



# Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

**BAND 100 | Ausgabe 3**

**Agrarwissenschaft**  
**Forschung**  

---

**Praxis**

# Die Akzeptanz und Nutzung von Smart Farming-Anwendungen auf Basis von Fernerkundungsdaten deutscher LandwirtInnen

Von Julian Lang und Birgit Gassler

## 1 Einleitung

Die Digitalisierung spielt in der Landwirtschaft eine immer größere Rolle, denn sie eröffnet den LandwirtInnen neue Möglichkeiten, um effizienter zu arbeiten. Die Nutzungsmöglichkeiten erstrecken sich dabei über alle Bereiche der Landwirtschaft, von der Tierhaltung über den Ackerbau bis hin zum Einsatz von Managementinstrumenten. Im Bereich Acker- und Pflanzenbau wird in diesem Zusammenhang meist von „Precision Agriculture“ oder „Precision Farming“ gesprochen. Allgemein werden verschiedene Typen der Digitalisierung beschrieben, die von Aufzeichnungs- und Kartierungstechnologien für standortspezifische Daten, über GNSS/GPS und verbundene Tools für Echtzeit-Kinetik- und Maschinenlenksysteme, sowie Apps, Farmmanagement und Informationssysteme, bis hin zu autonom arbeitenden Maschinen reichen (Kernecker et al., 2020).

Ein großer Teil der LandwirtInnen nutzt bereits digitale Anwendungen in verschiedenen Bereichen (u.a. Gandorfer et al., 2017). Doch nicht alle LandwirtInnen sind von deren Mehrwert überzeugt, sondern sehen diese neuen Technologien durchaus kritisch. Deshalb bleibt der tatsächliche Einsatz hinter den Erwartungen zurück (Gabriel et al., 2021). So zeigen Michels et al. (2020) in ihrer Studie zur Nutzung von Smart Farming-Apps im Ackerbau durch deutsche LandwirtInnen, dass prinzipiell viele Anwendungen für nützlich gehalten werden, allerdings kaum von der breiten Masse genutzt werden. Lediglich der Bereich der Wettervorhersagen wird von der deutlichen Mehrheit genutzt. Im Bereich Schädlingsbeobachtung kommen immerhin bei gut der Hälfte der Befragten bereits Apps (Michels et al., 2020) zur Anwendung. Ähnliches berichten Gabriel et al. (2021) und Gabriel und Gandorfer (2020). Laut diesen Studien spielen zudem digitale Ackerschlagkarteien und automatische Lenksysteme eine größere Rolle, während in der Tierhaltung vor allem Fütterungs- und Melktechniken zum Einsatz kommen, welche über digitale Anwendungen gesteuert werden können. Zusätzlich kommen verstärkt Sensoren zur Überwachung der Tiergesundheit und des Tierverhaltens zum Einsatz. Anwendungen für

die teilflächenspezifische Bewirtschaftung werden bisher nur von einem geringeren Anteil der Landwirte genutzt, darunter fallen unter anderem Anwendungen im Bereich Pflanzenschutz, Düngung oder Aussaat (Gabriel et al., 2021). Mittelfristig wollen Betriebe vor allem in den Bereichen digitale Ackerschlagkartei, automatische Lenksysteme, GPS gesteuerte Teilbreitenschaltung und teilspezifische Bearbeitung investieren (Gabriel und Gandorfer, 2020). Im Ackerbau liefern Drohnen- und Satellitenbilder somit Datengrundlagen für vielfältige Anwendungen. Sie unterstützen Betriebe bei den geforderten gesetzlichen Dokumentationspflichten von Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen sowie bei der Organisation der landwirtschaftlichen Arbeitsketten (Horstmann, 2020). Auch ihr Beitrag zu einer nachhaltigeren Landwirtschaft wird diskutiert, wenn beispielsweise mittels Pflanzenschutz-Smartphone-Apps Herbizideinsätze zielgerichteter erfolgen können, und Apps mit Berechnungshilfen und auch bei der Maschineneinstellung unterstützen. So kann der Herbizideinsatz gezielter stattfinden, wodurch negative externe Effekte reduziert sowie Kosten gespart werden (Michels et al., 2020).

Sollen die neuen digitalen Anwendungen perspektivisch stärker genutzt werden, gilt es diese Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten attraktiv zu gestalten und Hemmnisse abzubauen. Vor diesem Hintergrund wurde im Juli 2021 eine Online-Befragung deutscher LandwirtInnen zur Akzeptanz und den Motiven für die Nutzung digitaler Anwendungen auf Basis von Fernerkundungsdaten durchgeführt. Die vorliegende Studie berücksichtigt dabei auch die Argumente der Nichtnutzer und erhebt, welche Einsatzmöglichkeiten LandwirtInnen noch fehlen. Dazu wurden den LandwirtInnen mögliche neue Smart Farming-Anwendungen vorgestellt, die sie mittels Best-Worst-Scaling (BWS) in die besten (mit dem höchsten Nutzen) und schlechtesten (mit dem geringsten Nutzen) einteilen sollten. Der vorliegende Beitrag liefert somit Einblicke in das Nutzungsverhalten von Smart-Farming Anwendungen deutscher LandwirtInnen und gibt Hinweise darauf, wie Anwendungen den Bedürfnissen der LandwirtInnen in der Praxis noch besser gerecht werden können.

Der Beitrag gliedert sich wie folgt: Zunächst geben wir im folgenden Abschnitt einen Überblick über die Treiber und Hemmnisse der Nutzung digitaler Anwendungen. Anschließend gehen wir auf die Methodik der empirischen Erhebung ein. Im vierten Abschnitt beschreiben wir zunächst die Stichprobe und das sich aus ihr ergebende Nutzungsverhalten von digitalen Anwendungen, bevor wir anschließend die Ergebnisse des BWS vorstellen. Abschließend fassen wir die zentralen Ergebnisse zusammen und schließen mit einem Ausblick für die Nutzung von Smart Farming-Anwendungen.

## 2 Motivation und Akzeptanz zur Nutzung: Fördernde und hemmende Faktoren

LandwirtInnen haben verschiedene Beweggründe sich mit dem Thema Smart Farming zu beschäftigen und digitale Anwendungen zu nutzen. In der Literatur werden fünf grundlegende Punkte genannt, welche die Akzeptanz von digitalen Technologien in der Landwirtschaft und ihre Nutzung positiv beeinflussen:

- So wirkt ein relativer Vorteil der neuen Smart Farming-Anwendungen im Vergleich zu den alten, bestehenden Technologien förderlich. Dieser könnte sich beispielsweise in Arbeitszeiterparnissen, bei der Unterstützung der Dokumentationspflichten oder einer Senkung der Produktionskosten positiv niederschlagen.
- Auch die Vereinbarkeit der neuen Anwendungen mit den Werten, Erfahrungen und den Bedürfnissen der LandwirtInnen erhöht deren Akzeptanz und Nutzung.
- Einen weiteren wichtigen Faktor stellt die Anwender- und Benutzerfreundlichkeit der neuen Anwendungen dar. Je weniger komplex und einfacher die Nutzung und das Verständnis das Programm, desto mehr wird es akzeptiert und angewandt.
- Eine weitere Rolle spielt der Umfang mit dem eine neue digitale Anwendungen getestet und schrittweise eingeführt werden kann. Dabei steigt die Akzeptanz und Nutzung, wenn mit einer Anwendung zunächst experimentiert und diese schrittweise in Arbeitsprozesse integriert werden kann.
- Abschließend ist auch eine einfache Sichtbarkeit, Erkennbarkeit der Ergebnisse und der Leistungen der neuen digitalen Anwendungen für LandwirtInnen von Bedeutung. Hier können auch die bei anderen Nutzer beobachteten Erfolge die eigene Akzeptanz erhöhen und eine Nutzung fördern (Kerneckner et al., 2020, Knierim et al., 2018).

Dass digitale Anwendungen nützlich sind – also einen relativen Vorteil bringen – und sie bei der Bewältigung von Problemen in den Betrieben unterstützen, empfinden laut Knierim et al. (2018) fast alle der von den Autorinnen befragten europäischen LandwirtInnen, nämlich 97 %. Smart Farming-Anwendungen wurden dabei von einer großen Mehrheit als produktionssteigernd, als Beitrag zur Verbesserung der Arbeitsabläufe, als den Arbeitskomfort erhöhend und die Arbeitsbelastungen reduzierend beschrieben (Knierim et al., 2018). Dabei spielen demografische Merkmale, wie zum Beispiel Alter und Geschlecht, zunächst keine vordergründige Rolle in der Akzeptanz von Smart Farming-Anwendungen (Paustian und Theuvsen, 2017; Knierim et al., 2018). Vielmehr scheinen persönliche Einstellungen zu neuen Technologien und betriebliche Faktoren, wie beispielsweise die zu bewirtschaftende Fläche, ausschlaggebend. Wobei die Wahrscheinlichkeit, digitale Anwendung zu

nutzen, mit einer größeren Flächenausstattung der Betriebe steigt (Knierim et al., 2018; Paustian und Theuvsen, 2017; Sonntag et al., 2022).

Dennoch spielt die Demografie indirekt eine Rolle bei der Umsetzung im Betrieb, denn Paustian und Theuvsen (2017) konnten feststellen, dass die Nutzung von Precision Farming am häufigsten entweder bei LandwirtInnen, mit großer Erfahrung oder bei jungen, unerfahrenen, aber sehr gut ausgebildeten und technikaffinen LandwirtInnen, vorkommt. Die Autoren schlussfolgern, dass diese beiden Gruppen den wirtschaftlichen Nutzen der Anwendungen am besten erkennen könnten (Paustian und Theuvsen, 2017). Auch Sonntag et al. (2022) berichten, dass insbesondere die Altersgruppe zwischen 25 und 35 Jahren am häufigsten Precision Farming einsetzt. Auch hier führen die AutorInnen dies auf die persönliche Einstellung zurück, da sich jüngere LandwirtInnen von Innovationen stärker angezogen fühlen (Sonntag et al., 2022). Die Landwirtschaftliche Rentenbank (2018) führt Unterschiede beim Stand der Digitalisierung in der Landwirtschaft weiters auf den Kenntnisstand der LandwirtInnen zurück. So gaben rund ein Drittel der im Jahr 2018 befragten BetriebsinhaberInnen an, dass sie sich nur ausreichend oder ungenügend mit den digitalen Produkten auskennen; nur 21% gaben an, sich gut oder sehr gut mit diesen Produkten auszukennen. Dabei zeigte sich, dass gerade bei älteren LandwirtInnen ein erhöhter Informations- und Schulungsbedarf erforderlich ist. Dies stellt allerdings auch ein Hemmnis für die Nutzung von Smart Farming-Anwendungen dar, denn Schulungen sind mit einem erhöhten Zeitaufwand verbunden (Landwirtschaftliche Rentenbank, 2018), den LandwirtInnen tendenziell aber bereit sind zu erbringen, wenn relevante praktische und theoretische Inhalte vermittelt werden (Michels et al., 2019)

Neben fehlendem oder ungenügendem Wissen über Smart Farming-Anwendung, werden in der Literatur weitere hemmende Faktoren beschrieben (Gandorfer et al., 2017; 2018; Gabriel und Gandorfer, 2020). Dabei zeigt sich, dass Hemmnisse wie fehlendes Know-How, komplizierte Bedienung und technische Störanfälligkeit tendenziell abnehmen. Allerdings ist die Einführung neuer Technologien mit einem erhöhten Zeit- und Lernaufwand verbunden und bedingt hohe Anfangsinvestitionen, die von Betrieben als herausfordernd wahrgenommen werden (Gandorfer et al., 2017; Knierim et al., 2018; Kernecker et al., 2020; Gabriel und Gandorfer, 2020; Sonntag et al., 2022). Neben den Anfangsinvestitionen stellten sich in den Studien von Gandorfer et al. (2017), Gabriel und Gandorfer (2020) und Sonntag et al. (2022) vor allem die mangelnde Kompatibilität der verschiedenen Systeme und Bedenken hinsichtlich Datenschutz und Datenhoheit als Akzeptanzhemmnisse heraus. Dazu führten Wiseman et al. (2019) aus, dass LandwirtInnen vor allem fehlendes Vertrauen im Bereich der Datenerhebung und des Datenmanagements, also Bedenken dahingehend haben, wie ihre Daten gesammelt und verwaltet werden und wie der Schutz ihrer Privatsphäre gewahrt wird. LandwirtInnen

sind demzufolge eher bereit digitale Anwendungen zu nutzen, wenn sie wissen, was mit ihren Daten geschieht, wie diese Daten genutzt werden, wem die Daten letztendlich gehören, bzw. wer alles ein Verfügungsrecht über die gesammelten Daten hat. Neben mangelnder Transparenz in den Nutzungsbedingungen der Datenlizenzen werden aber auch die ungleiche Verhandlungsmacht und ein mangelnder Vorteilsausgleich zwischen den LandwirtInnen (als DatenlieferantInnen) und den BeraterInnen/Agrarunternehmern (als DatensammlerInnen) kritisch beurteilt (Wiseman et al., 2019).

Neben den bereits genannten Akzeptanzhemmnissen stellten Gabriel und Gandorfer (2020) auch die fragliche Wirtschaftlichkeit und hohe laufende Kosten als einflussreiche Faktoren heraus, die eine Adoption von Smart Farming-Anwendungen hemmen. Da diese Innovationen teilweise neu auf dem Markt sind und erst wenige Erfahrungen über die Anwendungen in der Praxis vorliegen, fällt es LandwirtInnen jedoch schwer diese Nachteile den Vorteilen aus den neuen Anwendungen gegenüberzustellen und so für den eigenen Betrieb monetär abzuwägen (Knierim et al., 2018; Kernecker et al., 2020). Dies spielt vor allem bei jenen LandwirtInnen eine Rolle, welche noch keine Smart Farming-Anwendungen nutzen und für die daher der Nutzen oder Mehrwert der neuen Anwendungen nicht genauer erkennbar ist. Der fehlende Zugang zu dieser Information beeinflusst somit die Akzeptanz von Smart Farming-Anwendungen negativ (Kernecker et al., 2020). LandwirtInnen wünschen sich zudem unabhängige Informationsquellen und Beratungsstellen, da sie den Informationen der Anbietenden nur bedingt vertrauen (Knierim et al., 2018).

### 3 Methodik der empirischen Erhebung

#### 3.1 Messinstrument und Datenerhebung

Die Datenerhebung bei den landwirtschaftlichen Betrieben in Deutschland erfolgte durch eine Online-Befragung, die im Juli 2021 in Zusammenarbeit mit der Vereinigte Hagelversicherung VVaG (VH) durchgeführt wurde. Der Link zur Teilnahme an der Umfrage wurde an alle Versicherten der VH geschickt, welche bei Abschluss ihres Vertrages die Zustimmung für Werbung durch die VH gegeben hatten. 607 LandwirtInnen starteten die Umfrage, und 404 Fragebögen wurden vollständig ausgefüllt. Die Umfrage gliederte sich in fünf Abschnitte. Der erste Abschnitt enthielt allgemeine Fragen zur VH, welche nicht Gegenstand dieses Beitrags sind. Die folgenden, und für diesen Beitrag verwendeten, Abschnitte beinhalteten zunächst Fragen zur Messung der Einstellungen der LandwirtInnen gegenüber digitalen Anwendungen auf Basis von Fernerkundungsdaten sowie Fragen nach der aktuellen Nutzung digitaler Anwendungen. Die Umfrage war adaptiv so gestaltet, dass LandwirtInnen, die bisher keine Anwendungen nutzten, zu den Gründen der Nichtnutzung befragt wurden. Zudem sollten die Nichtnutzer auf einer fünfstufigen Skala von 1 (=geringe Rolle) bis 5 (=große Rolle) beurteilen, welchen

Einfluss der Abbau ausgewählter Akzeptanzhemmnisse (z.B. mehr Information über Anwendungsmöglichkeiten, garantierter Datenschutz, geringere Anschaffungskosten) auf eine mögliche zukünftige Nutzung von digitalen Anwendungen haben. Alle Befragten wurden des Weiteren auf fünfstufigen Skalen zu ihrer allgemeinen Bereitschaft befragt, digitalen Anwendungen betriebsspezifische Daten zur Verfügung zu stellen (1=sehr unwahrscheinlich bis 5=sehr wahrscheinlich) und wie wohl sie sich mit dem Teilen ausgewählter Betriebsdaten, wie z.B. Anbauzeitpunkte und Pflanzenschutzmaßnahmen, fühlen würden (1=sehr unwohl bis 5=sehr wohl).

Im folgenden dritten Abschnitt wurden sowohl die Nutzer digitaler Anwendungen als auch die Nichtnutzer zu den von ihnen wahrgenommenen Vor- und Nachteilen bzw. Chancen und Risiken digitaler Anwendungen für landwirtschaftliche Betriebe befragt. Dazu sollte wieder der Einfluss ausgewählter Faktoren für oder gegen eine Nutzung digitaler Anwendungen auf einer Skala von 1 (=geringe Rolle) bis 5 (=große Rolle) beurteilt werden. Die Auswahl erfolgte literaturgestützt und umfasst u.a. Aspekte der Effizienz und Kostenersparnis, der Produktqualität und Rentabilität, der Erfüllung von Dokumentationspflichten, möglicher Umweltvorteile, der Datensicherheit und der Anschaffungskosten.

Im vierten Abschnitt wurden die LandwirtInnen zu ihren Einstellungen gegenüber potenziellen neuen Nutzungsmöglichkeiten befragt. Hierfür wurden den LandwirtInnen neun Nutzungsmöglichkeiten für digitale Anwendungen auf Basis von Fernerkundungsdaten vorgestellt, die sie mittels Best-Worst-Scaling (BWS) in die besten (mit dem höchsten Nutzen) und schlechtesten (mit dem geringsten Nutzen) einteilen sollten. Die Umsetzung des BWS wird im Abschnitt 3.2 noch genauer erläutert. Unter den vorgestellten Nutzungsmöglichkeiten befanden sich Anwendungen, welche zum Teil bereits Eingang in die landwirtschaftliche Praxis gefunden haben, aber auch solche, die sich noch in der Entwicklung befanden. Die Auswahl erfolgte literaturgestützt und wurde durch eine Expertenrunde von Angestellten im landwirtschaftlichen Bereich ergänzt. Sie umfasst Nutzungen in den in Tabelle 1 vorgestellten Bereichen. Abschließend wurden noch soziodemografische Merkmale (u.a. Alter, Geschlecht, Ausbildung) und Daten zum Betrieb (u.a. Betriebsschwerpunkt und -fläche) erhoben.

**Tabelle 1:**  
**Beschreibung der digitalen Nutzungsmöglichkeiten**

CODE	NUTZUNGSMÖGLICHKEIT
A	Vorhersagen zu Ertragsbildung und Druschreife
B	Übersicht Bodenfeuchte, Bodenstruktur und Strukturschäden
C	Automatische Schlaggrenzen- und Kulturartenerkennung für eine Erfassung von Bestandsdaten
D	Erkennen und Vorhersagen wetterbedingter Gefährdungen für den Pflanzenbestand
E	Erkennen von Anomalien wie Schäden (Dürre, Starkregen, Hagel, Wildschäden, Spritzschäden etc.), Krankheiten und Mangelsymptomen
F	Benachrichtigung über Veränderungen im Pflanzenbestand (Schäden, Krankheitsdruck, etc...)
G	Monitoring über Pflanzenentwicklung (Wachstumsrate, Wassergehalt etc.)
H	Empfehlungen zu ackerbaulichen Maßnahmen (Düngung, Pflanzenschutz, etc.)
I	Hilfen bei den verschiedenen Dokumentationspflichten und Erinnerungen an die Abgabetermine (z.B. Antrag auf Dieselbeihilfen, Sperrfristen, etc.)

Quelle: Eigene Darstellung

### 3.2 Best-Worst-Scaling

Das Best-Worst-Scaling (BWS) ist eine Erhebungsmethode zur Ermittlung der relativen Wichtigkeit von Merkmalen, Items oder Alternativen einzelner Personen. Die Methode ähnelt dabei den diskreten Auswahlexperimenten (Discrete Choice Experiments, DCEs), erweitert diese jedoch, und geht auf Louviere und Woodworth (1990) und Finn und Louviere (1992) zurück (Marley und Flynn, 2015; Aizaki et al., 2015). Beim BWS müssen die Befragten wiederholt zwei Merkmale, Items oder Alternativen aus einer Auswahl von drei oder mehr Merkmalen, Items oder Alternativen als die „am besten“ und „am schlechtesten“ oder „am wichtigsten“ und „am unwichtigsten“ auswählen (Marley und Flynn, 2015). Im gleichzeitigen Sammeln von Informationen über die beste und die schlechteste Alternative liegt ein wesentlicher Vorteil des BWS (Louviere et al., 2013). Weitere Vorteile liegen im leicht verständlichen Abfrageformat und der resultierenden eindeutigen Präferenzordnung (Campbell und Erdem, 2015). Daher wird BWS auch als theoriegetriebenes Präferenzskalierungsverfahren bezeichnet und findet vorwiegend in der Markt- und Konsumentenforschung und im Gesundheitsbereich Anwendung (u.a. Lagerkvist, 2013; Cohen, 2009; Lockshin et al., 2015; Louviere et al., 2013). In der Literatur werden drei Typen einer BWS-Erhebung auf Basis der Komplexität der gestellten Auswahlentscheidung unterschieden: Der Objekt-Fall, der Profil-Fall und der Mehrprofil-Fall (Marley und Flynn, 2015).

### 3.2.1 Umsetzung des Best-Worst-Scalings in der Online-Umfrage

Unsere Erhebung unter deutschen LandwirtInnen zu den Präferenzen bei digitalen Anwendungen auf Basis von Fernerkundungsdaten entspricht dem Objekt-Fall, da wir an den relativen Werten interessiert sind, die mit jeder einzelnen der neun Nutzungsmöglichkeiten aus Tabelle 1 verbunden sind (Marley und Flynn, 2015). Wir erstellten ein Balanced Incomplete Block Designs (BIB) Design in R mit Hilfe des Pakets „crossdes“ (Sailer, 2013), um die Auswahlentscheidungen (choice sets) zu generieren. BIB-Design für  $v$  Attribute werden mit  $(b, r, k, \lambda)$  bezeichnet, wobei  $v$  die Anzahl der Merkmale/Attribute beschreibt,  $b$  die Anzahl der Auswahlentscheidungen,  $r$  die Wiederholung pro Merkmale/Attribute,  $k$  die Anzahl der Items in jeder Auswahlentscheidung und  $\lambda$  die Häufigkeit mit der ein gewisses Merkmal/Attribut-Paar gemeinsam vorkommt (Cohen, 2013). Unser BIB-Design für 9 Attribute entspricht demzufolge einem  $(12, 4, 3, 1)$  Design: Die neun Nutzungsmöglichkeiten werden dabei in zwölf Auswahlentscheidungen gezeigt, wobei jede Nutzungsmöglichkeit in Summe vier Mal über alle Auswahlsets (choice sets) erscheint. Jedes choice set besteht aus drei Nutzungsmöglichkeiten und jedes Nutzungsmöglichkeiten-Paar kommt nur ein Mal gemeinsam vor. Die Anzahl von drei Nutzungsmöglichkeiten pro choice set hat den Vorteil, dass wir ein komplettes Ranking erhalten, da durch die Angabe der besten und der schlechtesten Nutzungsmöglichkeit die verbleibende Anwendung automatisch den mittleren Platz einnimmt.

In Pretests mit LandwirtInnen zeigte sich jedoch, dass zwölf Rankings ermüdend wirkten und der Fragebogen als zu lang wahrgenommen wurde. Daher wurden jedem Teilnehmenden per Zufallsziehung sechs Rankings zur Bewertung vorgelegt, wie von Cohen (2013) und Ye et al. (2020) in solchen Fällen empfohlen. In der Online-Umfrage wurde das Design somit in zwei Blöcke aufgeteilt und die LandwirtInnen wurden somit sechs Mal gebeten, die aufgelisteten Smart Farming-Anwendungsmöglichkeiten im Hinblick auf den eigenen betrieblichen Nutzen zu reihen. Ein Beispiel für eine Auswahlentscheidung ist in Abbildung 1 dargestellt.

Wir würden nun gerne herausfinden, welche Nutzungsmöglichkeiten Sie besonders präferieren. Dafür bekommen Sie **6 Ranking-Fragen** vorgelegt, welche Sie bitte **nach Ihrem betrieblichen Nutzenempfinden ordnen**. Die Möglichkeiten können **per Klick in die passende Reihenfolge gezogen** werden. Aus methodischen Gründen werden die einzelnen Möglichkeiten mehrfach in verschiedenen Kombinationen genannt.

**Ordnen Sie die im Folgenden aufgelisteten potenziellen Nutzungsmöglichkeiten nach dem höchsten Nutzen aus Ihrer Sicht. Bitte ordnen Sie die Aspekte vom Wichtigsten (oben) zum Unwichtigsten (unten). Verschieben Sie die Felder, indem Sie auf das Feld klicken und dieses nach oben oder unten ziehen.**



**Abbildung 1: Beispiel einer BWS Auswahlentscheidung inkl. Framing**

Quelle: Eigene Darstellung

### 3.2.2 Auswertung des BWS

BWS Daten können auf verschiedene Art und Weise ausgewertet werden. Wir greifen für den vorliegenden Artikel auf einen Zählansatz („counting approach“) zurück und berichten aggregierte Werte, die sich für die Interpretation von Trends in den Antworten aller Befragten eignen (Aizaki et al., 2018; Cohen, 2009). Die Analyse erfolgte in Excel© und die aggregierten BWS-Werte wurden basierend auf Aizaki et al. (2018) und Cohen (2009) wie folgt berechnet:

$$BW_i = B_i - W_i \quad (1)$$

$$std.BW_i = BW_i/Nr \quad (2)$$

$$sqr.t.BW_i = \sqrt{B_i/W_i} \quad (3)$$

$$std.sqr.t.BW_i = sqr.t.BW_i/max.sqr.t.BW_i \quad (4)$$

wobei zunächst für jede Nutzungsmöglichkeit  $i$  aufsummiert wird, wie oft diese als die beste/wichtigste („BEST“) und schlechteste/unwichtigste („WORST“) genannt wurde. Dabei wird die Häufigkeit, mit der Nutzungsmöglichkeit  $i$  in allen Fragen und über alle LandwirtInnen als beste ausgewählt wird, mit  $B_i$

bezeichnet; die Häufigkeit, mit der Nutzungsmöglichkeit  $i$  als das schlechteste ausgewählt wird, mit  $W_i$ . Für den absoluten B-W Score ( $BW_i$ ) einer Nutzungsmöglichkeit (1) wurden anschließend die kumulierten Häufigkeiten  $W_i$  von  $B_i$  subtrahiert. Basierend auf diesem Wert erfolgte die Rangordnung der Nutzungsmöglichkeiten. Positive Werte des B-W Scores bedeuten, dass die Nutzungsmöglichkeit häufiger als "am besten/wichtigsten" als "am schlechtesten/unwichtigsten" gewählt wurde. Der durchschnittliche B-W-Score ( $std. BW_i$ ) einer Nutzungsmöglichkeit (2) wurde berechnet, indem der B-W Score durch die Anzahl der befragten LandwirtInnen  $N$  und die Häufigkeit  $r$ , mit der jede Nutzungsmöglichkeit den Befragten in den Auswahlsets vorgelegt wurde, d. h. zwei in unserem Fall auf Grund des geblockten Designs, geteilt wird. Um auf die relative Gewichtung zwischen den einzelnen Nutzungsmöglichkeiten zu schließen, wurde zunächst jeweils die Quadratwurzel des Verhältnisses von  $B_i$  zu  $W_i$  ermittelt (3), und dieser Wert abschließend mit dem maximalen Wert von  $\sqrt{BW_i}$  standardisiert (4).

## 4 Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Beschreibung der Stichprobe

In die Auswertung flossen 404 vollständig ausgefüllte Interviews ein. Tabelle 2 beschreibt die Stichprobe deutscher LandwirtInnen hinsichtlich ihrer soziodemographischen Merkmale sowie ausgewählter betrieblicher Faktoren. Das durchschnittliche Alter der Befragten betrug 50,5 Jahre, womit die Stichprobe nah an der Altersstruktur in der deutschen Landwirtschaft liegt (2020 war gut die Hälfte aller BetriebsinhaberInnen 55 Jahre und älter; Pascher et al., 2021). Blickt man auf die Funktion der Befragten im Betrieb, so sind rund 90 % für die Betriebsleitung verantwortlich. Der Rest verteilt sich auf Familienarbeitskräfte (6 %), Angestellte und Sonstige (je 2 %). 9 von 10 Befragten sind Männer, und dies spiegelt die Geschlechterverteilung am Anteil der Betriebsführung deutschlandweit wider (Pascher et al., 2021). Die Befragten weisen einen hohen Ausbildungsstand auf, so hat rund ein Drittel von ihnen eine Fortbildung zum Meister absolviert; knapp ein Viertel verfügt über ein abgeschlossenes Hochschulstudium. Der Anteil jener, die ausschließlich praktische Erfahrung vorweisen können oder eine landwirtschaftliche Ausbildung abgeschlossen haben (je ca. 18 %), ist somit niedriger als im bundesweiten Vergleich (je ca. 33 %). Dies lässt sich mit der großen Anzahl von befragten Haupterwerbsbetrieben (70 %) erklären, die damit auch über dem Bundesschnitt von 43 % liegt. Die Betriebsleitungen in Haupterwerbsbetrieben besitzen in der Regel einen höheren Ausbildungsstand, während sie bei der Hälfte der Nebenerwerbsbetriebe ausschließlich praktische landwirtschaftliche Erfahrungen aufweisen (Pascher et al., 2021).

92 % der Betriebe in der Stichprobe werden konventionell, 8 % der Betriebe ökologisch bewirtschaftet. Damit liegt der Anteil der Bio-Betriebe etwas niedriger als im deutschen Durchschnitt, dort waren es Ende 2020 rund 13,5 % (Pascher et al., 2021). Hinsichtlich der Produktionsschwerpunkte zeigt sich, dass die befragten LandwirtInnen vor allem Ackerbau betreiben (rd. 30 %) oder Sonderkulturen bewirtschaften (rd. 34 %), gefolgt von Mischbetrieben (rd. 23 %). Die beiden letztgenannten Betriebsarten sind somit überproportional vertreten, während in der Stichprobe Futterbau- und Tierhaltungsbetriebe unterrepräsentiert sind. Blickt man auf die Flächenausstattung, so bewirtschaftet ein Drittel der befragten LandwirtInnen weniger als 20 ha. Eine Betriebsfläche zwischen 21 und 50 ha bzw. zwischen 51 und 100 ha weisen jeweils rund 20 % der Betriebe auf. Etwas mehr als ein Viertel der befragten Betriebe bewirtschaftet mehr als 100 ha. Hier zeigen sich leichte Abweichungen zu den bundesweiten Werten, wobei Betriebe mit einer Fläche von mehr als 100 ha zu Lasten von Betrieben mit einer Fläche unter 20 ha überrepräsentiert sind (Pascher et al., 2021).

Betrachtet man die Verteilung der Betriebe zwischen den Bundesländern, so kommt die Mehrzahl der befragten LandwirtInnen aus den südlichen Ländern Bayern und Baden-Württemberg (rd. 64 %). Dahinter folgen Betriebe aus Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz mit in Summe rd. 17 %. Aus dem Norden (Niedersachsen, Schleswig-Holstein) stammt etwa jeder 10. Betrieb; während der Anteil an Betrieben aus den östlichen Bundesländern bei rd. 8 % liegt. Betriebe aus Berlin, Bremen, Hamburg und dem Saarland sind nicht vertreten. Damit weicht die Verteilung der Betriebsstandorte der befragten LandwirtInnen von der tatsächlichen bundesweiten Betriebsverteilung insofern ab, dass der geografische Schwerpunkt in Richtung Süddeutschland verschoben ist (Pascher et al., 2021).

Die vorliegende Stichprobe bildet eine große Vielfalt an Betrieben und Betriebsarten ab und erweist sich nah an den tatsächlichen Verteilungen wichtiger Betriebsmerkmale und soziodemographischer Merkmale. Sie erhebt jedoch keinen Anspruch auf Repräsentativität.

**Tabelle 2:**  
**Beschreibung der Stichprobe deutscher LandwirtInnen (N=404)**

	Stichprobe		Deutschland <sup>1</sup>
	Mittelwert	Standard-abweichung	
<i>Alter in Jahren</i>	50,5	11,7	47 % der BetriebsinhaberInnen älter als 55 Jahre
<i>Geschlecht</i>	<b>Anzahl</b>	<b>Prozent (%)</b>	
	Männlich	359	88,9
	Weiblich	42	10,4
	Divers	3	0,7 (Anteil der Betriebsleitung)
<i>Ausbildungsstand</i>	Keine landwirtschaftliche Ausbildung/nur praktische Erfahrung	72	17,8
	Landwirtschaftliche Ausbildung	74	18,3
	Meisterschule	128	31,7
	Universitätsabschluss (Bachelor, Master/Diplom, Promotion)	103	24,5
	Sonstiges	27	6,7 (Anteil der Betriebsleitung)
<i>Erwerbsart</i>	Haupterwerb	285	70,5
	Nebenerwerb	119	29,5
<i>Bewirtschaftung</i>	Konventionell	370	91,6
	Ökologisch	34	8,4
<i>Betriebsart</i>	Ackerbau	121	30,0
	Futterbau u. Tierhaltung	53	13,1
	Sonderkulturbetrieb (u.a. Wein-, Gartenbau)	138	34,2
	Mischbetrieb	92	22,8
<i>Betriebsfläche</i>	<=20 ha	131	32,4
	21 bis 50 ha	80	19,8
	51 bis 100 ha	82	20,3
	> 100 ha	111	27,5
<i>Bundesland</i>	Nord (Niedersachsen, Schleswig-Holstein)	40	9,9
	Mitte-West (Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland)	67	16,6
	Ost (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen)	32	7,9
	Süd (Baden-Württemberg, Bayern)	257	63,6
	Keine Angabe	8	2,0 (Sonstige)

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Datenerhebung; <sup>1</sup>Vergleich basierend auf Pascher et al. (2021)

## 4.2 Einsatz digitaler Anwendungen und hemmende und motivierende Faktoren

Im folgenden Abschnitt stellen wir zunächst deskriptive Auswertungen zu den Fragen des zweiten und dritten Fragebogenabschnitts vor, in denen die Einstellungen der LandwirtInnen gegenüber digitalen Anwendungen auf Basis von Fernerkundungsdaten sowie die aktuelle Nutzung dieser Anwendungen erfasst wurden. Wir analysieren auch, welche Vor- und Nachteile bzw. Chancen und Risiken landwirtschaftliche Betriebe mit digitalen Anwendungen assoziieren und wie wohl sie sich beim Teilen betriebseigener Daten mit den Anwendungsanbietern fühlen.

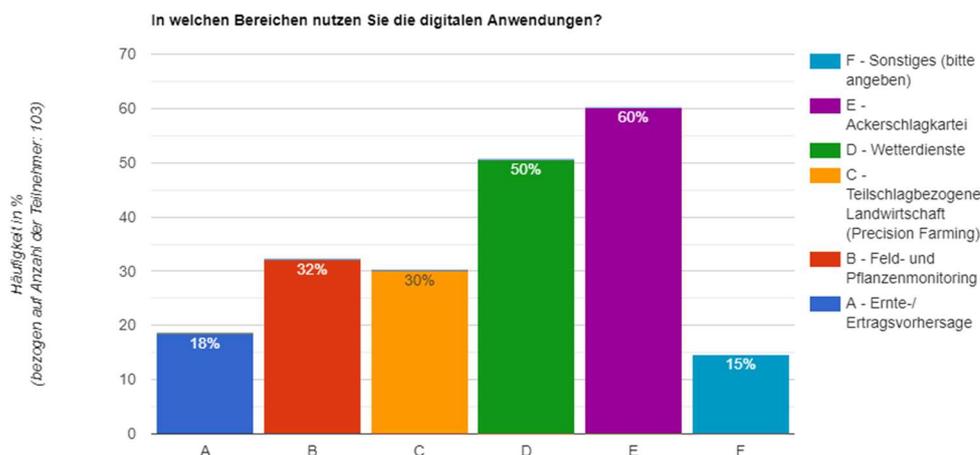
Nach ihrem aktuellen Nutzungsverhalten von digitalen Anwendungen auf Basis von Drohnen- und Satellitendaten befragt, gaben 25 % der LandwirtInnen an, diese im betrieblichen Bereich bereits zu verwenden. Folglich nutzte die große Mehrheit der Befragten solche Anwendungen noch nicht. In der vorliegenden Stichprobe ist der Anteil der Nutzer digitaler Smart Farming-Anwendungen somit geringer als in ähnlichen Studien der letzten Jahre, die von mehr als der Hälfte (Gabriel et al., 2021; Kernecker et al., 2020) oder sogar von fast 70 % der Befragten berichteten (Weller von Ahlefeld, 2021; Sonntag et al., 2022). Mögliche Gründe liegen zum einen in der Dominanz von Marktfrucht- und Ackerbaubetrieben in früheren Studien, für die höhere Nutzungsraten gegenüber Spezialkulturbetrieben, die in dieser Stichprobe stark vertreten sind, bekannt sind (Kernecker et al., 2020). Zum anderen dominieren bei Sonntag et al. (2022) und Weller von Ahlefeld (2021) größere Betriebsstrukturen und jüngere, gut gebildete Landwirte in den Stichproben - Faktoren mit denen bekanntlich die Wahrscheinlichkeit der Nutzung steigt (Kernecker et al., 2020; Knieriem et al., 2018; Pierpaoli et al., 2013). Somit komplementiert die vorliegende Studie frühere Umfragen, indem sie den Blick auf das Nutzungsverhalten auf vielfältigere Betriebstypen und unterschiedliche Betriebsleiter erweitert.

Die Umfrage war adaptiv gestaltet, sodass LandwirtInnen, die bisher keine digitalen Anwendungen nutzten, zusätzlich zu den Gründen der Nichtnutzung und dem Einfluss ausgewählter Akzeptanzhemmnisse befragt wurden. Daher werden nun zunächst die Gruppen der Nutzer und Nichtnutzer getrennt beschrieben.

## 4.2.1 Nutzer digitaler Anwendungen

Für die Nutzer (N=103) digitaler Anwendungen wurde zunächst erhoben, in welchen Bereichen ihrer Betriebe sie zum Einsatz kommen. Mögliche Einsatzbereiche wurden literaturgestützt ausgewählt und in einer Multiple-Choice-Frage gestützt abgefragt. Zur Auswahl stand die Nutzung von Ackerschlagkarteien, Wetterdiensten, der teilschlagbezogenen Bewirtschaftung (Precision Farming), vom Feld- und Pflanzenmonitoring und von den Ernte- und Ertragsvorhersagen. Aus Abbildung 2 zeigt sich, dass am häufigsten digitale Ackerschlagkarteien (60%) und Wetterdienste (50%) genutzt werden. Jeder Dritte setzte auf teilschlagbezogene Bewirtschaftung oder nutzte Anwendungen zum Feld- und Pflanzenmonitoring. Technologien zur Messung der Erntequalität und der Ernteproggnose sind erst wenig verbreitet. Unter Sonstiges wurden als weitere Nutzungsmöglichkeiten noch der Einsatz von GPS, die Wildtierrettung und Maiszünslerbekämpfung erwähnt, sowie auf Möglichkeiten der digitalen Antragstellung und Nutzung verschiedener digitaler Plattformen hingewiesen. Die Punkte Wildtierrettung und Maiszünslerbekämpfung werden in der Literatur im Bereich der Drohnenutzung verortet, hier handelt es sich allerdings nicht um eine digitale Anwendung, sondern um die praktische Durchführung einer Maßnahme.

Auf die anschließende Frage, ob eine Erweiterung der Nutzung digitaler Anwendungen geplant ist, gaben 11 % an, dass sie aktuell eine solche nicht planen und sich auch nicht weiter damit beschäftigen.



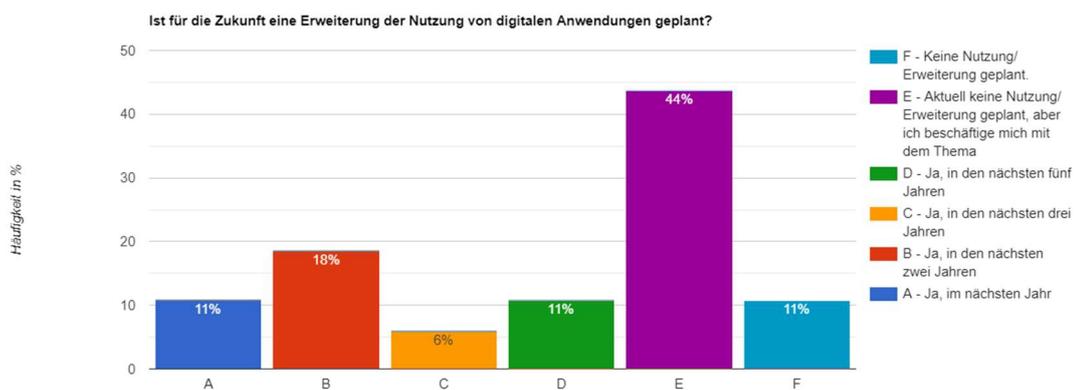
**Abbildung 2: Aktuelle Nutzungsbereiche digitale Anwendungen**

Quelle: Eigene Darstellung

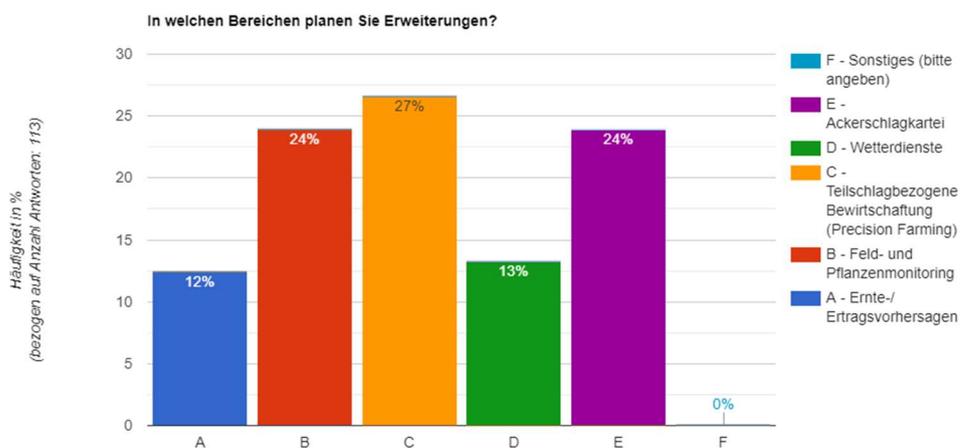
44 % der befragten LandwirtInnen, die bereits digitale Helfer einsetzen, planen aktuell keine Erweiterung, beschäftigten sich aber mit dem Thema. Somit plante etwas mehr als die Hälfte der bisherigen Nutzer in naher Zukunft keine Ausdehnung der Nutzung digitaler Anwendungen auf Basis

von Drohnen- und Satellitendaten. Die andere Hälfte der bisherigen Nutzer konnte sich hingegen perspektivisch eine Erweiterung vorstellen: 11% der Nutzer schon im nächsten Jahr, 18 % der Nutzer planten eine Erweiterung in den nächsten zwei Jahren, 6% konnten sich vorstellen, dass sie in den nächsten drei Jahren ihre Nutzung erweitern, und weitere 11 % bejahten dies für die nächsten fünf Jahre (vgl. Abbildung 3).

In welchen Bereichen jene LandwirtInnen, die eine Erweiterung planten, die Nutzung digitaler Anwendungen ausbauen möchten, zeigt Abbildung 4. Auf Grund von Mehrfachnennungen gab es insgesamt 113 Nennungen von 47 LandwirtInnen. Am häufigstem wurde dabei die teilschlagbezogene Bewirtschaftung genannt (27 %), gefolgt von Feld- und Pflanzenmonitoring und Ackerschlagkarteien mit jeweils 24% der Nennungen. Die verstärkte Nutzung von Wetterdiensten und Ernte- und Ertragsvorhersagen erschien für die Befragten weniger relevant.



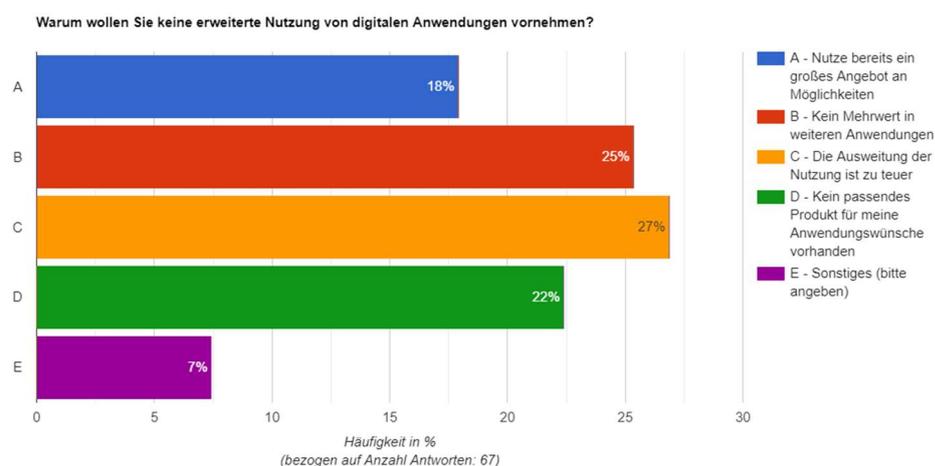
**Abbildung 3: Geplante Erweiterung einer Nutzung digitaler Anwendungen in der Zukunft**  
Quelle: Eigene Darstellung



**Abbildung 4: Bereiche einer möglichen Nutzenerweiterung**  
Quelle: Eigene Darstellung

Im Vergleich mit den Zahlen zur aktuellen Nutzung (Abbildung 2) fällt auf, dass eine teilschlagbezogene Bewirtschaftung und ein digital unterstütztes Feld- und Pflanzenmonitoring aktuell wenig verbreitet sind, hier aber nach Möglichkeit investiert werden soll. Während Ackerschlagkarteien bereits stark genutzt werden, soll auch deren Nutzung ausgebaut werden. Anwendungen im Bereich der Ernte- und Ertragsvorhersagen werden bisher wenig genutzt, allerdings sehen die Befragten hier auch kaum Ausbaubedarf. Spezielle Wetterdienste werden bisher von 50 % der Befragten genutzt, aber nur wenige Befragte planen diesbezügliche Erweiterungen. Möglicherweise sehen sie hier keinen Mehrwert im Vergleich zur Nutzung herkömmlicher Wetterprognosen.

Aus welchen Gründen LandwirtInnen keine Erweiterung der Nutzung planen, zeigt Abbildung 5. Es wird deutlich, dass die Hauptfaktoren, die gegen eine Erweiterung der Nutzung sprechen, zum einen die Kosten und zum anderen der wahrgenommene fehlende Mehrwert durch die Nutzung zusätzlicher Anwendungen sind. Dies sieht jeweils rund ein Viertel der Befragten als Einschränkung. Als weiterer limitierender Faktor wird aber auch genannt, dass es keine weiteren passenden Produkte auf dem Markt gibt. Zusätzlich gaben 18 % der Befragten an, dass sie bereits ein breites Angebot an Anwendungen nutzen und somit aktuell keinen weiteren Bedarf an digitaler Unterstützung sehen. Als weitere Gründe, die von Befragten unter „Sonstiges“ genannt wurden, zeigten sich unter anderem betriebliche Faktoren, wie bspw. die Betriebsstruktur, die keine Erweiterung zulässt, eine geplante Hofübergabe, oder erhöhter Zeitaufwand durch zusätzliche Büroarbeit. Aber auch Unsicherheiten im Umgang mit den Systemen wurden als hemmender Faktor genannt.



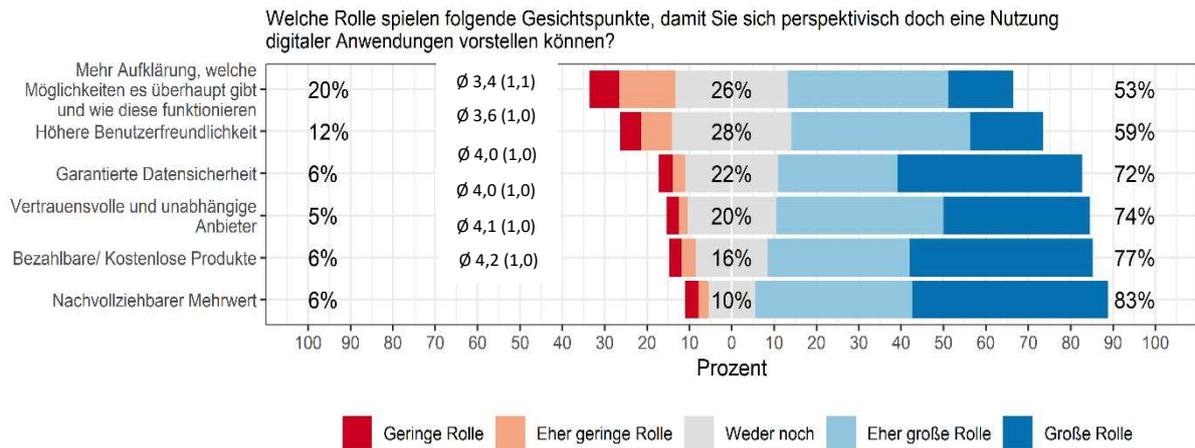
**Abbildung 5: Gründe gegen die erweiterte Nutzung digitaler Anwendungen**

Quelle: Eigene Darstellung

#### 4.2.2 Nichtnutzer digitaler Anwendungen

Bisher wurden nur LandwirtInnen betrachtet, die bereits digitale Anwendungen auf Basis von Drohnen- und Satellitendaten nutzen. Allerdings kommt bei einem großen Teil der Befragten bisher keine solcher Anwendungen (N=301) zum Einsatz. Wir wollten von diesen LandwirtInnen erfahren, was sie dazu bewegen könnte, in Zukunft solche Anwendungen zu nutzen. Dazu wurden ihnen Verbesserungen zu sechs, in der Literatur häufig genannten, Hemmnissen digitaler Anwendungen vorgestellt. Die LandwirtInnen sollten dann auswählen, welche Rolle diese für eine mögliche Nutzung für sie spielen (Skala von 1 = geringe Rolle bis 5 = große Rolle). Abbildung 6 zeigt das Ergebnis dieser Abfrage. Zum einen sind die Häufigkeitsverteilungen über die fünf Antwortkategorien, zum anderen die Summe der Prozentsätze für die beiden besten und schlechtesten Werte der Skala dargestellt („Top2-“ und „Bottom2-Boxes“). Zusätzlich werden die Mittelwerte und die Standardabweichungen in Klammern ausgewiesen.

Es fällt auf, dass vor allem ein nachvollziehbarer Mehrwert, geringe Anschaffungskosten, Vertrauen in die Anbieter und die garantierte Datensicherheit eine wichtige Rolle für eine zukünftige Nutzung digitaler Anwendungen spielen. Weniger ausschlaggebend und somit weniger erfolgsversprechend erscheinen hingegen Verbesserungen bei der Benutzerfreundlichkeit sowie die Durchführung von Informationskampagnen über verfügbare Anwendungen und deren Funktionen. Diese Aspekte fallen in ihrer Durchschnittsbewertung deutlich ab. Damit decken sich die Ergebnisse mit den in früheren Studien genannten Hemmnissen. Fragen der Datensicherheit, der Kosten und somit der Wirtschaftlichkeit werden häufig als Hemmnisse genannt (Gabriel und Gandorfer, 2020; Gandorfer et al., 2017; Kernecker et al., 2020; Knierim et al., 2018; Sonntag et al., 2022; Wiseman et al., 2019); ebenso die Problematik des unklaren Mehrwerts digitaler Anwendungen für den Betriebserfolg (Gabriel et al., 2021; Kernecker et al., 2020, Knierim et al., 2018). Ähnlich wie in früheren Studien wird auch der Benutzerfreundlichkeit sowie den Schulungen eine wichtige Rolle zugesprochen (Kernecker et al., 2020, Knierim et al., 2018; Sonntag et al., 2022).



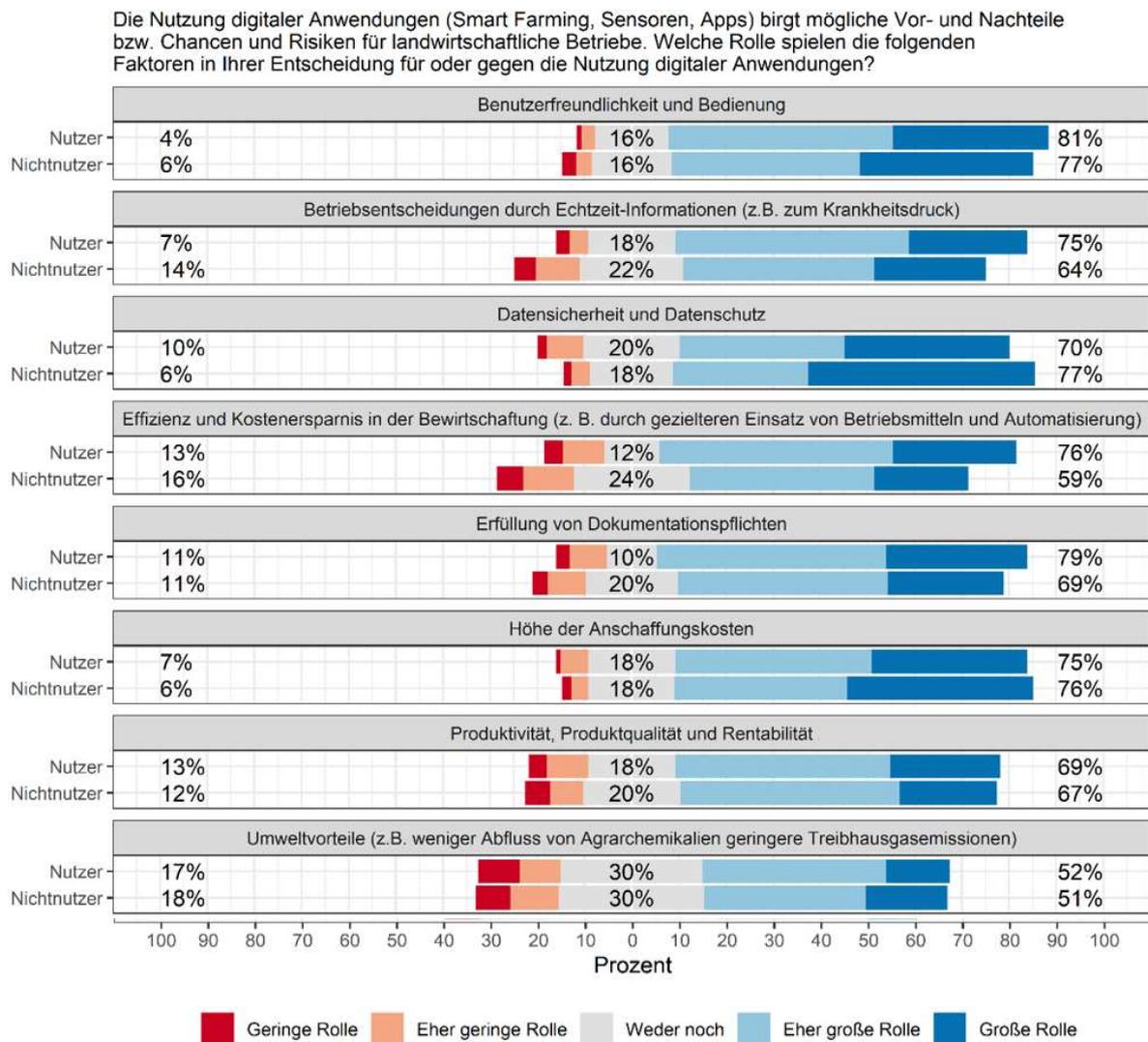
**Abbildung 6: Rolle von Verbesserungen in ausgewählten Hemmnissen auf die zukünftige Nutzung**  
 Quelle: Eigene Darstellung

### 4.3 Die Rolle wahrgenommener Vor- und Nachteile bzw. Chancen und Risiken

Abschließend analysieren wir für die beiden Gruppen der Nutzer und Nichtnutzer, welche Vor- und Nachteile bzw. Chancen und Risiken sie mit der Nutzung digitaler Anwendungen für ihre landwirtschaftlichen Betriebe assoziieren. Welche Rolle diese Faktoren schließlich bei der Entscheidung zur Nutzung oder Nichtnutzung digitaler Anwendungen gespielt haben, wird in Abbildung 7 dargestellt, die für beide Gruppen die Häufigkeitsverteilungen über die fünf Antwortkategorien sowie die Summe der Prozentsätze für die Top2- und Bottom2-Boxes zeigt.

Man erkennt aus Abbildung 7, dass sich beide Gruppen kaum unterscheiden und allen Faktoren eine wichtige Rolle zugesprochen wurde, allen voran der Benutzerfreundlichkeit und Bedienung der digitalen Anwendungen. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen von Knierim et al. (2018), wo sich Nutzer und Nichtnutzer ebenfalls kaum in ihren Wahrnehmungen unterscheiden. Den markantesten Unterschied zwischen den für diese Studie befragten LandwirtInnen kann man für die Rolle feststellen, die Effizienzgewinne und Kostenersparnisse in der Bewirtschaftung einnehmen. Während dies von 76 % der Nutzer als ausschlaggebend beurteilt wurde, traf dies nur für 59 % der Nichtnutzer zu. Nutzer richteten auch etwas mehr Augenmerk auf die Möglichkeit, ihre Betriebsentscheidung auf Basis von Echtzeitinformationen treffen zu können (75 % vs. 64 %), sowie bei der Erfüllung von Dokumentationspflichten unterstützt zu werden (79 % vs. 69 %). Obwohl Datensicherheit und –schutz für beide Gruppen eine wichtige Rolle spielt, schrieben Nichtnutzer diesem Faktor häufiger eine große Rolle in ihrer Nutzungsentscheidung zu. Damit zeigt sich wie bei Gabriel et al. (2021), dass Nutzer weniger starke Hemmnisse gegenüber der Nutzung digitaler Anwendungen zeigen bzw. wahrgenommene Vorteile stärker ausgeprägt sind.

Für die Hälfte der Befragten beider Gruppen spielen bei der Nutzungsentscheidung auch mögliche Umweltvorteile eine Rolle– diesen wurde relativ zu den anderen Faktoren gesehen jedoch seltener eine zentrale Rolle zugeschrieben. In der öffentlichen Diskussion werden mögliche positive externe Effekte durch die Nutzung von Smart Farming-Anwendungen hervorgehoben. Aus Sicht der LandwirtInnen, so zeigen die Ergebnisse, überwiegt allerdings der Wunsch nach Kosteneinsparungen und Effizienzsteigerungen, wie z.B. durch die Einsparung von Ressourcen im Bereich des Pflanzenschutzes oder der Düngung. Auch wenn sich dadurch ein indirekter positiver Einfluss auf die Umwelt erwarten lässt, spielen direkte betriebliche Vorteile eine wichtigere Rolle bei der Entscheidung für die Nutzung digitaler Anwendungen. Ähnliches berichteten auch Knierim et al. (2018). Auch stimmten 50 % der Befragten von Sonntag et al. (2022) zu, dass das Risiko einer Nitratauswaschung zu senken für sie ein Motiv für die Nutzung von Precision Farming darstellt (Sonntag et al., 2022).



**Abbildung 7: Rolle ausgewählter Faktoren auf die Nutzung digitaler Anwendungen**

Quelle: Eigene Darstellung

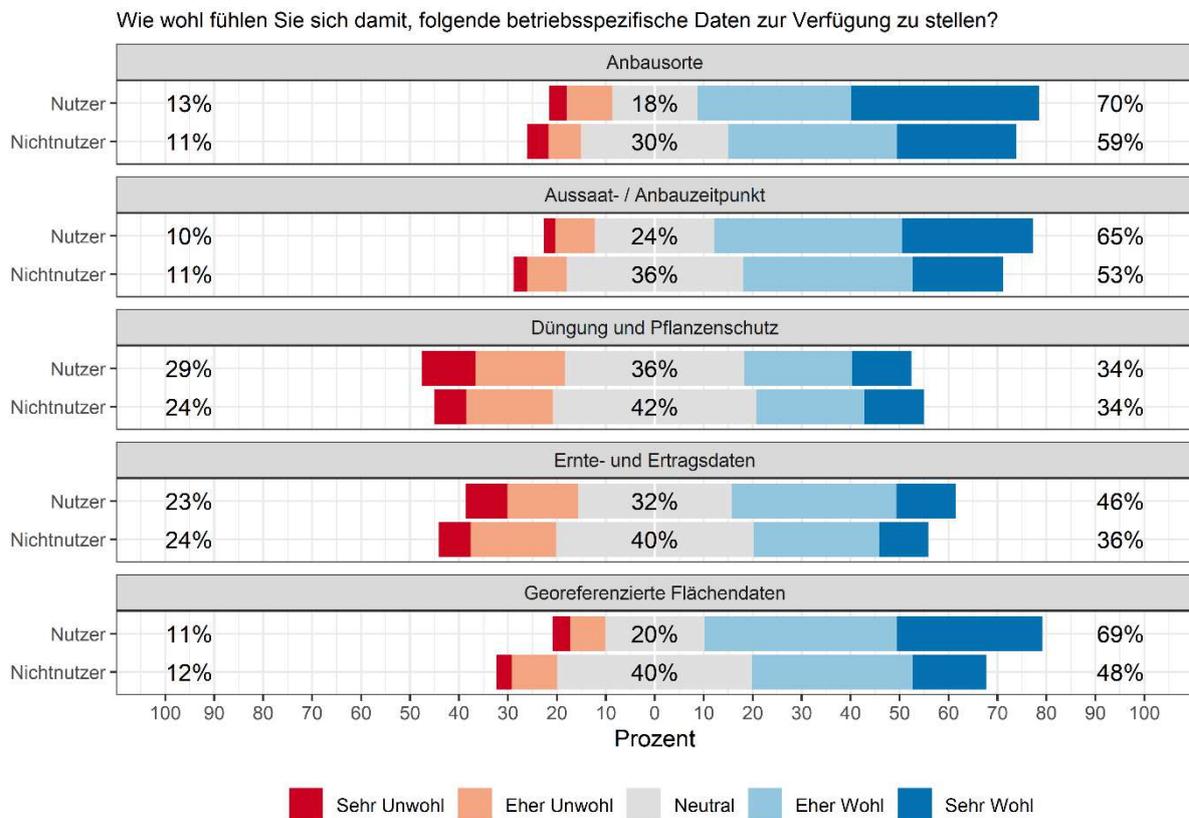
#### 4.4 Die Bereitschaft Anbietern betriebsbezogene Daten zur Verfügung zu stellen

Datensicherheit und Datenschutz spielen für die befragten LandwirtInnen eine wichtige Rolle bei der Nutzung digitaler Anwendungen auf Basis von Fernerkundungsdaten. Für deren Einsatz im Betrieb ist es in der Regel notwendig, dass Betriebs- und/oder Bewirtschaftungsdaten durch die Anwendungen verarbeitet werden (Schleicher und Gandorfer, 2018). Bedenken der LandwirtInnen in Bezug auf den Umgang mit ihren Daten beeinflussen ihre Bereitschaft landwirtschaftliche Daten zu teilen (Wiseman et al., 2019).

Vor diesem Hintergrund wollten wir von den LandwirtInnen wissen, wie wahrscheinlich es ist, dass sie einer Anwendung entsprechende betriebsspezifische Daten bereitstellen würden, wenn dies für sie einen Mehrwert (z.B. verbesserte Produkte, Prognosen) bringt. Rund 16 % der Befragten beurteilten dies als eher oder sehr unwahrscheinlich. Dabei ließen sich keine Unterschiede in den Anteilen aktueller Nutzer und Nichtnutzer digitaler Anwendungen feststellen. Weitere 16 % der Befragten waren dem Offenlegen betriebsspezifischer Daten gegenüber neutral eingestellt. Jedoch sahen sieben von zehn Befragten (68 %) es sogar als eher oder sehr wahrscheinlich an, dass sie solche bereitstellen würden. Dieser hohe Anteil überrascht zunächst, lässt sich aber durch den potenziell gewonnenen Mehrwert beim Einsatz digitaler Anwendungen erklären. Dieser Vorteil aus der Datenbereitstellung spielt laut Wiseman et al. (2019) eine zentrale Rolle, damit die individuelle Abwägungsentscheidung „Schutz der Privatsphäre vs. betrieblicher Vorteil“ zugunsten der Nutzung digitaler Technologien und der Bereitstellung von Daten ausfällt. Ebenso wichtig ist das Vertrauen der LandwirtInnen zu den Anbietern (Wiseman et al., 2019).

Alle LandwirtInnen, die dem Teilen betriebsbezogener Daten neutral oder positiv gegenüberstanden (N=338), wurden zusätzlich um ihre Einschätzung gebeten, wie wohl sie sich mit dem Teilen bestimmter Daten fühlen würden, nämlich den Details zur Anbausorte und -zeitpunkt, den Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen, den Ernte- und Ertragsdaten, sowie georeferenzierten Flächendaten. Die Ergebnisse dieser Einschätzungen sind in Abbildung 8 getrennt für Nutzer (N=87) und Nichtnutzer (N=251) digitaler Anwendungen dargestellt. Die Abbildung verdeutlicht, dass es auch hier nur geringe Unterschiede zwischen den beiden Gruppen gibt – wobei sich LandwirtInnen, die bereits digitale Anwendungen nutzen, tendenziell wohler fühlten, Dritten den Zugriff auf ihre betrieblichen Daten zu erlauben. Der markanteste Gruppenunterschied findet sich, wenn es um das Teilen georeferenzierter Flächendaten geht – 69 % der Nutzer aber nur 48 % der Nichtnutzer hätten ein gutes Gefühl diese Daten bereitzustellen. Verhältnismäßig vorsichtig sind die LandwirtInnen auch, wenn Details zu Dünge-

und Pflanzenschutzmaßnahmen oder Ernte- und Ertragsdaten zur Verfügung gestellt werden sollen. Rund ein Viertel der Befragten fühlte sich damit eher oder sehr unwohl.



**Abbildung 8: Rolle ausgewählter Faktoren auf die Nutzung digitaler Anwendungen**

Quelle: Eigene Darstellung

#### 4.5 Best-Worst-Scaling

Abschließend wurden die Einstellungen der LandwirtInnen gegenüber neun Nutzungsmöglichkeiten (siehe Tabelle 1) für digitale Anwendungen auf Basis von Fernerkundungsdaten mittels BWS erhoben. Wie oft eine Möglichkeit als die beste und wie oft als die schlechteste ausgewählt wurde, ist in Tabelle 3 dargestellt, ebenso wie der B-W-Score und der durchschnittliche B-W-Score der potenziellen Nutzungsmöglichkeiten für die befragten LandwirtInnen. In der Analyse sind alle LandwirtInnen abgebildet, die nach einer ersten Vorstellung der Nutzungsmöglichkeiten angaben, sich die Nutzung mindestens einer dieser Anwendung potenziell vorstellen zu können (N=353). Tabelle 3 lässt erkennen, welche Nutzungsmöglichkeiten aus Sicht der LandwirtInnen den höchsten Nutzen stiften, welche ähnlich beurteilt wurden und welchen sie die geringste Bedeutung für die Betriebe beimessen.

Der wichtigste Anwendungsbereich für die befragten LandwirtInnen war Nutzungsmöglichkeit B - Übersicht Bodenfeuchte, Bodenstruktur und Strukturschäden. Sie wurde am häufigsten als Beste/Wichtigste (Summe Best=401) und am seltensten als Schlechteste/Unwichtigste (Summe Worst=89) ausgewählt; somit ergibt sich ein B-W Score von 312. Ein weiterer, für die Betriebe relevanter Anwendungsbereich war Nutzungsmöglichkeit C - Vorhersagen zu Ertragsbildung und Druschreife, die mit einem B-W Score von 162 allerdings bereits deutlich hinter Möglichkeit B gereiht wird.

**Tabelle 3:**  
**Reihung potenziellen Nutzungsmöglichkeiten für den Betrieb (N=353, nach B-W-Score gereiht)**

Rang	Nutzungsmöglichkeit	Summe Best	Summe Worst	B-W Score	Ø B-W Score	$\sqrt{\frac{\text{Best}}{\text{Worst}}}$	Relative Wichtigkeit %
1.	B - Übersicht Bodenfeuchte, Bodenstruktur und Strukturschäden	401	89	312	0,442	2,12	100,00
2.	C - Vorhersagen zu Ertragsbildung und Druschreife	316	154	162	0,229	1,43	67,48
3.	E - Erkennen von Anomalien wie Schäden (Dürre, Starkregen, Hagel, Wildschäden, Spritzschäden etc.), Krankheiten und Mangelsymptome	251	232	19	0,027	1,04	49,00
4.	G - Monitoring über Pflanzenentwicklung (Wachstumsrate, Wassergehalt etc.)	220	208	12	0,017	1,03	48,45
5.	H - Empfehlungen zu ackerbaulichen Maßnahmen (Düngung, Pflanzenschutz, etc.)	232	224	8	0,011	1,02	47,95
6.	F - Benachrichtigung über Veränderungen im Pflanzenbestand (Schäden, Krankheitsdruck, etc...)	143	215	-72	-0,102	0,82	38,42
7.	D - Erkennen und Vorhersagen wetterbedingter Gefährdungen für den Pflanzenbestand	219	301	-82	-0,116	0,85	40,18
8.	A - Automatische Schlaggrenzen- und Kulturartenerkennung für eine Erfassung von Bestandsdaten	202	295	-93	-0,132	0,83	38,98
9.	I - Hilfen bei den verschiedenen Dokumentationspflichten und Erinnerungen an die Abgabetermine (z.B. Antrag auf Dieselbeihilfen, Sperrfristen, etc.)	134	400	-266	-0,377	0,58	27,27

Quelle: Eigene Darstellung

Zwar halten mehr LandwirtInnen die Nutzungsmöglichkeiten E - Erkennen von Anomalien wie Schäden (B-W Score=19), G - Monitoring über Pflanzenentwicklung (B-W Score=12) und H - Empfehlungen zu ackerbaulichen Maßnahmen (B-W Score=8) für wichtig (B-W Score>0), diese fallen jedoch deutlich

hinter die erst- und zweitplatzierte Nutzungsmöglichkeit zurück und bilden so ein neutrales Mittelfeld mit einer ausgeglichenen Stimmenverteilung (sie wurden etwa gleich häufig als die Beste wie als die Schlechteste gewählt). Die Nutzungsmöglichkeiten F - Benachrichtigung über Veränderungen im Pflanzenbestand (B-W Score=-72), D - Erkennen und Vorhersagen wetterbedingter Gefährdungen für den Pflanzenbestand (B-W Score=-82) und A - Automatische Schlaggrenzen- und Kulturartenerkennung für eine Erfassung von Bestandsdaten (B-W Score=-93) waren für die LandwirtInnen weniger wichtig (B-W Score<0). Deutlich abgeschlagen, und somit am unwichtigsten, war für die Befragten die Nutzungsmöglichkeit I - Hilfen bei den verschiedenen Dokumentationspflichten und Erinnerungen an die Abgabetermine (B-W Score=-266).

Eine weitere Möglichkeit, die Nutzungsmöglichkeiten zu vergleichen, besteht darin, ihre relative Wichtigkeit abzuleiten. Dazu wird zunächst die Summe Best durch die Summe Worst dividiert und aus diesem Wert die Quadratwurzel gezogen. Der sich daraus ergebende Wert wird anschließend mit dem Wert der wichtigsten Nutzungsmöglichkeit (i.e. 2,12) skaliert. Damit ergibt sich für die wichtigste Nutzungsmöglichkeit eine relative Bedeutung von 100 %. Alle Nutzungsmöglichkeiten können dann anhand ihres relativen  $\sqrt{(Best/Worst)}$ -Verhältnisses miteinander verglichen werden. Die relative Wichtigkeit der einzelnen Nutzungsmöglichkeiten ist ebenfalls in Tabelle 3 dargestellt. Die wichtigste Nutzungsmöglichkeit für die LandwirtInnen war B - Übersicht Bodenfeuchte, Bodenstruktur und Strukturschäden, diese wird mit 100 % in der Tabelle wiedergegeben. Die %-Werte für alle anderen Nutzungsmöglichkeiten beziehen sich auf diese Nutzungsmöglichkeit und können in Relation zu diesem Wert oder auch zueinander interpretiert werden. Die relative Bedeutung von Nutzungsmöglichkeit E - das Erkennen von Anomalien und Schäden im Pflanzenbestand wird mit 49,0 angegeben und jene von Nutzungsmöglichkeit I - Hilfen bei den verschiedenen Dokumentationspflichten mit nur 27,3. Daraus folgt, dass den LandwirtInnen eine Übersicht über Bodenfeuchte, Bodenstruktur und Strukturschäden etwa doppelt so wichtig ist wie das Erkennen von Anomalien und Schäden im Pflanzenbestand und viermal so wichtig wie Hilfen bei den verschiedenen Dokumentationspflichten zu erhalten. Anders ausgedrückt: Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Unterstützung bei den verschiedenen Dokumentationspflichten als wichtig eingestuft wird, liegt bei 27,3 % im Vergleich zu der Wahrscheinlichkeit, dass die Übersicht über Bodenfeuchte, Bodenstruktur und Strukturschäden als wichtig eingestuft wird (100 %).

## 5 Schlussfolgerungen

Was motiviert oder hindert LandwirtInnen digitale Smart Farming-Anwendungen auf Basis von Fernerkundungsdaten zu nutzen und in welchen Bereichen wünschen sich deutsche LandwirtInnen solche digitalen Helfer? Zur Beantwortung dieser Fragen wurden im Juli 2021 in einer Online-Umfrage die Einstellungen gegenüber digitalen Anwendungen und das aktuelle Nutzungsverhalten deutscher LandwirtInnen erhoben (N=404). Die Befragten mussten angeben, ob sie digitale Anwendungen nutzen und wenn ja, in welchem Bereich und was sie dazu bewegt hat. Sollten sie keine Anwendungen nutzen, wurden sie gefragt, warum sie diese nicht tun und was sich verändern müsste, damit sie zum Einsatz kämen. Des Weiteren wurde mittels Best-Worst-Scaling ermittelt, in welchen Bereichen LandwirtInnen digitale Anwendungen am sinnvollsten und nützlichsten erachten. Dazu wurden den Befragten neun potenzielle Nutzungsmöglichkeiten vorgestellt, die sie anhand der Relevanz für den eigenen Betrieb bewerteten.

Ausgehend von der Prämisse, dass der Einsatz digitaler Anwendungen in der Landwirtschaft hinter den Erwartungen zurückbleibt, haben sich vermehrt Studien mit den Motiven und Barrieren für eine Nutzung auseinandergesetzt, auch mit Blick auf deutsche LandwirtInnen (u.a. Gabriel et al., 2021; Kernecker et al., Sonntag et al., 2022). Dabei werden mit Anteilen von bis zu 70 % oft hohe Nutzungsraten digitaler Technologien (Precision Farming, Pflanzenschutz-Apps, etc.) in den Stichproben, in denen entweder überwiegend jüngere, gut gebildete LandwirtInnen und LandwirtInnen von größeren Ackerbaubetrieben dominierten, berichtet (Weller von Ahlefeld, 2021; Sonntag et al., 2022), was dem gängigen Narrativ einer geringen Nutzung durch die Genannten eigentlich widerspricht. In der vorliegenden Stichprobe, die zwar keinen Anspruch auf Repräsentativität erhebt, aber die Heterogenität landwirtschaftlicher Betriebe und Betriebsleiter in Deutschland Großteils widerspiegelt, ist der Anteil der Nutzer digitaler Smart Farming-Anwendungen mit rund 25 % wesentlich geringer. Dabei umfassten die häufigsten Einsatzbereiche relativ „einfache“ Anwendungen, wie digitale Ackerschlagkarteien und Wetter-Apps. Mit Einsatzbereichen, die auch mit höheren Anschaffungskosten und Einarbeitungszeiten verbunden sind, wie die teilschlagbezogene Bewirtschaftung oder ein gezieltes Feld- und Pflanzenmonitoring, waren erst wenige LandwirtInnen praktisch vertraut. Jedoch wurden speziell in diesen Bereichen Nutzungserweiterungen angedacht. Nur wenige sahen sich bereits so gut ausgestattet, dass sie keinen weiteren Bedarf an digitaler Unterstützung hätten. Allerdings wurde aufgrund fehlender passender Produkte am Markt, der hohen Kosten oder des unklaren Mehrwerts oft auch Abstand von einer Erweiterung der Nutzung genommen.

Die gleichen Argumente finden sich auch unter den Nichtnutzern digitaler Anwendungen wieder: Ein nachvollziehbarer Mehrwert, geringe Anschaffungskosten, Vertrauen in die Anbieter und die Datensicherheit spielten demnach eine zentrale Rolle bei ihrer Entscheidung über die zukünftige Nutzung digitaler Anwendungen. Damit spiegeln unsere Ergebnisse die in früheren Studien ebenfalls herausgearbeiteten Motive und Barrieren für eine Nutzung wider (u.a. Gabriel et al., 2021; Gabriel und Gandorfer, 2020; Gandorfer et al., 2017; Kernecker et al., 2020; Knierim et al., 2018; Sonntag et al., 2022; Wiseman et al., 2019). Interessanterweise erschienen hingegen Informationskampagnen über verfügbare Anwendungen sowie Verbesserungen in der Benutzerfreundlichkeit in dieser Studie eher zweitrangig. Dies bedeutet allerdings nicht, dass man nicht über die Technologie und ihre Anwendungen berichten und Erfahrungen aus der Praxis zielgruppengerecht aufbereiten sollte. Möglicherweise zeigt es aber, dass die betrieblichen Vorteile und die Wirtschaftlichkeit der Anwendungen für verschiedene Betriebsstrukturen stärker herausgearbeitet werden müssen. Dabei sollte auch berücksichtigt werden, dass LandwirtInnen unabhängige Informationsquellen und Beratungen bevorzugen, während sie Anbieterinformationen eher kritisch gegenüberstehen (Knierim et al., 2018). Beraterringe und die Landwirtschaftskammern könnten diese Lücken füllen. Auch die Benutzerfreundlichkeit spielt eine Rolle und die gezeigten Ergebnisse können so verstanden werden, dass es sich hierbei um einen Hygienefaktor aber nicht um einen Pull Faktor handelt: Hohe Benutzer- und Bedienfreundlichkeit wird vorausgesetzt, somit bringen Verbesserungen nicht automatisch mehr Nutzer.

Für die Nutzung von Smart Farming-Anwendungen ist es in der Regel notwendig, dass sensible betriebliche Daten durch digitale Anwendungen verarbeitet werden (Schleicher und Gandorfer, 2018). Die große Bedeutung, die Datensicherheit und Datenschutz bei der Nutzung digitaler Anwendungen in der Landwirtschaft zukommt, wurde bereits mehrfach dargelegt. Vielfach haben LandwirtInnen Bedenken, Dritten ihre betriebseigenen Daten offen zu legen (Wiseman et al., 2019). Vor diesem Hintergrund ergänzt die vorliegende Untersuchung bisherige Studien, da sie aufzeigt, dass rund 70 % der befragten LandwirtInnen in Deutschland trotz eines hohen Datenschutzbedürfnisses entsprechende betriebsspezifische Daten bereitstellen würden, wenn dies für sie einen Mehrwert bringt. Insbesondere ergaben sich Unterschiede je nach Art der zu verarbeitenden Daten, wobei LandwirtInnen bei der Herausgabe von Details zu Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen oder Ernte- und Ertragsdaten vorsichtiger scheinen als beispielsweise bei der Angabe der gewählten Anbausorten. Für die Anbieter digitaler Anwendung bedeuten diese Ergebnisse, dass in der Kommunikation mit den LandwirtInnen verstärkt Wert auf die Information über die potenziellen Vorteile durch die Bereitstellung betrieblicher Daten gelegt wird. Ebenso sollte auf unterschiedliche Befindlichkeiten je

nach Art der benötigten Daten eingegangen werden und vertrauensbildende Maßnahmen - wie einfache und transparente Datenschutzregeln - in den Fokus rücken.

Abschließend wurde mittels Best-Worst-Scalings erhoben, welche Nutzungsmöglichkeiten LandwirtInnen noch fehlen und in welchen Bereichen sie eine Erweiterung der Nutzung digitaler Anwendungen für nützlich und sinnvoll erachten. Dazu wurden den LandwirtInnen neun Smart Farming-Anwendungen vorgestellt, die sie in die besten (mit dem höchsten Nutzen) und schlechtesten (mit dem geringsten Nutzen) einteilen sollten. Es zeigte sich, dass vor allem Bedarf an einer Anwendung besteht, welche die Bodenfeuchte, die Bodenstruktur und Strukturschäden übersichtlich darstellt. Auch einer automatischen Schlaggrenzenerkennung für die Erfassung von Bestandsdaten wurde ein hoher Nutzen zugeschrieben. Als am wenigsten nützlich wurden Anwendungen eingestuft, die Ernteerträge vorhersagen sowie Hilfestellungen bei der Einhaltung von Dokumentationspflichten und Erinnerungen an Abgabetermine leisten.

Der vorliegende Beitrag liefert somit Einblicke in das Nutzungsverhalten von Smart-Farming Anwendungen deutscher LandwirtInnen und auch Hinweise darauf, wie Anwendungen den Bedürfnissen der LandwirtInnen in der Praxis noch besser gerecht werden können.

## Zusammenfassung

# Die Akzeptanz und Nutzung von Smart Farming-Anwendungen auf Basis von Fernerkundungsdaten deutscher LandwirtInnen

Die Digitalisierung hat das Potenzial die Arbeiten in der Landwirtschaft zu erleichtern und effizienter zu gestalten. Für viele Smart Farming-Anwendungen bilden Fernerkundungsdaten, also Daten die mittels Sensoren durch Satelliten, Drohnen und anderen Fluggeräten gesammelt werden, die Grundlage. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich damit, ob und wie deutsche LandwirtInnen Smart Farming-Anwendungen auf der Basis von Fernerkundungsdaten nutzen. Dazu wurde im Juli 2021 eine Online-Umfrage mit deutschen LandwirtInnen durchgeführt. Es wurde zunächst ermittelt, in welchen Bereichen die LandwirtInnen aktuell digitale Anwendungen nutzen und welche Faktoren bei der Entscheidung für oder gegen eine Nutzung eine Rolle spielen. Dabei stellten sich ein nachvollziehbarer Mehrwert, die Kosten der Anwendungen und der Datenschutz als die wichtigsten Einflussfaktoren heraus. Außerdem wurden die LandwirtInnen zu ihren Einstellungen gegenüber potenziellen neuen Nutzungsmöglichkeiten befragt. Hierfür wurden den LandwirtInnen mögliche neue Smart Farming-Anwendungen vorgestellt, die sie mittels Best-Worst-Scaling in die besten (mit dem höchsten Nutzen) und schlechtesten (mit dem geringsten Nutzen) einteilen sollten. Den größten Nutzen sehen die

LandwirtInnen in Anwendungen im Bereich des Feld- und Pflanzenmonitorings (z.B., Übersichten über Bodenfeuchte, Bodenstruktur und Strukturschäden, Vorhersagen zu Ertragsbildung und Druschreife, und dem Erkennen von Schäden, Krankheiten und Mangelsymptomen), während verstärkte administrative Hilfestellung, wie eine automatische Schlaggrenzen- und Kulturartenerkennung oder Unterstützung bei Dokumentationspflichten und Erinnerungen als wenig nutzenstiftend.

## Summary

### The acceptance and use of smart farming applications based on remote sensing data by German farmers

Digitalization has the potential to make work in agriculture easier and more efficient. Many smart farming technologies are based on remote sensing data, i.e. data collected by means of sensors from satellites, drones and other aircraft. This paper focuses on whether and how German farmers use smart farming applications that use remote sensing data. For this purpose, an online survey was conducted with German farmers in July 2021. First, it was determined in which areas the farmers currently use digital applications and which factors play a role in the decision for or against their use. The most important influencing factors were comprehensible added value, costs and data protection. Farmers were also asked about their attitudes toward potential new uses. For this purpose, the farmers were presented with possible new smart farming applications, which they were asked to categorize into the best (with the highest benefit) and worst (with the lowest benefit) using best-worst scaling. The farmers see the greatest benefit in applications in field and crop monitoring (e.g., overviews of soil moisture, structure and structural damage, predictions of yield formation and threshing maturity, and the detection of damage, diseases and deficiency symptoms), while they see increased administrative support, such as automatic field boundary and crop type recognition or support for documentation obligations and reminders as little beneficial.

## Literatur

1. AIZAKI, Hideo, Tomoaki NAKATANI und Kazuo SATO, 2015. *Stated Preference Methods Using R*. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4398-9048-6
2. CAMPBELL, Danny und Erdem SEDA, 2015. Position Bias in Best-worst Scaling Surveys: A Case Study on Trust in Institutions. In: *American Journal of Agricultural Economics*. **97**(2), S. 526–545. DOI: 10.1093/ajae/aau112.
3. COHEN, Eli, 2009. Applying best-worst scaling to wine marketing. In: *International Journal of Wine Business Research*. **21**(1), S. 8–23. DOI: 10.1108/17511060910948008
4. FINN, Adam und Jordan J. LOUVIERE, 1992. Determining the appropriate response to evidence of public concern: The case of food safety. In: *Journal of Public Policy & Marketing*, **11**(2), S. 12–25. DOI: 10.1177/074391569201100202
5. GABRIEL, Andreas und Markus GANDORFER, 2020. *Landwirte-Befragung 2020 Digitale Landwirtschaft Bayern* [online]. Ruhstorf an der Rott: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft [Zugriff am: 22.06.2022]. Verfügbar unter: [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/ilt6\\_praesentation\\_by\\_2390\\_27082020.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/ilt6_praesentation_by_2390_27082020.pdf)
6. GABRIEL, Andreas, Markus GANDORFER und Olivia SPYKMAN, 2021. Nutzung und Hemmnisse digitaler Technologien in der Landwirtschaft. Sichtweisen aus der Praxis und in den Fachmedien. In: *Berichte über Landwirtschaft*. **99**(1), S. 1-28. DOI: 10.12767/buel.v99i1
7. GANDORFER, Markus, Sebastian SCHLEICHER, Sebastian HEUSER, Johanna PFEIFFER und Markus DEMMEL, 2017. Landwirtschaft 4.0 – Digitalisierung und ihre Herausforderungen. In: Georg WENDL, Hrsg. *Ackerbau - technische Lösungen für die Zukunft 2017*. Freising-Weißenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, S. 9-20. [Zugriff am: 22.06.2022]. Verfügbar unter: [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/ackerbau-technische-loesungen-zukunft-landtechnische-jahrestagung-2017\\_lfl-schriftenreihe.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/ackerbau-technische-loesungen-zukunft-landtechnische-jahrestagung-2017_lfl-schriftenreihe.pdf)
8. HORSTMANN, Jan, 2020. Digitalisierung und Vernetzung – Landwirtschaft im Wandel. In: Ludger Frerichs, Hrsg. *Jahrbuch Agrartechnik 2019*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, S. 1-8. DOI: 10.24355/dbbs.084-202001201517-0
9. KERNECKER, Maria, Andrea KNIERIM, Angelika WURBS, Teresa KRAUS und Friederike BORGES, 2020. Experience versus expectation: farmers' perceptions of smart farming technologies for cropping systems across Europe. In: *Precision Agric.* **21**(1), S. 34–50. DOI: 10.1007/s11119-019-09651-z.
10. KNIERIM, Andrea, Friederike BORGES, Maria KERNECKER, Teresa KRAUS und Angelika WURBS, 2018. What drives adoption of smart farming technologies? Evidence from a cross-country study. In: European IFSA Symposium. Chania, Greece, 2018. S. 1-14. [Zugriff am: 22.06.2022]. Verfügbar unter: [http://ifsa.boku.ac.at/cms/fileadmin/Proceeding2018/Theme4\\_Knierim.pdf](http://ifsa.boku.ac.at/cms/fileadmin/Proceeding2018/Theme4_Knierim.pdf)
11. LAGERKVIST, Carl Johan, 2013. Consumer preferences for food labelling attributes: Comparing direct ranking and best–worst scaling for measurement of attribute importance, preference intensity and attribute dominance. In: *Food Quality and Preference*. **29**(2), S. 77–88. DOI: 10.1016/j.foodqual.2013.02.005.
12. LANDWIRTSCHAFTLICHE RENTENBANK, 2018. *Agrar-Spezial "Digital Farming"- Die Landwirtschaft im technologischen Wandel*. Frankfurt am Main: Landwirtschaftliche Rentenbank [Zugriff am: 22.06.2022]. Verfügbar unter: <https://www.rentenbank.de/export/sites/rentenbank/dokumente/Agrar-Spezial-2018-Digital-Farming.pdf>

13. LOCKSHIN, Larry, Eli COHEN, Jordan J. LOUVIERE, Terry N. FLYNN und Anthony A. J. MARLEY, 2015. How consumers choose wine: using best-worst scaling across countries. In: Jordan J. LOUVIERE, Terry N. FLYNN und Anthony A. J. MARLEY, Hrsg. *Best-Worst Scaling: Theory, Methods and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press, S. 159–176. DOI: 10.1017/CBO9781107337855.009
14. LOUVIERE, Jordan, Ian LINGS, Towhidul ISLAM, Siegfried GUDERGAN und Terry FLYNN, 2013. An introduction to the application of (case 1) best–worst scaling in marketing research. In: *International Journal of Research in Marketing*. **30**(3), S. 292–303. DOI: 10.1016/j.ijresmar.2012.10.002
15. MARLEY, Anthony A. J. und Terry N. FLYNN, 2015. Best Worst Scaling: Theory and Practice. In J. D. WRIGHT, Hrsg. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. 2. Auflage. S. 548–552. Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-08-097086-8.43122-3
16. MICHELS, Marius, Vanessa BONKE und Oliver Musshoff, 2020. Understanding the adoption of smartphone apps in crop protection. In: *Precision Agriculture*. **21**(6), S. 1209–1226. DOI: 10.1007/s11119-020-09715-5.
17. MICHELS, Marius, Wilm FECKE, Paul. J. WELLER VON AHLEFELD, Oliver MUSSHOF, Andreas HECKMANN, Frank BENEKE, 2019. Sind Landwirte bereit für eine Schulung zur Digitalisierung zu bezahlen? In: *Berichte über Landwirtschaft*. **97**(1), 1-18. DOI: 10.12767/buel.v97i1.204
18. PASCHER, Peter, Udo HEMMERLING und Simon STORK, 2021. *Situationsbericht 2021/22. Trends und Fakten zur Landwirtschaft*. Berlin: Deutscher Bauernverband [Zugriff am: 22.06.2022]. Verfügbar unter: <https://www.bauernverband.de/fileadmin/berichte/2021/index.html#104>
19. PAUSTIAN, Margit und Ludwig THEUVSEN, 2017. Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers. In: *Precision Agriculture*. **18**(5), S. 701–716. DOI: 10.1007/s11119-016-9482-5.
20. SAILER, Martin Oliver, 2013. crossdes: Construction of Crossover Designs. R package version 1.1-1. [Zugriff am: 22.06.2022]. Verfügbar unter: <https://CRAN.R-project.org/package=crossdes>
21. PIERPAOLI, Emanuele, Giacomo CARLI, Erika PIGNATTI und Maurizio CANAVARI, 2013. Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review. In: *Procedia Technology*, **8**. S. 61–69, DOI:10.1016/j.protcy.2013.11.010.
22. SCHLEICHER, Sebastian und Markus GANDORFER, 2018. Digitalisierung in der Landwirtschaft: Eine Analyse der Akzeptanzhemmnisse. In: Arno RUCKSELSHAUSEN, Andreas MEYER-AURICH, Karsten BORCHARD, Constanze HOFACKER, Jens-Peter LOY, Rolf SCHWERDTFEGER, SUNDERMEIER, Hans-Henning F. H. und Brigitte THEUVSEN, Hrsg. 38. *GIL-Jahrestagung Digitale Marktplätze und Plattformen*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V, S. 203-206. ISBN 978-3-88579-672-5
23. SONNTAG, Winnie Isabell, Nico WIENRICH, Maximilian SEVERIN und Dorothee SCHULZE-SCHWERING, 2022. Precision Farming – Nullnummer oder Nutzbringer? In: *Berichte über Landwirtschaft*. **100**(2), S. 1-33. DOI: 10.12767/buel.v100i2.411
24. WELLER VON AHLEFELD, Paul Johann, 2021. Ein Technologieakzeptanzmodell zur Erklärung der Nutzungsentscheidung für eine Pflanzenschutz-App. In: *Berichte über Landwirtschaft*. **99**(2), S. 1-19. DOI: 10.12767/buel.v99i2.336
25. WISEMAN, Leanne, Jay SANDERSON, Airong ZHANG und Emma JAKKU, 2019. Farmers and their data: An examination of farmers’ reluctance to share their data through the lens of the laws impacting smart farming. In: *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*. **90-91**(1), S. 1-10. DOI: 10.1016/j.njas.2019.04.007
26. YEH, Ching-Hua, Monika HARTMANN und Nina LANGEN, 2020. The Role of Trust in Explaining Food Choice: Combining Choice Experiment and Attribute Best-Worst Scaling. In: *Foods*. **9**(1), Nr. 45. DOI: 10.3390/foods9010045

## Anschrift der Autoren

Julian Lang, M.Sc.

Vereinigte Hagelversicherung VVaG

Schmausenbuckstraße 84

90480 Nürnberg

E-Mail: [j.lang@vereinigte-hagel.de](mailto:j.lang@vereinigte-hagel.de)

Dr. Birgit Gassler

Justus-Liebig-Universität Gießen

Institut für Agrarpolitik und Marktforschung

Senckenbergstraße 3

35390 Gießen

E-Mail: [birgit.gassler@agrار.uni-giessen.de](mailto:birgit.gassler@agrار.uni-giessen.de)

## Danksagung

Wir bedanken uns bei der Vereinigte Hagelversicherung VVaG für die Unterstützung der im Rahmen dieses Artikels durchgeführten Befragung und insbesondere bei Regina Rehermann, M.Sc. für ihre fachliche und persönliche Unterstützung.