digitaler Technologien erkannt.
Die größten Potenziale zum Biodiversitätsschutz finden sich gegenwärtig in der Nutzung von digitalen Landmaschinensystemen, da sie bereits eine häufigere Anwendung in der Praxis finden. Große biodiversitätsfördernde Potenziale bestehen bei dem Einsatz der aufgelisteten Technologien sowie bei allen digitalen Technologien. Es herrscht allerdings große Skepsis, dass digitale Technologien bald primär für den Biodiversitätsschutz eingesetzt werden. Zu möglichen Risiken wurde nur in einzelnen Fällen Bezug genommen. Ob und welche Risiken sich für die Biodiversität aus der Nutzung digitaler Technologien ergeben werden, müssten die Forschung und Praxis zeigen. Zur Bewältigung der Hemmnisse und zu einer häufigeren Nutzung digitaler Technologien in Bezug auf die Biodiversitätserhaltung wurden folgende Punkte genannt:

- Fördermaßnahmen der Politik,
- praxisorientierte Forschungsvorhaben,
- gezielte finanzielle Unterstützung von Landwirtschaftsbetrieben,
- Verbesserung von Governance und Wertschöpfungskette.

Großer Meinungsunterschied zwischen Forscher:innen und Landwirt:innen

Die Meinungen der Expert:innen aus den Kompetenzbereichen Forschung und Wissenschaft sowie Landwirtschaftsbetriebe unterscheiden sich an einigen Stellen stark voneinander. Während die Forscher:innen ein breiteres Spektrum an Hemmnissen und Voraussetzungen für die künftige Weiterentwicklung und den Einsatz von digitalen Technologien sowie viele Forschungslücken sahen, war es für die Landwirt:innen wichtig, Aspekte anzusprechen, die gegenwärtig den Alltag eines

Landwirtschaftsbetriebes prägen. Für die Landwirt:innen besteht ein großer Bedarf nicht nur an wissensbasierter, sondern auch an finanzieller Unterstützung, um häufiger digitale Technologien einzusetzen. Eine Förderung von engeren Kooperationen zwischen den Kompetenzbereichen wäre demzufolge zielführend.

AUSWERTUNG

Die Ergebnisse der Expert:inneninterviews bestätigen die Schlussfolgerung aus dem Diskussionspapier (Kliem et al., 2021), dass der Schutz der Biodiversität nicht im Vordergrund der Digitalisierung in der Landwirtschaft steht. Die Aussagen der Expert:innen wiesen Schnittpunkte mit einigen Kernaussagen des Diskussionspapiers auf, obwohl nicht alle Expert:innen das Diskussionspapier genauer vor dem Interviewtermin gelesen hatten. Das primäre Ziel der Digitalisierung liegt einstimmig bei der effizienteren Nutzung von Ressourcen und Betriebsmitteln, das sich indirekt auf die Biodiversitätsförderung auswirkt. Solange keine Anreize für den Schutz von Biodiversität und Ökosystemleistungen geschaffen werden, bleibt bei der Digitalisierung der Landwirtschaft die Steigerung der Produktivität im Fokus und Umwelt- und Naturschutzpotenziale unausgeschöpft. Diese Schlussfolgerung aus dem Diskussionspapier trifft auf die Meinungen der Expert:innen zwar zu, ist aber aus Sicht der Expert:innen nicht vollständig. Nach eigener Aussage sind die Landwirtschaftsbetriebe auf die Unterstützung von Forschung und Staat angewiesen.

Die Forschung liefert aktuell keine ausreichenden Aussagen zu Potenzialen und Risiken, wie sich die Nutzung digitaler Technologien auf den Biodiversitätsschutz auswirkt. Diese Forschungslücke ist ein Hindernis für die Umsetzung von mehr biodiversitätsfördernden Maßnahme in der Landwirtschaft.

Ohne eine gut fundierte Wissensbasis ist es schwierig, Regulierungsmaßnahmen oder Empfehlungen seitens der Politik zu formulieren.

Die hohen Anschaffungskosten für neue Technologien stellen ein weiteres großes Hindernis für Landwirtschaftsbetriebe dar. Die Landwirt:innen verstehen wie wichtig die Rolle der Biodiversität ist, benötigen zur verstärkten Biodiversitätsförderung jedoch Unterstützung von Expert:innen aus den Bereichen Forschung, Technologieentwicklung sowie Politik. Hilfreich hierbei wären klare Leitlinien der Politik, wie zukünftige Entwicklungspfade gestaltet werden sollen.

Solange keine enge Kooperation zwischen den verschiedenen Expert:innen aktiv gefördert wird, werden die Potenziale der Digitalisierung für eine biodiversitätsschützende Landwirtschaft durch die große Lücke zwischen Theorie und praktischer Umsetzung ungenutzt bleiben.

AUSBLICK

Zurzeit bestehen große Forschungslücken in Hinsicht auf die Nutzung digitaler Technologien und deren direkten und indirekten Auswirkungen auf die Biodiversität. Das Fehlen von belastbaren und wissensbasierten Aussagen seitens der Forschung sowie die hohen Anschaffungskosten von digitalen

Technologien stellen gegenwärtig ein Hindernis für die Landwirtschafsbetriebe, häufiger direkte biodiversitätsfördernde Maßnahmen in der Flächenbewirtschaftung zu integrieren.

Die Nutzung digitaler Technologien zum Schutz der Biodiversität könnte Potenziale entfalten, wenn konkrete Maßnahmen und Empfehlungen für die praktische Umsetzung den Landwirtschaftsbetrieben vorliegen würden. Dieses Ziel wäre erst dann erreicht, wenn Forschungsvorhaben, Technologieentwicklungsprozesse sowie politische Entscheidungen in Bezug auf die Biodiversität in enger Kooperation mit Landwirtschaftsbetrieben entstehen würden.

Literaturverzeichnis

Adão, T., Hruška, J., Pádua, L., Bessa, J., Peres, E., Morais, R. & Sousa, J. (2017). Hyperspectral Imaging: A Review on UAV-Based Sensors, Data Processing and Applications for Agriculture and Forestry. *Remote Sensing*, *9*(11), 1110. https://doi.org/10.3390/rs9111110

Alshihabi, O., Piikki, K. & Söderström, M. (2020). CropSAT – A Decision Support System for Practical Use of Satellite Images in Precision Agriculture. In A. El Moussati, K. Kpalma, M. Ghaouth Belkasmi, M. Saber & S. Guégan (Hrsg.), *Springer eBook Collection: Bd. 684. Advances in Smart Technologies Applications and Case Studies: Selected Papers from the First International Conference on Smart Information and Communication Technologies, SmartICT 2019, September 26-28, 2019, Saidia, Morocco* (1. Aufl., Bd. 684, S. 415–421). Springer International Publishing; Imprint Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53187-4_45

Arakeri, M. P., Vijaya K., B. P., Barsaiya, S. & Sairam, H. V. (2017). Computer vision based robotic weed control system for precision agriculture, 1201–1205. https://doi.org/10.1109/ICACCI.2017.8126005

Baojie, L., Shaohua, W., Shenglu, Z., Teng, W. & Hao, C. (2017). Quantifying and mapping threats to soil biodiversity in Nanjing, China. *European Journal of Soil Biology*, *82*, 72–80. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.08.007

Bawden, O., Kulk, J., Russell, R., McCool, C., English, A., Dayoub, F., Lehnert, C. & Perez, T. (2017). Robot for weed species plant-specific management. *Journal of Field Robotics*, *34*(6), 1179–1199. https://doi.org/10.1002/rob.21727

Bellon M., V. & Huyghe, C. (2017). Putting agricultural equipment and digital technologies at the cutting edge of agroecology. *OCL*, *24*(3), D307. https://doi.org/10.1051/ocl/2017028

Bendel, O. (2019, 15. März). *Definition: Drohne*. https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/drohne-54115/version-369942

Best, D. (2020). Die Digitalisierung der Landwirtschaft, 151–166. https://doi.org/10.14361/9783839449905-009

Biber, P., Weiss, U., Dorna, M. & Albert, A. (2012). *Navigation system of the autonomous agricultural robot Bonirob*. https://www.cs.cmu.edu/~mbergerm/agrobotics2012/01biber.pdf

Bogue, R. (2017). Sensors key to advances in precision agriculture. *Sensor Review*, *37*(1), 1–6. https://doi.org/10.1108/SR-10-2016-0215

Buddha, K., Nelson, H. J., Zermas, D. & Papanikolopoulos, N. (2019). Weed Detection and Classification in High Altitude Aerial Images for Robot-Based Precision Agriculture, 280–285. https://doi.org/10.1109/MED.2019.8798582

Dorigo, W. A., Zurita-Milla, R., Wit, A. de, Brazile, J., Singh, R. & Schaepman, M. E. (2007). A review on reflective remote sensing and data assimilation techniques for enhanced agroecosystem

modeling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *9*(2), 165–193. https://doi.org/10.1016/j.jag.2006.05.003

Drücker, H. (2018). *Sensoren für die variable Stickstoffdüngung - Funktionsprinzipien und Marktübersicht.* Landtechnik: Landwirtschaftskammer Niedersachsen. https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/348/article/33577.html

Erdle, K., Mistele, B. & Schmidhalter, U. (2011). Comparison of active and passive spectral sensors in discriminating biomass parameters and nitrogen status in wheat cultivars. *Field Crops Research*, *124*(1), 74–84. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.06.007

Fiorese, G. & Guariso, G. (2010). A GIS-based approach to evaluate biomass potential from energy crops at regional scale. *Environmental Modelling & Software*, *25*(6), 702–711. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.11.008

Große Wortmann, R. (2019). *Digitalisierung in der internationalen Landwirtschaft unter Beachtung der Chancen und Risiken.* Hochschule Anhalt.

Kliem, L., Wagner, J., Olk, C., Keßler, L., Lange, S., Krachunova, T., Marples, C., Schwiertz, F. & Bellingrath-Kimura, S. (2021). *Chancen und Risiken der Digitalisierung der Landwirtschaft aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes.* Institut für ökologische Wirtschaftsforschung/ Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.

Lameski, P., Zdravevski, E. & Kulakov, A. (2018). Review of Automated Weed Control Approaches: An Environmental Impact Perspective, 132–147. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00825-3_12

Librán-Embid, F., Klaus, F., Tscharntke, T. & Grass, I. (2020). Unmanned aerial vehicles for biodiversity-friendly agricultural landscapes - A systematic review. *The Science of the total environment*, *732*, 139204. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139204

Lutz, K. J. (2017). Digitalisierung der Landwirtschaft: Revolution mit evolutionärem Charakter. In A. Hildebrandt & W. Landhäußer (Hrsg.), *Management-Reihe Corporate Social Responsibility. CSR und Digitalisierung: Der digitale Wandel als Chance und Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft* (S. 429–442). Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53202-7_31

Proença, V., Martin, L. J., Pereira, H. M., Fernandez, M., McRae, L., Belnap, J., Böhm, M., Brummitt, N., García-Moreno, J., Gregory, R. D., Honrado, J. P., Jürgens, N., Opige, M., Schmeller, D. S., Tiago, P. & van Swaay, C. A. (2017). Global biodiversity monitoring: From data sources to Essential Biodiversity Variables. *Biological Conservation*, *213*, 256–263. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.014

Reckleben, Y. (2014). Sensoren für die Stickstoffdüngung - Erfahrungen in 12 Jahren praktischem Einsatz. Vorab-Onlinepublikation. https://doi.org/10.5073/JFK.2014.02.02 (1,41 MB / Journal für Kulturpflanzen 66(2) 2014).

Redhead, J. W., Oliver, T. H., Woodcock, B. A. & Pywell, R. F. (2020). The influence of landscape composition and configuration on crop yield resilience. *Journal of Applied Ecology*, *57*(11), 2180–2190. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13722

Rohleder, B. & Krüsken, B., Reinhardt, H. (2020). *Digitalisierung in der Landwirtschaft 2020*. https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Digitalisierung-in-der-Landwirtschaft-2020

Saiz-Rubio, V. & Rovira-Más, F. (2020). From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management. *Agronomy*, *10*(2), 207. https://doi.org/10.3390/agronomy10020207

Söderström, M., Stadig, H., Martinsson, J., Pikki, K. & Stenberg, M. (2016). CropSAT – A public satellite-based decision support system for variable-rate nitrogen fertilization in Scandinavia. Vorab-Onlinepublikation. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13250.99520

Solari, F., Shanahan, J., Ferguson, R., Schepers, J. & Gitelson, A. (2008). Active Sensor Reflectance Measurements of Corn Nitrogen Status and Yield Potential. *Agronomy Journal*, *100*(3), 571–579. https://doi.org/10.2134/agronj2007.0244

Steward, B., Gai, J. & Tang, L. (2019). The use of agricultural robots in weed management and control, 161–186. https://doi.org/10.19103/AS.2019.0056.13

Tansey, K., Chambers, I., Anstee, A., Denniss, A. & Lamb, A. (2009). Object-oriented classification of very high resolution airborne imagery for the extraction of hedgerows and field margin cover in agricultural areas. *Applied Geography*, *29*(2), 145–157. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.08.004

Tremblay, N., Wang, Z., Ma, B.-L., Belec, C. & Vigneault, P. (2009). A comparison of crop data measured by two commercial sensors for variable-rate nitrogen application. *Precision Agriculture*, *10*(2), 145–161. https://doi.org/10.1007/s11119-008-9080-2

Vadrevu, K. P., Cardina, J., Hitzhusen, F., Bayoh, I., Moore, R., Parker, J., Stinner, B., Stinner, D. & Hoy, C. (2008). Case Study of an Integrated Framework for Quantifying Agroecosystem Health. *Ecosystems*, *11*(2), 283–306. https://doi.org/10.1007/s10021-007-9122-z

Wittstruck, L., Reuter, T., Nahrstedt, K., Trautz, D., Kühling, I. & Jarmer, T. (2021). Unterscheidung von Mais- und Beikrautpflanzen unter Anwendung von multispektralen UAV-Bilddaten zur teilflächenspezifischen Beikrautregulierung. In M. Gandorfer, A. Meyer-Aurich, H. Bernhardt, C. Hoffmann, C. Weltzien, S. D. Bellingrath-Kimura & H. Floto (Hrsg.), *GI-Edition. Proceedings: volume P-309. Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft: Fokus: Informations- und Kommunikationstechnologie in kritischen Zeiten : Referate der 41. GIL-Jahrestagung, 08.-09. März 2021, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Potsdam* (S. 349–354). Gesellschaft für Informatik.

Leibniz-Gemeinschaft

Impressum

Herausgeber	Leibniz-Zentrum für Agrarlandforschung (ZALF) e.V.
Stand	November 2021
Autor*innen	Tsvetelina Krachunova, Prof. Dr. agr. Sonoko Dorothea Bellingrath-Kimura (ZALF e.V.)
Mitarbeit	Dr. Steffen Lange (IÖW)

Tsvetelina Krachunova
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Straße 84. 15374
tsvetelina.krachunova@zalf.de

Prof. Dr. agr. Sonoko Dorothea Bellingrath-Kimura
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Straße 84. 15374
belks@zalf.de

www.zalf.de

Dr. Steffen Lange
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)
Potsdamer Straße 105, 10785 Berlin
Steffen.Lange@ioew.de

www.ioew.de

Das diesem Bericht zu Grunde liegende FE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen

© Bilder Titelseite/letzte Seite: Tsvetelina Krachunova
© 2021 ZALF e.V. Deutschland, Müncheberg

Leibniz-Gemeinschaft