

# Masterarbeit

## Smart Farming: Anforderungsanalyse für praxisnahe Schulungen und deren Auswirkung auf die Digitalisierung der Agrarproduktion

verfasst von

**Tobias PACHLER, B.Eng.**

im Rahmen des Masterstudiums

**Nutzpflanzenwissenschaften**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Diplom-Ingenieur**

Wien, Monat 2025

Betreut von

Univ.Prof. Dr. Hans-Peter Kaul  
Institutsleiter für Pflanzenbau  
Department für Agrarwissenschaften  
Universität für Bodenkultur Wien

Mitbetreut von

Univ.Prof. Dr. Heinz Bernhardt  
Lehrstuhlleiter für Agrarsystemtechnik  
TUM School of Life Sciences  
Technische Universität München

## Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich diese Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Gedanken, die im Wortlaut oder in grundlegenden Inhalten aus unveröffentlichten Texten oder aus veröffentlichter Literatur übernommen, oder mit künstlicher Intelligenz generiert wurden, sind ordnungsgemäß gekennzeichnet, zitiert und mit genauer Quellenangabe versehen.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher weder ganz noch teilweise in gleicher oder ähnlicher Form an einer Bildungseinrichtung als Voraussetzung für den Erwerb eines akademischen Grades eingereicht. Sie entspricht vollumfänglich den Leitlinien der Wissenschaftlichen Integrität und den Richtlinien der Guten Wissenschaftlichen Praxis.

Rixing, 05.01.2026

Tobias PACHLER (eigenhändig)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'T. Pachler', written in a cursive style.

Farming looks mighty easy  
when your plow is a pencil and you're a thousand miles from the corn field.

**Dwight D. Eisenhower**  
**(1890-1969)**

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die zum Gelingen dieser Masterarbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt Univ. Prof. Dr. Heinz Bernhardt, Lehrstuhlleiter für Agrarsystemtechnik an der TU München, und gleichermaßen Univ. Prof. Dr. Hans-Peter Kaul, Institutsleiter für Pflanzenbau an der Universität für Bodenkultur Wien, für ihre hervorragende Unterstützung sowie ihre offene und äußerst hilfsbereite Art während der Betreuung dieser Masterarbeit.

Darüber hinaus danke ich der Innovation Farm, allen voran Matthias Engelbrecht, für die Möglichkeit, meine Umfrage unter rund 100 Teilnehmenden ihrer Smart-Farming-Schulungen durchführen zu dürfen. Außerdem möchte ich mich bei der Landwirtschaftskammer Österreich, insbesondere bei Martin Hirt, bedanken, der mir die exklusive Studie „KeyQuest und LFI Österreich 2021“ für diese Masterarbeit zur Verfügung stellte. All jenen, die bei der Verbreitung meiner Umfrage unter den Betriebsführenden mitgewirkt haben und so eine Stichprobengröße von über 500 Personen erreicht wurde, gilt mein Dank.

Für die fachliche Ausbildung und Kompetenzentwicklung bedanke ich mich bei meinen bisherigen Ausbildungsstätten, der HBLA Ursprung, der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf sowie der Universität für Bodenkultur in Wien. Ebenso gilt mein Dank meinem landwirtschaftlichen Umfeld im Freundeskreis, in der Nachbarschaft sowie in der Verwandtschaft für den fachlichen Austausch und die praxisnahen Impulse.

Der größte und tief empfundene Dank gilt meiner Familie und insbesondere meinen Eltern Johanna und Walter Pachler, sowie meiner Freundin Michaela deren uneingeschränkte Unterstützung, Vertrauen, Rückhalt und Freiheit ich jederzeit genießen darf.

# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	ii
Danksagung .....	iii
Inhaltsverzeichnis.....	iv
Kurzfassung .....	vi
Abstract .....	vii
1. Einführung .....	1
2. Stand der Technik.....	2
2.1. Smart Farming .....	2
2.1.1. Definition Smart Farming .....	3
2.2. Precision Farming als Notwendigkeit für Smart Farming .....	4
2.2.1. Definitionen Precision Farming in der Literatur .....	4
2.3. Erforderliche Technologien für Smart Farming Anwendungen.....	5
2.3.1. GNSS-Positionierungstechnologie.....	5
2.3.2. ISOBUS .....	6
2.3.3. Telematik-Systeme für Traktoren.....	9
2.3.4. Farmmanagement und Informationssysteme (FMIS).....	10
2.3.5. Fernerkundung und Sensorik.....	12
2.3.6. Robotik.....	13
2.4. Chancen anhand praktischer Anwendungsbeispielen .....	15
2.4.1. Bodenbearbeitung .....	15
2.4.2. Fruchtfolgeplanung .....	15
2.4.3. Düngung .....	16
2.4.4. Pflanzenschutz .....	18
2.4.5. Einhaltung und Dokumentation von gesetzlichen Auflagen .....	18
2.5. Risiken von Smart Farming.....	19
2.5.1. Datensicherheit und Datenschutz .....	19
2.5.2. Lücken in der Infrastruktur .....	20
2.5.3. Vergrößerung der Kluft .....	20
2.5.4. Rebound Effekte .....	20
2.5.5. Abhängigkeit.....	21
3. Aktuelle Verbreitung von Smart-Farming-Technologien .....	23

3.1. Aktuelle Verbreitung von Smart-Farming-Technologien in Österreich im Vergleich zu Deutschland .....	25
3.2. Motivationsgründe sowie hemmende Faktoren für den Einsatz von Smart-Farming-Technologien .....	27
4. Schulungen und Weiterbildungen im Bereich Smart Farming .....	29
5. Problemstellung .....	30
6. Zielsetzung .....	32
7. Material und Methoden .....	33
7.1. Entwicklung der Fragebögen .....	34
8. Ergebnisse .....	36
8.1. Anforderungen und Erwartungen an Smart-Farming-Schulungen. ....	38
8.1.1. Bevorzugte Institutionen für Smart-Farming-Schulungen. ....	38
8.1.2. Schulungsformat und Anreisebereitschaft .....	40
8.1.3. Jahreszeit der Schulung .....	42
8.1.4. Zahlungsbereitschaft für Smart-Farming-Schulungen .....	43
8.1.5. Themenschwerpunkte bei Smart-Farming-Schulungen .....	44
8.2. Informationsquellen über das Stattfinden der Schulung .....	46
8.3. Auswirkungen von Smart-Farming-Schulungen auf die Teilnehmenden ...	48
8.3.1. Veränderung der Haltung gegenüber Smart Farming .....	48
8.3.2. Auswirkung auf die Investitionspläne .....	49
9. Diskussion .....	52
9.1. Diskussion von Methodik und Ergebnissen .....	52
9.2. Diskussion der Anforderungen an Smart-Farming-Schulungen .....	56
9.2.1. Diskussion der Zahlungsbereitschaft .....	58
9.3. Diskussion der Auswirkungen von Smart-Farming-Schulungen .....	60
10. Schlussfolgerung und Ausblick .....	62
Literaturverzeichnis .....	63
Erklärung zum Einsatz von generativen KI-Tools .....	71
Abbildungsverzeichnis .....	72
Tabellenverzeichnis .....	75

## Kurzfassung

Die Landwirtschaft steht vor der Herausforderung, eine in Richtung 10 Milliarden Menschen wachsende Weltbevölkerung zu versorgen, indem sie ihre Produktivität weiter steigert und gleichzeitig angesichts von Klimawandel, Ressourcenknappheit und Umweltbelastungen deutlich nachhaltiger wirtschaftet. Smart Farming kann einen wichtigen Beitrag zur Bewältigung dieser Herausforderungen leisten, da digitale Technologien und datenbasierte Entscheidungsunterstützung eine präzisere und intelligentere Bewirtschaftung ermöglichen. Dadurch lassen sich Erträge stabilisieren oder steigern und gleichzeitig Betriebsmittel wie Dünger, Saatgut und Pflanzenschutzmittel einsparen. Zudem können Umweltbelastungen reduziert und landwirtschaftliche Betriebe widerstandsfähiger gemacht werden. Um Smart Farming erfolgreich in landwirtschaftlichen Betrieben zu etablieren, ist eine gezielte Wissensvermittlung notwendig. Zwar geben 73 Prozent der österreichischen Landwirte und Landwirtinnen an, an Smart-Farming-Schulungen interessiert zu sein, jedoch haben erst 34 Prozent zumindest einmal an einer solchen teilgenommen. Um diese Lücke zwischen Interesse und tatsächlicher Teilnahme zu schließen, braucht es niederschwellige Schulungsangebote. Dabei ist ein multidimensionaler Ansatz erforderlich, der sowohl Präsenz- als auch Onlineformate, kostengünstige lokale Angebote in den ländlichen Regionen und eine aktive Bewerbung umfasst. Die Wirkung solcher Schulungen ist klar erkennbar: Akzeptanz und Investitionsbereitschaft in Smart-Farming-Technologien steigen deutlich an. Diese Erkenntnis macht es insbesondere für die Landtechnikbranche attraktiv, Smart-Farming-Schulungen anzubieten. Durch ein gezielt auf die Anforderungen von landwirtschaftlichen Betrieben abgestimmtes Schulungsangebot kann ein wirksamer Wissenstransfer stattfinden. So können die Vorteile von Smart-Farming-Technologien in der österreichischen Landwirtschaft genutzt und eine zukunftssichere Entwicklung unterstützt werden.

## Abstract

Agriculture faces the challenge of feeding a global population growing toward 10 billion people by further increasing its productivity while at the same time operating in a significantly more sustainable manner in the face of climate change, resource scarcity, and environmental pollution. Smart farming can make an important contribution to overcoming these challenges, as digital technologies and data-based decision support enable more precise and intelligent management. This stabilizes or increases yields while saving on inputs such as fertilizers, seeds, and pesticides. It also reduces environmental pollution and makes farms more resilient. Targeted knowledge transfer is necessary to successfully establish smart farming in agricultural businesses. Although 73 percent of Austrian farmers say they are interested in smart farming training, only 34 percent have participated in such training at least once. Low-threshold training opportunities are needed to close this gap between interest and actual participation. This requires a multidimensional approach that includes both face-to-face and online formats, low-cost local offerings in rural regions, and active promotion. The impact of such training courses is clearly evident: acceptance of and willingness to invest in smart farming technologies are increasing significantly. This insight makes it attractive for the agricultural machinery industry to offer smart farming training courses. Training courses tailored specifically to the requirements of agricultural businesses can facilitate effective knowledge transfer. This will enable Austrian agriculture to take advantage of smart farming technologies and support future-proof development.

## 1. Einführung

Die Digitalisierung hat auch in der Landwirtschaft Einzug gehalten und eröffnet neue Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung in der landwirtschaftlichen Praxis. Insbesondere Management-Informationssysteme, Präzisionslandwirtschaft sowie Automatisierung, Sensorik und Robotik bieten ein erhebliches Potenzial zur Arbeitserleichterung und Prozessoptimierung. Smart Farming kann dabei nicht nur die betriebliche Entscheidungsfindung unterstützen, sondern ermöglicht auch die Umsetzung neuer, intelligenter Bewirtschaftungsformen. Auf diese Weise lassen sich Betriebsmittel gezielt einsetzen, Erträge optimieren und gleichzeitig Umweltbelastungen reduzieren.

Die erfolgreiche Anwendung von Smart-Farming-Lösungen erfordert jedoch ein entsprechendes Maß an Wissen und Kompetenzen. Bereits im ersten Schritt ist ein grundlegendes Verständnis der verfügbaren Technologien und ihrer Einsatzmöglichkeiten notwendig. Landwirtschaftliche Betriebe benötigen sowohl Kenntnisse über bestehende Smart-Farming-Anwendungen als auch die Fähigkeit, deren Nutzen für die jeweilige betriebliche Situation zu bewerten.

Weiterbildungs- und Schulungsangebote im Bereich Smart Farming werden in der Praxis bislang nur eingeschränkt angenommen. Daraus ergibt sich eine hohe praktische Relevanz, da eine gezielte Weiterentwicklung und Optimierung dieser Angebote wesentlich zur Verbreitung von Smart-Farming-Technologien beitragen kann. Voraussetzung dafür ist jedoch eine systematische Erhebung der Anforderungen und Erwartungen landwirtschaftlicher Betriebe an entsprechende Weiterbildungsmaßnahmen.

## 2. Stand der Technik

### 2.1. Smart Farming

Die Landwirtschaft ist seit Jahrtausenden die wesentliche menschliche Tätigkeit, welche erforderlich ist, um die Zivilisation aufrecht zu erhalten. Durch die Produktivitätssteigerung in der Landwirtschaft wurde ein Bevölkerungswachstum auf unserem Planeten möglich (Danish et al. 2023). Im Jahr 2050 wird die Weltbevölkerung laut Schätzungen der Vereinten Nationen 9,7 Milliarden Menschen betragen (UNITED NATIONS 2023).

Um die prognostizierte Nachfrage nach Lebensmittel, Futtermittel, Energie und Fasern, welche die steigende globale Bevölkerung stellt, bewältigen zu können, muss die Landwirtschaft erhebliche Herausforderungen bewältigen. Schon in den letzten Jahrzehnten konnte die Landwirtschaft große Fortschritte in der Produktivität verzeichnen. Die gestiegene Produktivität geht hauptsächlich auf die Mechanisierung, Genetik und den höheren Einsatz von Betriebsmitteln zurück. Das bedeutet, die Steigerung der Produktion ging daher zum Teil auf Kosten eines übermäßigen Einsatzes landwirtschaftlicher Betriebsmittel, wie zum Beispiel Bewässerung, Dünger und Pestizide. Diese ressourcenintensive Art der Landwirtschaft führt weltweit zur Auslaugung der Böden, Wasserknappheit, Treibhausgasemissionen und den Verbrauch weiterer begrenzter Ressourcen (Castrignanò et al. 2020).

Aus diesen und vielen weiteren Gründen ist Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft ein essenzieller Aspekt, um die Produktion für zukünftige Generationen sicherzustellen (Khosla 2010). Die erforderlichen verstärkten gesellschaftlichen und politischen Auflagen, die zunehmende Klimaveränderung, die weniger werdende landwirtschaftliche Nutzfläche, begrenzte Ressourcen und Arbeitskräfte sind nur ein paar der Herausforderungen, denen sich die Landwirtschaft in den nächsten Jahren stellen muss. Obwohl all diese großen Herausforderungen gemeistert werden müssen, ist es zeitgleich notwendig das Niveau der landwirtschaftlichen Produktivität zu erhöhen, um die steigende Nachfrage zu sättigen (Castrignanò et al. 2020).

### 2.1.1. Definition Smart Farming

Die Landwirtschaft kann wirksame Lösungen für diese Herausforderungen aus anderen Branchen aufgreifen und nutzen (Khosla 2010). Durch den technologischen Fortschritt mitsamt der zunehmenden Digitalisierung ist ein neuer Ansatz – als Smart Farming bekannt – entstanden (Danish et al. 2023). Smart Farming beschreibt die Nutzung von modernen Informations- und Kommunikationstechnologien in der Landwirtschaft. Zu diesen ICT – Lösungen zählen unter anderem das Internet der Dinge (IoT), Sensoren und Aktoren, Geopositionierungssysteme, Big Data, unbemannte Luftfahrzeuge (UAVs), Robotik und viele weitere Technologien. Durch die Verwendung dieser Hilfsmittel entsteht das Potential durch einen präziseren und ressourceneffizienteren Ansatz eine produktivere und nachhaltigere Landwirtschaft zu verwirklichen (Smart Farming Thematic Network 2016). Die meisten Quellen, wie auch das Fraunhofer-Institut verwenden Landwirtschaft 4.0 und Digital Farming als Synonym für Smart Farming (Fraunhofer-Institut 2024). Manche anderen Quellen definieren Abgrenzungen zwischen diesen Begriffen. (Griepentrog 2017) definiert Smart Farming als Precision Farming – also die teilflächenspezifische Landwirtschaft – mit der Kombination von Entscheidungsunterstützung über Fusion und Analyse von Information. Erst das Digital Farming und Landwirtschaft 4.0 beinhalten nach dieser Definition das Internet der Dinge (IoT), Cloud Computing und Big Data (Griepentrog 2017). In dieser Arbeit wird jedoch die Definition des Fraunhofer Instituts verwendet und somit die Begriffe Smart Farming, Digital Farming und Landwirtschaft 4.0 gleichgestellt. Die folgende Abbildung zeigt ein Schaubild zu einem vernetzten Landwirtschaftsbetrieb.

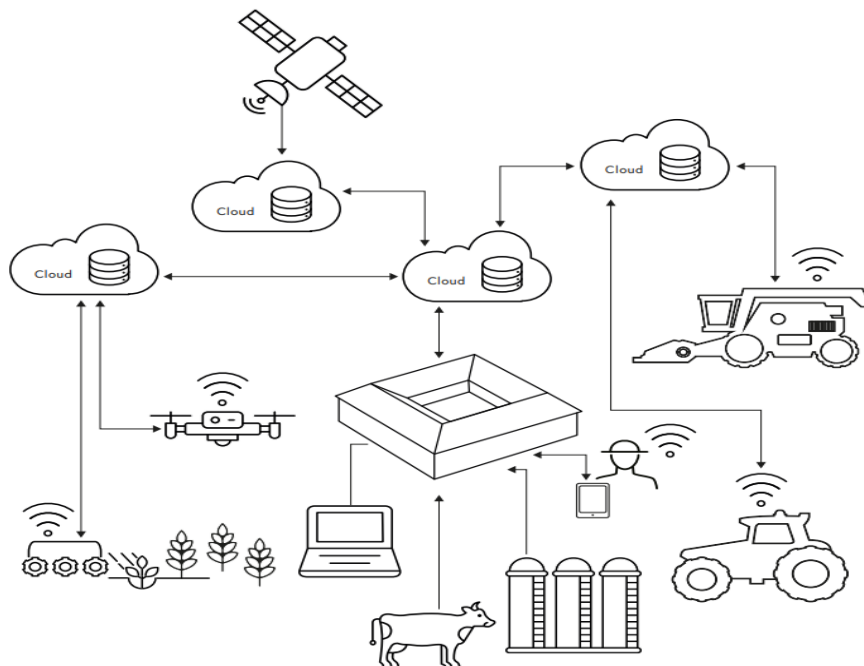


Abbildung 1: Schaubild vernetzte Landwirtschaft (Bundesministerium für Finanzen 2023)

## 2.2. Precision Farming als Notwendigkeit für Smart Farming

Die Entwicklung in Richtung Smart Farming startete in den 1990er Jahren, als das Precision Farming entstand und vermehrt eingeführt wurde. Precision Farming beziehungsweise die teilflächenspezifische Landwirtschaft ist ein Ansatz der die Heterogenität der landwirtschaftlichen Produktion nutzt (Wells und Stock 2020).

Durch das optimale Ausnutzen der räumlichen und zeitlichen Variabilität kann der Betriebsmittelaufwand reduziert werden und somit die Umwelteinflüsse verringert und die Wirtschaftlichkeit erhöht werden. Um die Applikation räumlich und zeitlich anzupassen, muss davor die Variabilität definiert werden. Dazu werden detaillierte Feldkarten anhand verschiedener Faktoren wie beispielsweise Ertrag, Stickstoffversorgung, Bodenfeuchte, Humusgehalt, Geländeeigenschaften und Topografie erstellt. Somit wird zentimetergenau die Variabilität innerhalb eines Feldes digitalisiert. Dazu kommen Technologien wie GNSS, Sensortechnologien an den Landmaschinen, Luftbildern von Drohnen, Zeitreihen-Bildern der Sentinel Satelliten zum Einsatz (Smart Farming Thematic Network 2016).

### 2.2.1. Definitionen Precision Farming in der Literatur

Die offizielle Definition der International Society of Precision Agriculture (ISPA), einer weltweiten Vereinigung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern lautet:

„Precision Farming ist eine Managementstrategie, die zeitliche, räumliche und individuelle Pflanzen- und Tierdaten sammelt, verarbeitet und analysiert und mit anderen Informationen kombiniert, um Managemententscheidungen entsprechend der geschätzten Variabilität zu unterstützen und so die Effizienz der Ressourcennutzung, Produktivität, Qualität, Rentabilität und Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Produktion zu verbessern.“ (International Society of Precision Agriculture 2024)

Ein weiterer häufig zitierter Ansatz nach (Robert et al. 1994) und (Khosla 2010) ist das Precision Farming nach der fünf „R“-Regel. Darunter versteht man die Bewirtschaftung zum:

- Richtigen Zeitpunkt mit der
- Richtigen Menge des
- Richtigen Betriebsmittels am
- Richtigen Standort mit der
- Richtigen technischen Methode.

## 2.3. Erforderliche Technologien für Smart Farming Anwendungen

Um Smart Farming in der Praxis zu realisieren sind gewisse Technologien, welche in den letzten Jahrzehnten entstanden sind, erforderlich. Manche dieser Technologien sind in der Praxis schon sehr verbreitet, andere jedoch stehen noch mehr oder weniger in den Kinderschuhen. Dieses Kapitel soll einen Überblick über einen Ausschnitt an erforderlichen Technologien, um Smart Farming realisieren zu können geben.

### 2.3.1. GNSS-Positionierungstechnologie

Ein sehr wesentlicher Meilenstein, um Smart-Farming umsetzen zu können ist die exakte Position eines Akteurs zu kennen. Umso genauer diese Position ist, umso effizienter und präziser kann bewirtschaftet werden. In der Landwirtschaft kommt zur Ermittlung der Position meist GNSS (Global Navigation Satellite System) zum Einsatz. Dabei werden mehrere verschiedene Satellitennavigationssysteme miteinander verknüpft. Die Maschinen des Landtechnik Konzerns CNH Industrial nutzen hierfür vier globale GNSS-Konstellationssysteme. Eines davon ist das wohlbekannteste System „GPS“, welches von den Vereinigten Staaten von Amerika betrieben wird. Zusätzlich werden noch die Systeme „GLONASS“, von Russland betrieben, und „BeiDou“, von China betrieben benutzt. Als viertes globales System wird das eigene System der Europäischen Union „Galileo“ verwendet. Außerdem werden noch die beiden geostationären Systeme „QZSS“ und „IRNSS“, welche von Japan und Indien betreut werden, verwendet. Der Vorteil vom Nutzen verschiedener Konstellationssysteme ist, dass durchgehend mehr Satelliten am Himmel für den Empfänger sichtbar sind, das reduziert die Ausfallquote und steigert die Genauigkeit.

Die Satelliten dieser GNSS-Konstellationssysteme umkreisen den Erdball in einer festgelegten Umlaufbahn in rund 20.000 Meter Höhe. Außerdem sind die Satelliten mit Atomuhren ausgestattet. Diese Atomuhren sind äußerst genau, die maximale Abweichung beträgt eine Sekunde pro 30.000 Jahren. Wenn ein Signal den Satelliten verlässt, wird ein Zeitstempel erzeugt, sobald das Signal einen Empfänger an der Erdoberfläche erreicht, wird ein zweiter Zeitstempel erzeugt. Das ist die Grundlage für die Berechnung der Position. Denn das Signal breitet sich genau mit Lichtgeschwindigkeit aus, das heißt mit der exakten Dauer des Signals vom Satelliten bis zum Empfänger, kann die genaue Entfernung errechnet werden. Um die exakte Position auf der Erdoberfläche ermitteln zu können, braucht es mindestens vier sichtbare Satelliten. Um trotzdem noch geringe Ungenauigkeiten eliminieren zu können wird die Position mit einem Korrektursignal von geostationären Referenzstationen optimiert. Mit dieser Technologie können wiederholbare Genauigkeiten von einem bis zwei Zentimeter realisiert werden (Luo

et al. 2021). Dazu wird meist das RTK-System verwendet. Dieses „Real Time Kinematic“ System stellt eine hochpräzise Positionierungstechnologie dar, welche auf globalen Navigationssatellitensystemen (GNSS) basiert und die Bereitstellung exakter Echtzeitkoordinaten ermöglicht. Insbesondere in Anwendungsbereichen wie der Landwirtschaft, in denen eine hohe Zentimetergenauigkeit erforderlich ist, erweist sich diese Technologie als nützlich (Lenain et al. 2004).

Die folgende Abbildung stellt schematisch das RTK-System dar. Der Traktor kommuniziert mit den GNSS-Satelliten und erhält von einer geostationären Referenzstation das Korrektursignal um zentimetergenau arbeiten zu können.

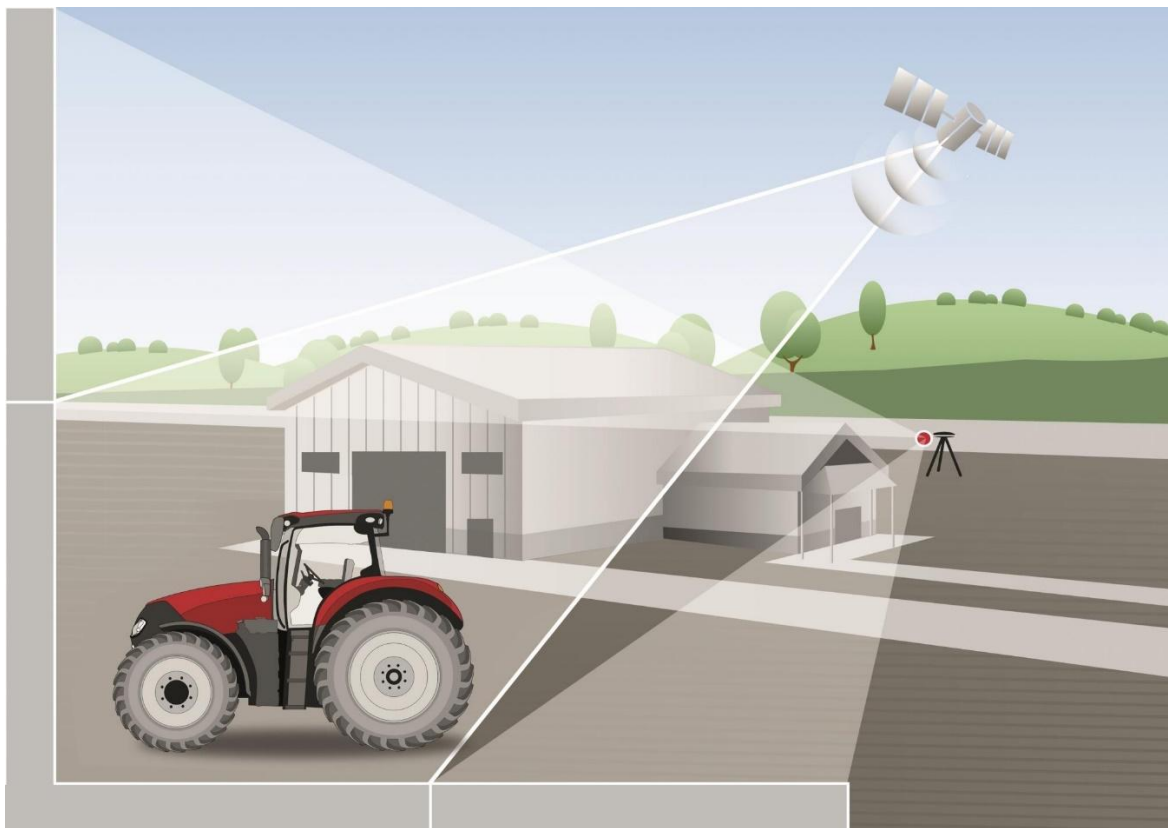


Abbildung 2: RTK-System mit geostationärer Referenzstation (Case IH 2024)

### 2.3.2. ISOBUS

Ein Traktor allein verrichtet im landwirtschaftlichen Produktionsablauf keine Arbeit, dazu sind Anbaugeräte notwendig. Diese Maschinen, welche an den Traktor gekoppelt werden, sind sehr vielfältig und es gibt unzählige verschiedene Hersteller dafür. ISOBUS ist der Name für landwirtschaftliche Datenbus-Anwendung, die der Norm ISO 11783 entsprechen. Dieses BUS – System ist also ein genormter Standard mit dem Anbaugeräte mit dem Traktor, sowie der Traktor mit den Anbaugeräten kommunizieren kann. Dies funktioniert herstellerunabhängig und ist sehr wesentlich dafür verantwortlich, dass ein

Anbaugerät präzise und trotzdem einfach gesteuert werden kann (Brodie et al. 2023).

Die Einführung der ISO 11783-Norm hat im Bereich der landwirtschaftlichen Maschinen die Voraussetzung für eine herstellerunabhängige, offene Kommunikation zwischen Geräten geschaffen. Ursprünglich wurde in den 1980er Jahren in Deutschland das sogenannte „Landwirtschaftliche Bussystem (LBS)“ entwickelt und in der DIN 9684 veröffentlicht. Dieses System basiert auf der Controller Area Network (CAN)-Technologie. Angesichts der globalen Entwicklungen im landwirtschaftlichen Maschinensektor wurde die Notwendigkeit eines Bussystems erkannt, das auf internationaler Ebene standardisiert ist. Die ISO 11783 erfüllt diese Anforderung, indem sie eine einheitliche Kommunikationsschnittstelle bereitstellt, die den Austausch von Informationen zwischen unterschiedlichen Herstellern und Geräten ermöglicht (Henninger 2007). Folgend werden einige wichtige ISOBUS-Funktionen beschrieben.

### *2.3.2.1. UT – Universal-Terminal*

Ein traktorseitiger Bildschirm in der Fahrerkabine, meist als Touchscreen-Monitor, der es dem Landwirt ermöglicht mit den Anbaugeräten zu interagieren. Jeder Anbaugerätehersteller kann für seine Geräte eine eigene Benutzeroberfläche erstellen, die automatisch auf den UT hochgeladen wird, sobald das Gerät am Traktor angeschlossen wird. Somit ist nicht für jedes verschiedene Anbaugerät ein eigenes Bedienterminal erforderlich, sondern das zentrale Traktorterminal kann für die Steuerung aller ISOBUS-Geräte verwendet werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Daten des Anbaugerätes somit automatisch beim Traktor sind und von dort aus weiterverarbeitet werden können. (Brodie et al. 2023)

Die nachfolgende Abbildung soll dies graphisch darstellen. Sie zeigt, dass verschiedene Anbaugeräte herstellerunabhängig mit nur einem traktorseitigen Monitor bedient werden können. Damit sind automatisch die Informationen vom Anbaugerät beim Traktor und können von dort aus weitergegeben werden.

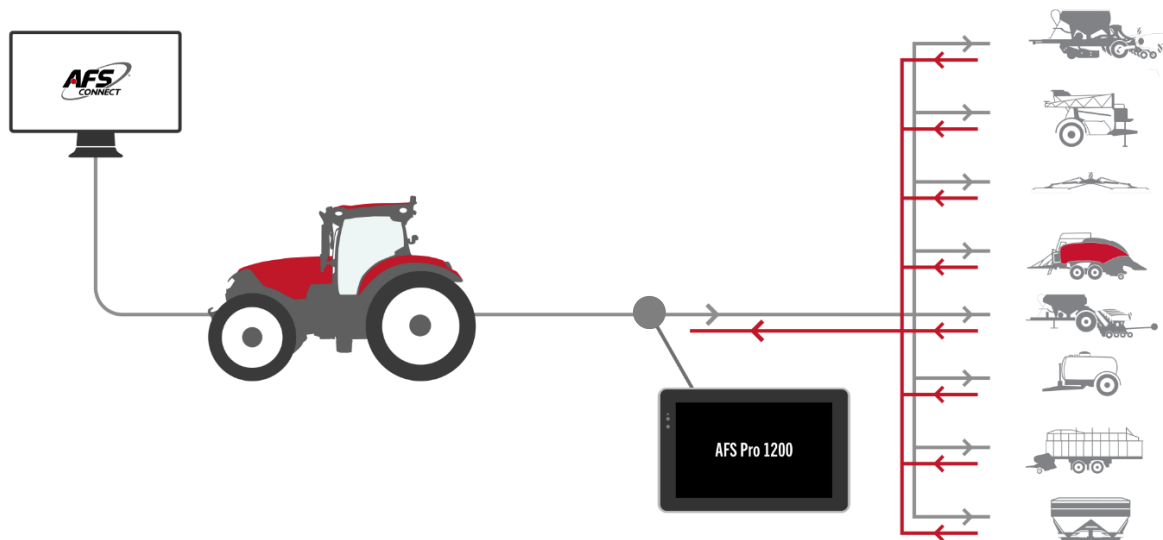


Abbildung 3: Isobus-UT, mehrere Anbaugeräte können mit nur einem Monitor gesteuert werden (Case IH 2024)

### 2.3.2.2. TC – Task Controller

Der ISOBUS Task Controller stellt eine wichtige Komponente moderner Landmaschinen dar und ist ein komplexes und umfangreiches System, welches die Überwachung und Verwaltung verschiedener Parameter ermöglicht (Magó und Kovács 2019). Es bietet den Landwirten und Landwirtinnen mehrere Vorteile. Die Integration von Smart-Farming-Anwendungen wird wesentlich vereinfacht und macht sie auch für kleinere Betriebe leichter zugänglich (Favier et al. 2020). Durch diese Integration von Smart-Farming-Anwendungen kann die betriebliche Effizienz gesteigert werden (László et al. 2021). Der ISOBUS Task Controller dokumentiert Daten der geleisteten Arbeit. Diese Werte werden im ISOXML-Datenformat zur Verfügung gestellt. Somit besteht die Möglichkeit diese Daten für andere Anwendungen, zum Beispiel in einer Ackerschlagkartei, zu verwenden (Agricultural Industry Electronics Foundation e.V. 2024).

Ein sehr wesentlicher Teil ist der TC-GEO, welcher ein geographisch basierter Task Controller ist. Damit lassen sich zusätzlich ortsbezogene Daten erheben. Wird das System gemeinsam mit einem RTK-GNSS-Positionierungssystem verwendet, können Daten zentimetergenau bearbeitet werden. Somit können Informationen über die Bodenbeschaffenheit, die Nährstoffversorgung, aber auch Erträge oder Pflanzenbestände äußerst kleinräumig genutzt werden. Anhand dieser Daten werden in der Praxis Applikationskarten erstellt, um Betriebsmittel, beispielsweise Dünger, Saatgut oder Pflanzenschutzmittel, anhand der ortsbezogenen Informationen teilflächenspezifisch ausbringen zu können. Diese Applikationskarten definieren die Menge an Betriebsmittel, welche auf den

verschiedenen Teilflächen ausgebracht werden sollen. Somit können Betriebsmittel gespart werden und auch negative Auswirkungen auf die Umwelt vermindert werden (Agricultural Industry Electronics Foundation e.V. 2024).

Der ISOBUS Task Controller Section Control (TC-SC) bietet die Möglichkeit positionsabhängig Teilbreiten zu schalten. Somit werden Überlappungen vermieden und ebenfalls relevante Mengen an Betriebsmitteln eingespart (Agricultural Industry Electronics Foundation e.V. 2024).

### 2.3.2.3. *TIM – Tractor Implement Management*

TIM (Tractor-Implement-Management) bezeichnet eine ISOBUS-basierte Lösung für ein barrierefreies und herstellerübergreifendes Landtechniksystem, bei dem das Gerät bestimmte Funktionen des Traktors steuern kann. Das Hauptkonzept von TIM besteht darin, die Intelligenz des gesamten Gespanns – also von Traktor und Gerät – zu erhöhen und zu nutzen. Im Gegensatz zu anderen Lösungen, bei denen der Traktor das Gerät steuert, wird bei TIM von einer bidirektionalen Kommunikation gesprochen. Das heißt, einer Übertragung der Steuerbefehle in beide Richtungen. Das Anbaugerät ist in der Lage bestimmte Funktionen des Traktors automatisch zu steuern, beispielsweise die Fahrgeschwindigkeit, Lenkung oder Hydraulikfunktionen. Durch die Steuerung bestimmter Traktorfunktionen optimiert das Arbeitsgerät seinen Betrieb selbst (Agricultural Industry Electronics Foundation e.V. 2024).

### 2.3.3. *Telematik-Systeme für Traktoren*

Telematiksysteme bieten Echtzeitzugriff auf agronomische, betriebliche und Maschinendaten. Sie vernetzen Landwirte und Landwirtinnen mit ihren Maschinen und Feldern. Mit Hilfe dieser Daten können Entscheidungen fundierter getroffen werden. Im Zuge der Digitalisierung in der Landwirtschaft ermöglichen vernetzte Maschinen Landwirten einen drahtlosen Zugriff auf Fahrzeuge über eine Cloud, wodurch sich der Betrieb profitabler und produktiver gestalten lässt. Zudem versetzt dieser drahtlose Zugriff Händler in die Lage, Maschinen fernwarten zu können, was wiederum Ausfallzeiten minimiert und die betriebliche Effizienz steigert. CNH Industrial beschreibt die wichtigsten Funktionen von Telematik Systemen wie folgt:

- **Datenvisualisierung:** Sofortiger Zugriff auf agronomische Daten und Maschineneinblicke in Echtzeit, einschließlich des genauen Standorts und Einsatzstatus, aktueller Maschinenparameter, der geschätzten Arbeitszeit, eines 24-Stunden-Verlaufs etc.

- Maschinenanalyse: Nutzer können den Maschinenzustand proaktiv überwachen und Probleme mit hoher Priorität schnell erkennen, während sie durch individuelle Benachrichtigungen auf dem Laufenden gehalten werden. Die Daten können über einzelne Jahreszeiten und Jahre hinweg eingesehen werden, was die betriebliche Effizienz erhöht.
- Fernanzeige des Displays in der Kabine: Tieferegehende Maschinenüberwachung und einfache Koordination mit dem Bedienpersonal einschließlich der Möglichkeit, Änderungen vorzuschlagen (CNH Industrial 2024).

All diese Daten können einfach und flexibel von diversen Endgeräten abgerufen werden. Nachfolgend ist die Case IH FieldOps App zu sehen, welche diese Funktionen und Daten in einer App zur Verfügung stellt.

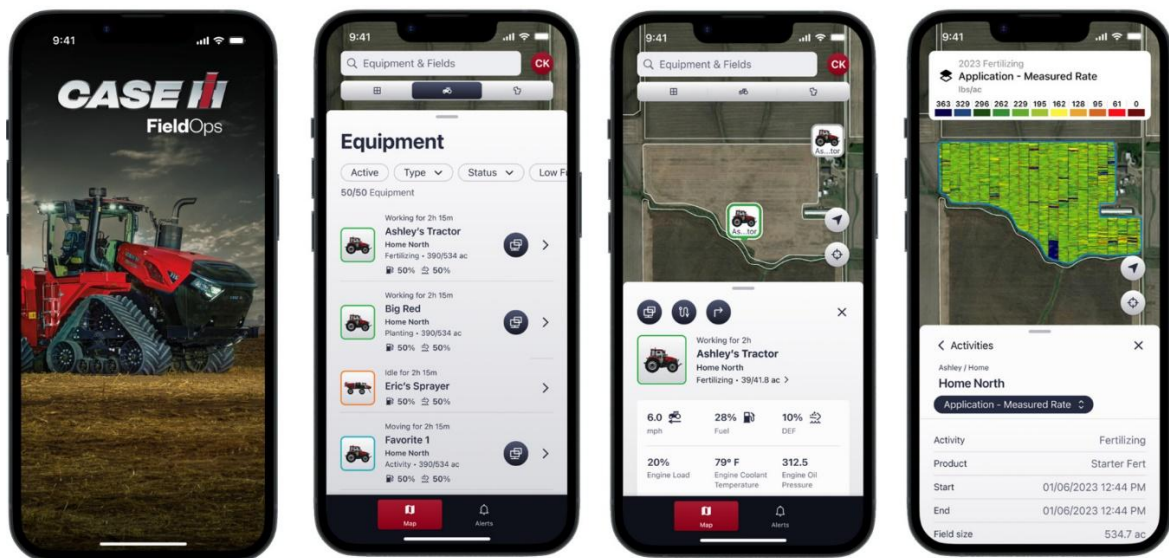


Abbildung 4: Case IH bietet eine App zum Flottenmanagement (Case IH 2024)

#### 2.3.4. Farmmanagement und Informationssysteme (FMIS)

Um all die genannten und noch weitere Technologien intelligent in einem System vernetzen zu können, kommen Farmmanagement und Informationssysteme (FMIS) zum Einsatz. FMIS integrieren Daten und Maschinen auf landwirtschaftlichen Betrieben im Kontext der Landwirtschaft 4.0. Die fortschreitende Digitalisierung, insbesondere durch den verstärkten Einsatz moderner Sensoren an landwirtschaftlichen Maschinen, führt zu einer erheblichen Zunahme der Datengenerierung auf dem Feld. Diese umfangreichen Datenmengen, als „Big Data“ bezeichnet, müssen in „Smart Data“ transformiert und zu nützlichen Entscheidungshilfen für Landwirte konsolidiert werden. Diese zentrale Aufgabe übernimmt ein FMIS (Streimelweger et al. 2020).



### 2.3.5. Fernerkundung und Sensorik

Die Satellitenmissionen Sentinel-1 und Sentinel-2 generieren riesige Datensätze, die für die Landwirtschaft von erheblichem Nutzen sein können. Diese Daten sind seit 1998 im Rahmen des Copernicus-Programms öffentlich zugänglich. Ein wichtiges Ziel der nächsten Jahre ist, diese enormen Datenmengen systematisch auszuwerten. Durch eine präzise Aufarbeitung können diese Daten für landwirtschaftliche Betriebe sinnvoll genutzt werden (Arnold et al. 2021).

Eine Anwendungsmöglichkeit ist beispielsweise die präzise Ertragsabschätzung, um eine effiziente Nutzung von Betriebsmitteln zu ermöglichen. Diese Satellitendaten können auch zur Identifizierung von Flächen mit geringem Ertragspotenzial genutzt werden, wodurch eine optimierte Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen gefördert wird. Die Lokalisierung von Steinen auf Feldern kann ein weiterer Anwendungsbereich sein. Dies trägt zur Minimierung von Schäden an landwirtschaftlichen Maschinen bei und reduziert den Aufwand für die Erkennung und Entfernung der Steine (Spengler et al. 2021).

Unbemannte Luftfahrzeuge (UAVs), häufig als Drohnen bezeichnet, finden schon heute Anwendung in der Landwirtschaft. Die kontinuierliche Verbesserung dieser Technologie sowie ihre Handlichkeit und Kosteneffizienz tragen zu vielseitigen Einsatzmöglichkeiten bei. Ein Einsatzgebiet ist die Bekämpfung des Maiszünslers durch die Ausbringung von Trichogramma-Schlupfwespen, was eine effektive Schädlingsminimierung ermöglicht. Weiters können Drohnen, die mit einer Infrarotkamera ausgestattet sind, genutzt werden, um Rehkitze in Grasbeständen vor der Mahd zu erkennen und somit zu schützen. Ein weiteres großes Anwendungsfeld ist die Erstellung von Applikationskarten für Düngemittel und Pflanzenschutzmittel. Mit Multispektralkamera ausgestattete Drohnen können verschiedene Wachstumsindizes erfasst und ausgewertet werden, wodurch teilflächenspezifische Bewirtschaftungseinheiten gebildet und optimierte Applikationsstrategien entwickelt werden können (Kliem et al. 2022).

Auch die Nutzung von Sensoren an Landmaschinen ermöglichen eine präzise Erhebung des Ist-Zustandes auf Feldern. Diese Sensoren messen beispielsweise Parameter wie Wasser und Nährstoffversorgung, Bodenverdichtungen oder ähnliche. Dadurch kann eine sparsamere Nutzung von Ressourcen wie Düngemittel, Pflanzenschutzmittel und Wasser erreicht werden, was zu einer nachhaltigeren Landwirtschaft führt (Weller von Ahlefeld, Paul Johann 2020).

### 2.3.6. Robotik

Der Einsatz von Robotik in der Landwirtschaft wird intensiv erforscht, um verschiedene potenzielle Anwendungen zu untersuchen. Aufgrund des zunehmenden Arbeitskräftemangels im landwirtschaftlichen Sektor hat sich der Einsatz von Maschinen zur Bewältigung verschiedener Arbeiten verstärkt, was jedoch teilweise negative Auswirkungen auf die Umwelt hat. Neue Automatisierungstechnologien bieten die Möglichkeiten für eine nachhaltigere Wirtschaftsweise. Bereits heute werden Roboter erfolgreich eingesetzt, um beispielsweise Unkraut sowohl mechanisch als auch chemisch zu bekämpfen (Hillerbrand et al. 2019).

Die Robotik in der Landwirtschaft kann in zwei Entwicklungsbereiche untergliedert werden. Der erste ist die Integration von vollständigen Automatisierungslösungen in bestehende Technik. Der zweite Bereich ist die Entwicklung von neuen, meist kleineren, Roboterkonzepten, welche oft als Schwarmlösungen geplant sind.

Die Automatisierung von bestehenden landwirtschaftlichen Geräten hat in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen. Traktoren und Erntemaschinen werden immer mehr mit Sensoren und Software ausgestattet. Dadurch können Feldarbeiten weitgehend automatisch durchgeführt werden. Besonders bei Erntemaschinen ist die Automatisierung bereits weit fortgeschritten. Im Vergleich dazu steht die Automatisierung anderer Arbeitsvorgänge noch am Anfang. In der Bodenbearbeitung gibt es bereits einige Lösungen wie die Anpassung der Arbeitstiefe je nach Bodenbeschaffenheit oder die Steuerung der Saatbettvorbereitung, jedoch noch kein umfassendes System, welches die gesamte Bodenbearbeitung automatisiert.

Traktoren werden vermehrt mit zusätzlichen Sensoren ausgestattet, um das direkte Umfeld zu überwachen. Dadurch können Sicherheitsfunktionen wie die Erkennung von Personen im Gefahrenbereich integriert werden (Schwich et al. 2019).

Die Firma Case IH stellte im Jahr 2023 eine Nachrüstlösung für bestehende Traktoren vor, um diese autonom arbeiten zu lassen. Dabei ist es nicht mehr notwendig, dass eine Person in der Kabine sitzt. Es können für den autonomen Traktor im Vorhinein Feldpläne und Fahrspuren geplant werden, die Fahrgeschwindigkeit vorgegeben und weitere Details geplant werden. Während der Arbeit können die Vorgänge per Tablet überwacht werden. Falls Personen, Tiere oder Ähnliches in den Gefahrenbereich kommen stoppt die Maschine automatisch. Sobald die Gefahr vorbei ist, beginnt der Traktor selbstständig wieder mit der Arbeit. Im folgenden Bild sieht man einen Case IH Magnum mit dieser Nachrüstlösung. Damit arbeitet dieser Traktor vollkommen ohne Fahrer oder Fahrerin (Case IH 2023).



Abbildung 6: Case IH Magnum mit einer Nachrüslösung welche den Traktor autonom fahren lässt (Case IH 2023)

Durch den technologischen Fortschritt kommt es vermehrt dazu kleinere Arbeitsgeräte sogenannte Agrarroboter einzusetzen. Diese autonomen Geräte sind von Grund auf so konstruiert, dass kein Fahrer oder Fahrerin vorgesehen ist. Diese Roboter bieten diverse Vorteile, wie beispielsweise eine Reduktion der Bodenverdichtung und die Flexibilität, die Anzahl der Roboter an die Betriebsgröße anzupassen. Durch Schwarmlösungen bei denen mehrere Einheiten zeitgleich am selben Feld arbeiten kann die Schlagkraft wesentlich erhöht werden. Somit sind diese Systeme gut skalierbar (Schwich et al. 2019). Ein Beispiel dafür ist das Produkt AgBot 5.112 von der Firma AgXeed, dies ist ein vollautonomer Roboter, welche herkömmliche Anbaugeräte koppeln kann. Sobald die genauen Feldgrenzen eingelesen wurden, kann der Roboter mit der Arbeit beginnen (AgXeed 2024). Die folgende Abbildung zeigt den AgBot 5.112 bei der Bodenbearbeitung mit einem Grubber.



Abbildung 7: AgBot 5.112 bei der Bodenbearbeitung (AgXeed 2024)

## 2.4. Chancen anhand praktischer Anwendungsbeispielen

Das folgende Kapitel bietet einen Überblick über konkrete Anwendungsbeispiele verschiedener Smart-Farming-Technologien. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf der Kombination dieser Technologien, um Synergieeffekte und deren Potenziale in der Praxis zu verdeutlichen. Anhand ausgewählter Beispiele wird aufgezeigt, wie unterschiedliche Technologien zusammenwirken können, um Effizienz, Nachhaltigkeit und Produktivität in der Landwirtschaft zu steigern.

### 2.4.1. Bodenbearbeitung

Im Rahmen der Vorbereitung des Saatbeets erfolgt in der Landwirtschaft in der Regel eine mechanische Bodenbearbeitung, um optimale Bedingungen für die Aussaat zu schaffen. Eine intensive Bodenbearbeitung führt jedoch häufig zum Abbau von Bodenstruktur und Humus und der damit verbundenen Freisetzung von Kohlenstoffdioxid (Heißenhuber et al. 2014). Außerdem ist eine intensive Bodenbearbeitung sehr energieintensiv und somit auch teuer. Durch die Anbringung von Sensoren an Robotern oder Maschinen ist die Erfassung von Bodendaten möglich, welche als Grundlage für die Erstellung von Bodendichtekarten dienen. Diese Karten bilden die Basis für eine standortspezifische Bodenbearbeitung, welche nach dem Motto „so wenig wie möglich, aber so viel wie nötig“ durchgeführt werden kann. Diese Technologie erlaubt eine teilflächenspezifische Bodenbearbeitung. Der zu regulierende Parameter ist dabei hauptsächlich die Bearbeitungstiefe und Intensität (Herlitzius et al. 2022). Durch die teilflächenspezifische Bodenbearbeitungen kann erheblich Treibstoff und somit auch Kosten eingespart werden. Nach (Gorucu et al.) betragen die Einsparungen an Treibstoff im Durchschnitt 28,4 Prozent.

### 2.4.2. Fruchtfolgeplanung

Die Gestaltung von Fruchtfolgen und Anbauformen haben langfristige ökonomische und ökologische Effekte. Die langfristige Umsetzung von standardisierter Fruchtfolgen und Monokulturen führt zu einer erheblichen Belastung der Ökosysteme (Kommission Landwirtschaft am Umweltbundesamt 2019). Insbesondere enge Fruchtfolgen, etwa bei Hackfrüchten wie Mais oder Zuckerrüben, gehen mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für Bodenverdichtung, Erosion und den Verlust von Humus einher (Heißenhuber et al. 2014). Demgegenüber bieten vielfältige Fruchtfolgen eine Reihe ökologischer Vorteile. Dazu zählt die Unterdrückung von Unkraut, die Förderung der natürlichen Schädlingsbekämpfung sowie die Erhöhung der Artenvielfalt (Feindt et al. 2019).

Der Einsatz von Smart-Farming-Technologien kann den Umstieg von Monokulturen hin zu vielfältigen Fruchtfolgen erheblich erleichtern. Unterstützung bei der Einführung von ökologischeren Fruchtfolgen können intelligente Farmmanagementsysteme liefern. Boden- und Ertragspotenzialkarten stellen beispielsweise geeignete Instrumente zur Förderung des Mischkulturanbaus dar, ebenso wie der Einsatz autonomer Schwarmroboter. Ertragskartierungen, bei denen Daten aus Sensoren und Luftbildern genutzt werden, um Felder in unterschiedliche Bereiche aufzuteilen und gezielt mit verschiedenen Kulturen oder Fruchtfolgen zu bewirtschaften, bieten weitere Möglichkeiten um eine intelligente Fruchtfolgeplanung umzusetzen (Noack 2018). Mit Hilfe von Sensor- und Fernerkundungsdaten, wie Satelliten- oder Drohnenbildern, kann das Feld in verschiedene Teilbereiche eingeteilt und anschließend mit unterschiedlichen Kulturen bewirtschaftet werden. Autonome Roboter sind in der Lage teilflächenspezifisch zu säen, Pflanzenschutz durchzuführen und zu ernten, um Synergieeffekte zu maximieren. Robotertechnologien ermöglichen somit eine größere Vielfalt an Kulturpflanzen sowie eine teilflächenspezifische Anbauplanung hinsichtlich verschiedener Kulturen oder Sorten, Aussaatmuster sowie Aussaatstärken (Wegener et al. 2017).

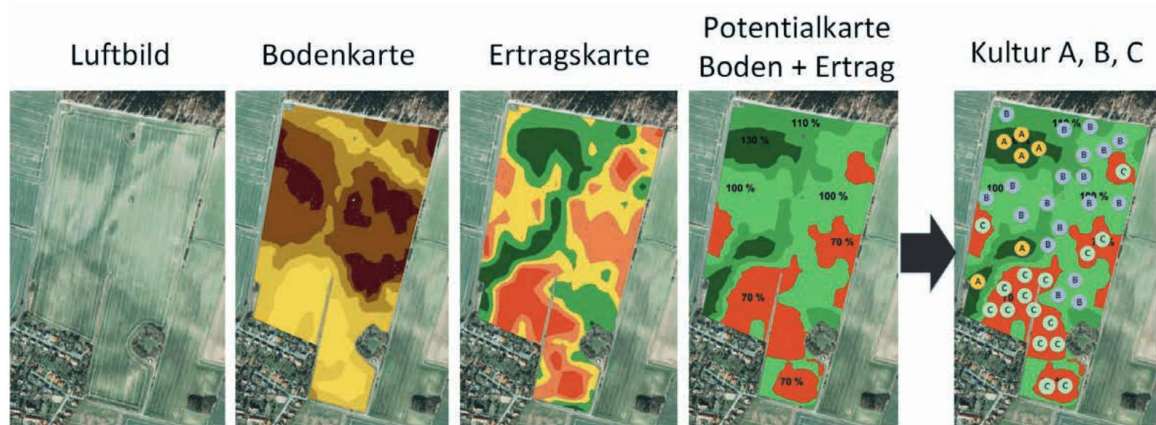


Abbildung 8: Beispiel für eine teilflächenspezifische Anbauplanung (Wegener et al. 2017)

### 2.4.3. Düngung

Stickstoff gilt als das wichtigste und am weitesten verbreitete Düngemittel, da es für den Ertrag eine entscheidende Rolle spielt. Wenn die Stickstoffdüngung jedoch nicht standort- und bestandsgerecht erfolgt, kann Stickstoff in Form von Nitrat in das Grund- und Oberflächenwasser ausgewaschen werden. Außerdem kann überschüssiger Stickstoff in Form von Ammoniak und Lachgas in die Atmosphäre gelangen. Dies kann einerseits zu erheblichen Umwelt- und Klimaschäden führen und bedeutet andererseits unnötige Kosten für den Betrieb (Feindt et al. 2019).

Der Einsatz von Smart-Farming-Technologien kann dazu beitragen, die schädlichen Klima- und Umweltauswirkungen des Stickstoffeinsatzes zu reduzieren und auch Kosten für den Betrieb zu sparen. Durch den Einsatz von ISOBUS Section Control (TC-SC), also der automatischen GNSS-gestützten Teilbreitenschaltung, können rund zehn Prozent Düngemittel eingespart werden (Dänzer 2022). Nährstoffmanagementsysteme zielen darauf ab, durch präzise Pflanzenbedarfsberechnungen einen optimalen Düngemiteleinsatz zu gewährleisten. Die Messung des aktuellen Stickstoffgehalts beziehungsweise des aktuellen Chlorophyllgehalts der Pflanzen kann mittels Sensoren an Traktoren, Drohnen oder mit Handgeräten erfolgen. Somit weiß man die aktuelle Nährstoffversorgung der Pflanzen. Die aktuelle Nährstoffversorgung des Bodens kann durch Bodenproben oder Sensoren ermittelt werden. Durch Drohnenaufnahmen kann das aktuelle Vegetationsstadium sowie das Ertragspotential ermittelt werden, dies ist notwendig, um den Nährstoffbedarf zu ermitteln. Somit können zielgerichtete und teilflächenspezifische Düngerapplikationskarten in Echtzeit generiert werden und somit eine optimale Düngung sichergestellt werden. Dies bietet sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile (Deutsche Gesellschaft für Pflanzenernährung 2011). Ein zweijähriger Versuch von (Zhang et al. 2007) zeigte, dass durch solche Applikationskarten, beruhend auf Ertragspotenzial sowie Nährstoffversorgung, Düngereinsparungen von rund 30 Prozent bei einem gleichzeitigen Mehrertrag von rund 22 Prozent im Körnermais erzielt werden konnten.

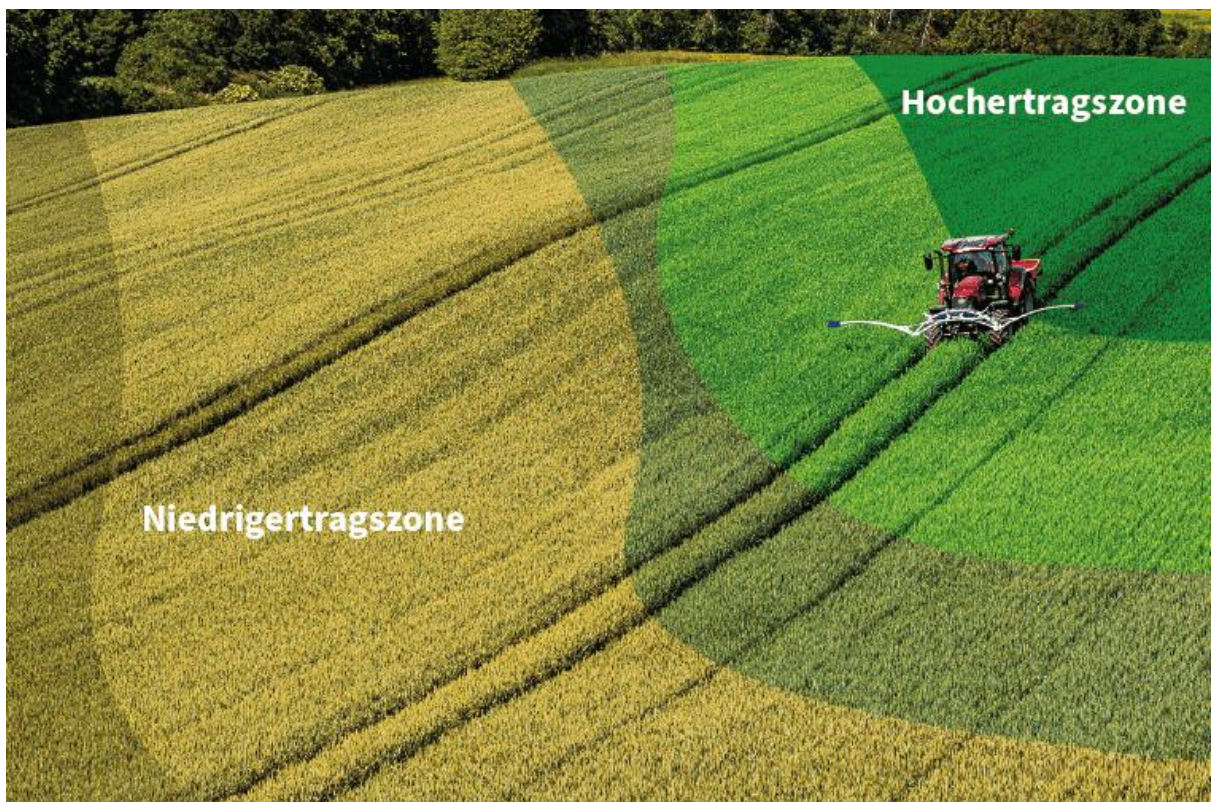


Abbildung 9: Teilflächenspezifische Düngerausbringung (Isaria 2021)

#### 2.4.4. Pflanzenschutz

Ähnlich wie bei der Düngung können auch im Pflanzenschutz durch eine teilflächenspezifische Bewirtschaftungsweise erhebliche Mengen an Betriebsmitteln eingespart werden. Durch eine Unkrautbonitur, welche kamerabasiert durchgeführt wird, kann im nächsten Arbeitsschritt eine exakte und punktgenaue Applikation der Pflanzenschutzmittel erfolgen. Dies ist nicht nur für die Unkrautbekämpfung durch Herbizide möglich, sondern auch, beispielweise, für die Bekämpfung von Pilzkrankheiten mit Fungiziden. Durch solch eine Herangehensweise können laut (Rajmis et al. 2021) zwischen 22 und 66 Prozent der Pflanzenschutzkosten eingespart werden. Die wesentlich verringerte Ausbringungsmenge an Pestiziden hilft auch, um die Ziele des Europäischen Green Deals zu erreichen (Rajmis et al. 2021). Durch Robotik entstehen außerdem ganz neue Möglichkeiten des mechanischen Pflanzenschutzes. Durch kleinere Schwarmeinheiten wird es möglich, mechanischen Pflanzenschutz in den Beständen durchzuführen und somit Pflanzenschutzmittel einzusparen (Minßen et al. 2015).

#### 2.4.5. Einhaltung und Dokumentation von gesetzlichen Auflagen

Smart-Farming-Technologien können den Landwirten und Landwirtinnen helfen gesetzliche Auflagen leichter einzuhalten. Grenzwerte in der Düngerausbringung können mit sensorischen Messungen leichter eingehalten werden. Außerdem kann die Ausbringung von Dünger auf Verbotszonen, wie beispielsweise im Nahbereich zu Gewässern, automatisch kontrolliert und gesteuert werden. Diese Daten können automatisch für die erforderlichen Dokumentationen benutzt werden und auch in Farmmanagementsystemen integriert werden. Andererseits können moderne Technologien auch den Behörden und Kontrollorganen helfen die gesetzlichen Auflagen zu kontrollieren. So können zum Beispiel durch Satellitendaten Schnittzeitpunkte im Grünland oder Umbruchzeitpunkte von Zwischenfrüchten festgestellt und somit kontrolliert werden (Kommission Landwirtschaft am Umweltbundesamt 2019).

## 2.5. Risiken von Smart Farming

Neben all den Möglichkeiten und den vielfältigen Chancen, die durch Smart-Farming-Technologien entstehen, gilt es aber auch, einen Blick auf die potenziellen Risiken zu werfen. Die Abbildung soll einen Überblick über ausgewählte mögliche Risiken geben, welche folgend näher beschrieben werden.

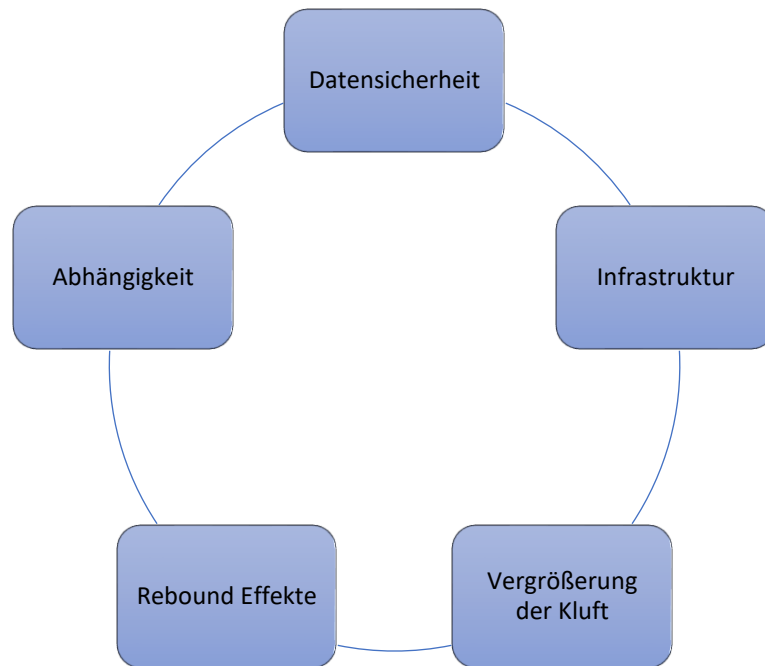


Abbildung 10: Risiken von Smart Farming, eigene Darstellung nach (Fleming et al. 2018; Regan 2019; Lieder und Schröter-Schlaack 2021)

### 2.5.1. Datensicherheit und Datenschutz

Durch Smart Farming entstehen enorme Mengen an Daten über den einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb. Farmmanagementsysteme beinhalten äußerst sensible, private Daten. Aber auch die Daten, welche durch Sensoren an Maschinen aufgenommen werden, sind in der Regel nicht für die Öffentlichkeit gedacht. (Gupta et al. 2020) In Österreich stimmen 54 Prozent der Landwirte und Landwirtinnen zu, dass sie durch die Digitalisierung die Hoheit über ihre Daten verlieren (KeyQuest und LFI Österreich 2021). All diese Daten können einem einzelnen Betrieb Schaden zufügen, wenn diese von dritten Personen missbräuchlich verwendet werden. Die Gesamtheit der Daten, welche in einem Land durch Smart-Farming-Technologien erfasst und gesammelt werden, können aber auch eine Bedrohung für ein ganzes Land beziehungsweise den ganzen Sektor sein. Außerdem können Smart-Farming-Technologien durch Hackerangriffe mutwillig gestoppt werden und erst durch Geldforderungen wieder freigegeben werden. Daher ist die Datensicherheit und der Datenschutz sowohl für

den einzelnen Betrieb, als auch für einen gesamten Wirtschaftsraum wichtig (Gupta et al. 2020).

### 2.5.2. Lücken in der Infrastruktur

Das Risiko der lückenhaften Infrastruktur ist zwar kein Risiko, welches von Smart-Farming-Technologien ausgeht, jedoch darf es als Risiko, welches Smart Farming blockieren kann, nicht unterschätzt werden. Eine angemessene Infrastruktur, wie Zugang zu Hochgeschwindigkeitsinternet, flächendeckende Mobilfunkversorgung bis hin zur 5G-Technologie, sind Voraussetzung für fortgeschrittene Smart Farming Anwendungen. Mangelnde Infrastruktur kann entweder den Einsatz völlig verhindern, beziehungsweise kann es zu Datenverlusten und Fehlfunktionen kommen (Lieder und Schröter-Schlaack 2021). Dass der mangelnde Breitbandausbau die Anwendung von Smart-Farming-Technologien bremst, trifft für 24 Prozent der österreichischen Betriebe „voll“ und für 23 Prozent „eher“ zu (KeyQuest und LFI Österreich 2021).

### 2.5.3. Vergrößerung der Kluft

Die rasend schnelle Entwicklung der Smart-Farming-Technologien und den daraus resultierenden Produktionsvorteilen können die Kluft zwischen den verschiedenen Betrieben weiter vergrößern. Während einige Betriebe auf den Zug des Smart Farming aufspringen, wehren sich andere dagegen. Sei es wegen persönlichen Motiven oder wegen fehlender Aufklärung oder auch wegen mangelnder Infrastruktur, die Unterschiede zwischen den einzelnen Betrieben werden größer werden (Regan 2019). Aufgrund von kostspieligen Anfangsinvestitionen bleibt die smarte Technik oft auch Klein- und Kleinstbetrieben verwehrt (Lieder und Schröter-Schlaack 2021). In einer Umfrage bei Landwirten und Landwirtinnen stimmten 85 Prozent zu, dass Smart-Farming-Technologien den größeren Betrieben mehr helfen als den kleineren (KeyQuest und LFI Österreich 2021). Dies kann zu einem weiteren Produktionsnachteil für diese kleineren Betriebe führen. Auch das kann die Kluft zwischen kleinen und großen Betrieben erweitern (Lieder und Schröter-Schlaack 2021).

### 2.5.4. Rebound Effekte

Smart Farming gilt als ein Mittel um den Ressourceneinsatz in der Landwirtschaft zu senken und eine Effizienzsteigerung zu verwirklichen. Manche Studien zeigen aber auch, dass es anstatt einer Ressourceneinsparung zu einem gesteigerten Einsatz dieser Ressource kommen kann, dies nennt man den Rebound Effekt (Weller von Ahlefeld, Paul Johann 2020).

Laut (Lieder und Schröter-Schlaack 2021) können im Bereich von Smart Farming drei verschiedene Rebound Effekte identifiziert werden. Es kann durch effizientere Bewirtschaftungsformen zu einer Ausweitung von Anbauflächen kommen. Grenzertragsstandorte sind mit moderner Technik möglicherweise wirtschaftlich zu bewirtschaften und somit kann es bei Niedrigertragsgebieten, beziehungsweise bei Gebieten welche mit konventioneller Technik nicht kultivierbar sind, zu einer Ausweitung der Nutzfläche führen. Der zweite identifizierbare Rebound Effekt ist jener, der sich auf den zunehmenden Einsatz von Inputfaktoren bezieht. Die Möglichkeit der teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsweise kann dazu führen, dass heterogene Felder insgesamt intensiver bewirtschaftet werden und es somit zu einem insgesamt gesteigerten Ressourceneinsatz kommt. Der dritte Rebound Effekt ist energiebezogen. Smart-Farming-Technologien sind naturgemäß sehr energieintensiv. Gerade auch intelligente Farmmanagementsysteme, welche auf künstlicher Intelligenz beruhen, verbrauchen große Mengen an Energie. Es gilt darauf zu achten, dass der zusätzliche Energieaufwand die Einsparungen nicht überkompensiert (Lieder und Schröter-Schlaack 2021).

### 2.5.5. Abhängigkeit

Dass man sich bei einem Kauf einer Software oder Hardware auf den Hersteller verlässt und somit auch in einer Form abhängig ist, ist den meisten Kunden klar. Sei es aufgrund von erforderlichen Softwareupdates oder auf Grund von komplexen Reparaturen, welche nur Vertragswerkstätten von dem jeweiligen Hersteller durchführen können. Sobald jedoch mehrere Technologien miteinander zusammenspielen und miteinander kommunizieren sollen, wird die Abhängigkeit schon wesentlich komplexer. Um eine unerwünschte Abhängigkeit der Landwirte von Herstellern zu verhindern, sind verbindliche Standards für Soft- und Hardware erforderlich. Dadurch kann eine herstellerübergreifende Kompatibilität gewährleistet werden. Als Vorbild für solche Standards kann ISOBUS genannt werden. Um Abhängigkeiten zu verringern, wäre eine unbürokratische und kostenlose Bereitstellung von öffentlichen Daten sinnvoll. Dazu zählen beispielsweise meteorologische Daten oder Kataster- und Bodenkarten. Wichtig dabei ist, dass diese Daten in standardisierten Formaten zu Verfügung gestellt werden, damit herstellerübergreifend mit diesen Daten gearbeitet werden kann (Lieder und Schröter-Schlaack 2021).

Der vermehrte Einsatz von Smart-Farming-Technologien führt zunehmend zu automatisierten Entscheidungen, welche Farmmanagementsysteme oder andere Technologien den Betriebsleitern und Betriebsleiterinnen abnehmen. Daraus kann langfristig eine verminderte Entscheidungskompetenz von Landwirten und Landwirtinnen entstehen, welche in einer Abhängigkeit von Smart-Farming-Technologien resultiert (Regan 2019). 67 Prozent der Landwirte und Landwirtinnen

in Österreich stimmten 2021 zu, dass durch Digitalisierung viel traditionelles Wissen verloren geht (KeyQuest und LFI Österreich 2021).

### 3. Aktuelle Verbreitung von Smart-Farming-Technologien

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Verbreitung von bestimmten digitalen Technologien in Österreich im Jahr 2021. Beschrieben werden sieben verschiedene Technologien. Die Basis ist eine Befragung von (KeyQuest und LFI Österreich 2021) mit 1.010 Landwirten und Landwirtinnen. Für gewisse Technologien wurden nur die betreffenden Betriebszweige herangezogen. Die Schwankungsbreite beträgt 3,15 % mit einem Signifikanzniveau von 95 %.

<b><u>Nutzung digitaler Technologien in Österreichs Landwirtschaft</u></b>				
<b>Technologie</b>	<b>Basis</b>	<b>Bekanntheit</b>	<b>Aktuell in Verwendung</b>	<b>Geplante Verwendung</b>
Farm-Management-Systeme	Alle Betriebe n= 1010	88 %	21 %	18 %
Drohnen	Alle Betriebe n= 1010	100 %	7 %	22 %
GPS/GNSS Lenksysteme	Ackerbau- betriebe n= 668	95 %	24 %	27 %
Automatische Teilbreiten-Schaltung	Ackerbau- betriebe n= 668	93 %	26 %	20 %
Teilflächen-spezifische Ausbringmenge	Ackerbau- betriebe n= 668	86 %	6 %	26 %
Georeferenzierte Bodenproben	Alle Betriebe n= 1010	84 %	17 %	20 %
Autonome Roboter im Gemüsebau	Gemüsebau- betriebe n=21	88 %	0 %	23 %

Tabelle 1: Übersicht über Bekanntheit, aktueller und geplanter Verwendung von verschiedenen digitalen Technologien in der österreichischen Landwirtschaft (eigene Tabelle nach (KeyQuest und LFI Österreich 2021)).

Wie in Tabelle 1 ersichtlich, verwenden 21 Prozent der österreichischen Landwirtschaftsbetriebe, im Jahr 2021, ein Farmmanagement-System, 18 Prozent der Betriebe planen die Einführung eines solchen Systems in ihren Betrieb. Daraus ergibt sich ein Marktpotenzial von 39 Prozent aller österreichischen Landwirtschaftsbetriebe. Im Jahr 2018 nutzten in Österreich nur fünf bis zehn Prozent der Betriebe ein Farmmanagement-System (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2018). Somit hat sich in nur vier Jahren die Verbreitung mindestens verdoppelt.

Die Studie von (KeyQuest und LFI Österreich 2021) zeigt zusätzlich, dass die Verwendung von Farmmanagement-Systemen stark vom Alter des Betriebsleiters oder der Betriebsleiterin abhängt. Bei der Gruppe der Betriebsführenden, welche über 55 Jahre alt sind, nutzen 25 Prozent ein solches System bzw. haben die Nutzung in Zukunft geplant. Umgekehrt, bei der jüngsten Gruppe der Betriebsführenden in Österreich (unter 35 Jahre), nutzen bzw. werden 51 Prozent ein Farmmanagement-System in Zukunft nutzen. Die Altersgruppe von 35 bis 44 Jahre ist mit 47 Prozent Nutzung / geplanter Nutzung nur knapp hinter der jüngsten Altersgruppe.

Auch die Betriebsgröße spielt aktuell eine signifikante Rolle, ob ein Farmmanagement-System verwendet wird. Das Marktpotential, also der Anteil welche dieses System bereits nutzen zuzüglich zu den geplanten Nutzungen, liegt bei Betrieben mit mindestens 51 Hektar bei 61 Prozent. Bei den Betrieben mit fünf bis 20 Hektar liegt das Marktpotential bei nur 27 Prozent.

Eine sehr hohe Bekanntheit haben Drohnen. 100 Prozent der befragten Betriebsleiter und Betriebsleiterinnen geben an, die Möglichkeit vom Drohneneinsatz in der Landwirtschaft zu kennen. Aktuell nutzen aber erst sieben Prozent diese Technologie, 22 Prozent haben eine Verwendung in der Zukunft geplant. Nach (Lang und Gassler 2022) planen jedoch 46 Prozent aller Betriebsleiter und Betriebsleiterinnen, welche heute schon Drohnen zur Fernerkundung nutzen, eine Ausweitung dieser Technologie in den nächsten fünf Jahren. Weitere 44 Prozent beschäftigen sich mit dem Gedanken diese Technologie weiter auszubauen. Die wichtigsten potentiellen Nutzungsmöglichkeiten sind die Evaluierung von Bodenfeuchte und Struktur, Vorhersagen zu Ertragsbildung und Erntereife sowie das Erkennen von Anomalien und Schäden (Lang und Gassler 2022).

GPS/GNSS – Lenksysteme bieten ein sehr hohes Marktpotential von 51 Prozent unter den Ackerbaubetrieben. In diesem Betriebszweig nutzen aktuell 24 Prozent ein automatisches Lenksystem, weitere 27 Prozent geben an, für die Zukunft ein solches System geplant zu haben. 95 Prozent aller Ackerbaubetrieben ist dieses System bekannt. Auch hier spielt das Alter eine Rolle, nach (KeyQuest und LFI

Österreich 2021) hat das System bei den unter 35 Jährigen ein Marktpotential von 65 Prozent. Bei den Betriebsführenden, welche 55 Jahre oder älter sind, ist das Marktpotential mit 38 Prozent wesentlich geringer. Noch ausschlaggebender ist jedoch hier die Betriebsgröße, bei den Betrieben mit mindestens 51 Hektar möchten 77 Prozent in Zukunft ein automatisches Lenksystem nutzen oder nutzen bereits aktuell eines. Bei der Gruppe der Betrieben, welche fünf bis 20 Hektar bewirtschaften, ist dieser Wert mit 24 Prozent erheblich geringer.

Ähnlich hohe Verwendung unter den Ackerbaubetrieben wie die automatischen Lenksysteme, findet das System der automatischen Teilbreitenschaltung.

Robotertechnik im Gemüsebau ist aktuell noch wenig verbreitet, von 21 befragten Betrieben wird aktuell auf keinem davon diese Technik eingesetzt. Jedoch haben 23 Prozent geplant, zukünftig autonome Roboter auf ihren Betrieben einzusetzen. Nennenswert ist, dass bei dieser Technologie die Betriebsgröße weniger Rolle spielt. Das Marktpotential ist bei den mittelgroßen Betrieben sogar höher als bei den Großbetrieben. Jedoch spielt auch hier das Alter des Betriebsführers oder der Betriebsführerin einen erkennbaren Faktor. Bei der Altersgruppe 55 Jahre oder älter planen null Prozent ein solches System anzuschaffen. Bei den Betriebsführenden unter 35 Jahre sind es 29 Prozent, welche in eine autonome Robotertechnik investieren möchten (KeyQuest und LFI Österreich 2021).

### 3.1. Aktuelle Verbreitung von Smart-Farming-Technologien in Österreich im Vergleich zu Deutschland

Die folgenden Tabelle 2 zeigt einen Vergleich von der Verbreitung und Nutzung verschiedener Smart-Farming-Technologien zwischen Deutschland und Österreich. Beide Studien sind aus dem Jahr 2021 und somit in der schnelllebigen Zeit der Digitalisierung, bezüglich des Zeitraums der Befragung absolut vergleichbar. Die österreichischen Daten sind nach (KeyQuest und LFI Österreich 2021) mit einer Stichprobengröße von n=1.010 Betriebsführenden, die Daten aus Deutschland sind nach (Gabriel et al. 2021). Die Studie nach (Gabriel et al. 2021) hat eine Stichprobengröße von n=591 Betriebsführenden.

Technologie	Aktuell in Verwendung in Deutschland	Aktuell in Verwendung in Österreich	Vergleich Deutschland zu Österreich
Farm-Management-Systeme	29 %	21 %	+ 38 Prozent

Drohnen	8 %	7 %	+ 14 Prozent
GPS/GNSS Lenksysteme	36 %	24 %	+ 50 Prozent
Automatische Teilbreiten-Schaltung	33 %	26 %	+ 27 Prozent
Teilflächen-spezifische Ausbringmenge	11 %	6 %	+ 83 Prozent
Georeferenzierte Bodenproben	14 %	17 %	- 18 Prozent

Tabelle 2: Vergleich der Nutzung von verschiedenen Smart-Farming-Technologien in Deutschland und Österreich (eigene Tabelle nach (Gabriel et al. 2021) und (KeyQuest und LFI Österreich 2021))

In der Tabelle 2 wird ersichtlich, dass die meisten Smart-Farming-Technologien in Deutschland häufiger zum Einsatz kommen als in Österreich. Den größten Unterschied gibt es bei der Verwendung von teilflächenspezifischen Ausbringmengen. Diese Technologie ist in Deutschland um 83 Prozent häufiger zu finden als in Österreich. Auch der Einsatz von GNSS-Lenksystemen ist in der deutschen Landwirtschaft verbreiteter als in der österreichischen. Bei 36 Prozent der deutschen Ackerbaubetriebe finden diese automatischen Lenksysteme Anwendung, während es in Österreich nur 24 Prozent sind. Beachtlich ist auch, dass in Deutschland bei knapp jedem dritten Betrieb ein Farmmanagement-System zum Einsatz kommt.

Nach (KeyQuest und LFI Österreich 2021) ist ein deutliches Trend zu sehen, dass größere Betriebe häufiger Smart-Farming-Technologien einsetzen als kleinere. Dieser Umstand könnte dazu beitragen, dass in Deutschland diese Technologien verbreiteter sind als in Österreich. Der durchschnittliche deutsche Landwirtschaftsbetrieb bewirtschaftete im Jahr 2020 rund 63 Hektar (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2022), in Österreich hingegen waren es im selben Jahr nur 23,5 Hektar (Dötzl und Peyr 2022).

Einzig die Verwendung von georeferenzierten Bodenproben ist in Österreich häufiger zu finden als in Deutschland. In Österreich nutzen diese Technologie 17 Prozent aller Betriebe, in Deutschland sind es 14 Prozent.

### 3.2. Motivationsgründe sowie hemmende Faktoren für den Einsatz von Smart-Farming-Technologien

Das folgende Kapitel soll die Motivationsgründe, aber auch hemmende Faktoren für den Einsatz von Smart-Farming-Technologien darstellen. Hierzu hat (KeyQuest und LFI Österreich 2021) eine Umfrage unter 1.010 Landwirten und Landwirtinnen durchgeführt. Dabei wird ersichtlich, dass die Hauptursache für den Einsatz von Smart-Farming-Technologien die Erleichterung der Arbeit sowie der Dokumentation ist. Über 70 Prozent der befragten Personen gaben an, dass sie „eher stark“ oder sogar „sehr stark“ zustimmen, dass die erleichterte Dokumentation und Datenaufzeichnung ein Grund für den Einsatz entsprechender Technologien ist. Die Arbeitserleichterung gaben 65 Prozent der Landwirte und Landwirtinnen als Motivation für eine Investition in Smart Farming an. Mit 59 Prozent Zustimmung kommt das Argument der höheren Flexibilität sowie des Zeitgewinns auf den dritthäufig genannten Platz. Der vierte Motivationsgrund ist die Optimierung von Arbeitsabläufen, diesem Vorteil stimmten 57 Prozent eher stark oder sehr stark zu. Somit ist klar ersichtlich, dass alle vier Argumente welche mehr als 50 Prozent Zustimmung erhalten haben in den Bereich der Arbeitserleichterung und Zeitgewinn fallen. Die folgende Tabelle stellt die beschriebenen Ergebnisse grafisch dar.

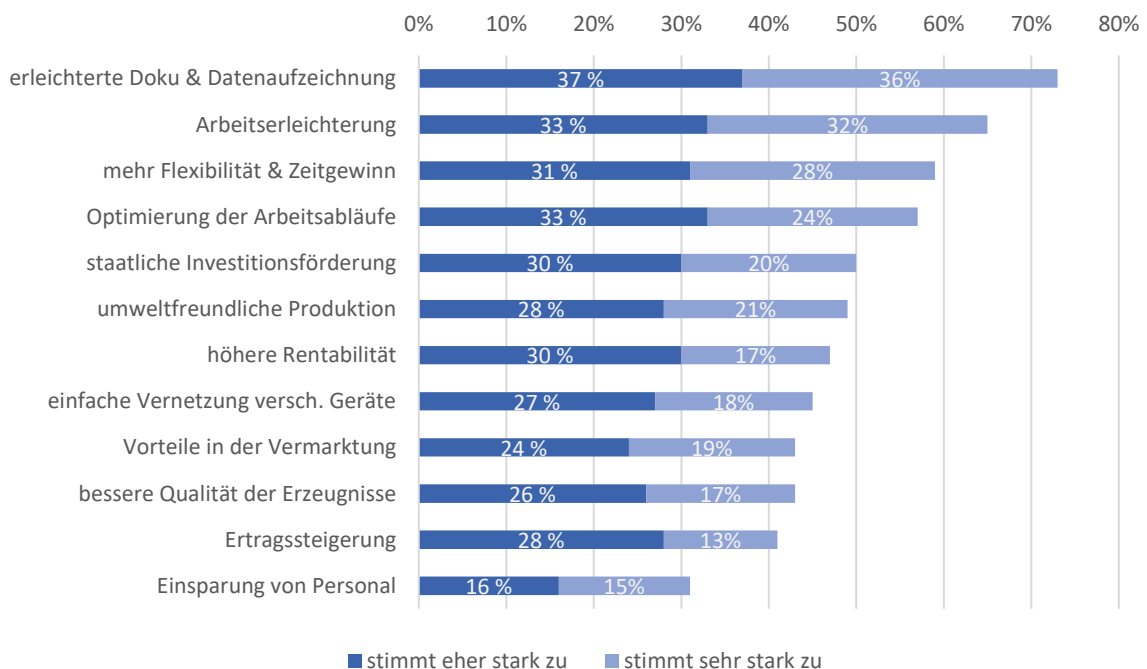


Abbildung 11: Motivationsgründe für den Einsatz von Smart-Farming-Technologien, Angaben in Prozent der Zustimmung. (Eigene Tabelle nach (KeyQuest und LFI Österreich 2021))

Als Argumente gegen den Einsatz von digitalen Technologien auf landwirtschaftlichen Betrieben werden hauptsächlich die Kosten genannt. 70

Prozent stimmen zu, dass sie ein fragwürdiges Kosten-Nutzen-Verhältnis als hemmenden Faktor sehen. Die Anfangsinvestition geben 69 Prozent und die laufenden Kosten 62 Prozent als Argumente gegen eine Investition an (KeyQuest und LFI Österreich 2021).

(Lieder und Schröter-Schlaack 2021) weisen darauf hin, dass ein Mangel an Wissen und Qualifikationen die Einführung von Smart-Farming-Technologien erheblich verlangsamen kann. Schulungen spielen dabei eine entscheidende Rolle und sind oft wichtiger als finanzielle Anreize. Ein häufiger Grund für die Zurückhaltung gegenüber Smart-Farming-Technologien ist der Mangel an Informationen. Viele Landwirte haben wenig Zugang zu Schulungsangeboten und verfügen nicht über ausreichendes Wissen über Smart-Farming-Technologien.

Der Umgang mit moderner Hard- und Software stellt für viele eine große Herausforderung dar, da neue Fähigkeiten erforderlich sind. Ein besserer Informationsstand könnte zudem dazu beitragen, die wahrgenommene Komplexität der Einführung neuer Technologien zu verringern.

Zudem führt ein Mangel an Schulungen und Informationen zu Unsicherheiten über die wirtschaftlichen Folgen einer Investition. Die Rentabilität neuer, oft kostenintensiver, Technologien ist schwer einzuschätzen, insbesondere ohne entsprechende Unterstützung oder Erfahrung. Da viele Landwirte zögern Technologien der Präzisionslandwirtschaft zu nutzen, wird deutlich, wie wichtig externe Schulungsangebote, insbesondere für weniger gebildete Landwirte, sind (Lieder und Schröter-Schlaack 2021).

## 4. Schulungen und Weiterbildungen im Bereich Smart Farming

(Lieder und Schröter-Schlaack 2021) empfiehlt die Fort- und Weiterbildung in diesem Bereich stark auszubauen. Ökologische, als auch ökonomische Vorteile müssen sowohl in der Praxis, als auch in der Theorie aufgezeigt werden. Dies gilt aber auch für die Risiken der Smart-Farming-Technologien. Die Lücke zwischen Wissenschaft und den praktischen Anwendern soll geschlossen werden. Um die Landwirte gezielt zu erreichen, sie in ihrem Lernprozess zu unterstützen und die Einführung von Precision-Farming-Methoden zu erleichtern, sind umfassende und professionelle Schulungsangebote notwendig. Diese müssen aktuell sein und von neutralen Institutionen durchgeführt werden. Eine unabhängige Schulung ist dabei sehr entscheidend (Lieder und Schröter-Schlaack 2021).

In einer Umfrage von (KeyQuest und LFI Österreich 2021) geben 68 Prozent von über 1000 befragten Landwirtinnen und Landwirten, also mehr als zwei Drittel, an, dass sie sich vorstellen können an Schulungen für Smart-Farming-Technologien teilzunehmen. 29 Prozent beantworteten die Frage „Können Sie sich vorstellen, in Zukunft an speziellen Weiterbildungen zu digitalen Technologien in der Landwirtschaft teilzunehmen?“ mit „Ja, sicher“. Weitere 39 Prozent beantworteten mit „Ja, eventuell“. Die untenstehende Abbildung stellt dies graphisch dar.

In der Gruppe der unter 35-jährigen geben 83 Prozent an sich vorstellen zu können an Smart Farming Schulungen teilzunehmen. Jedoch können sich das nur 46 Prozent in der Gruppe der über 55-jährigen vorstellen (KeyQuest und LFI Österreich 2021).

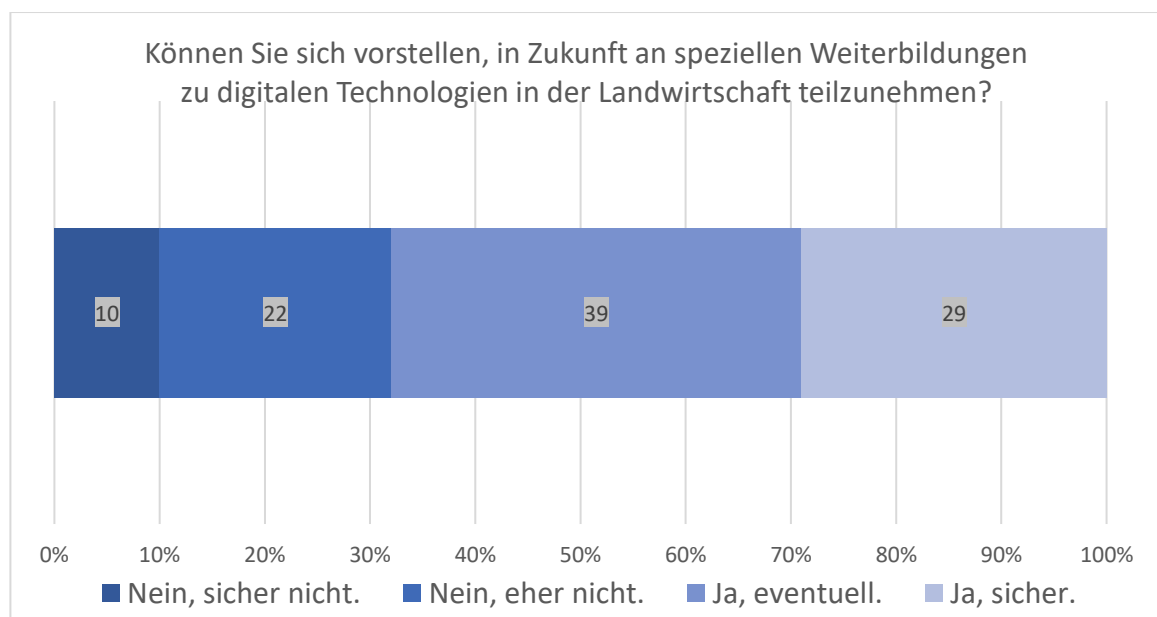


Abbildung 12: Interesse an Smart Farming Schulungen nach (KeyQuest und LFI Österreich 2021)

## 5. Problemstellung

Angesichts der weitreichenden Veränderungen, Chancen und Risiken, welche die Digitalisierung mit sich bringt, ist es notwendig sich in der landwirtschaftlichen Aus- und Weiterbildung verstärkt mit diesem Thema zu befassen.

Die Integration digitaler Technologien in landwirtschaftlichen Produktionsabläufen ist in vielen Bereichen schon längst gängige Praxis. In den landwirtschaftlichen Betrieben werden zunehmend Daten erhoben. Häufig sind sich die Betriebe dessen gar nicht bewusst, so dass diese Daten unkontrolliert und ungenutzt bleiben. In manchen Situationen werden - aufgrund mangelnden Know-hows, mangelnder Vernetzung oder fehlender Auswertungsmöglichkeiten die Daten bzw. die Datenerfassung als unnötige Zusatzlast angesehen und nicht als Informationsquelle und Instrument zur Verbesserung betrieblicher Entscheidungen genutzt. Dies könnte jedoch die Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe wesentlich erhöhen (Ländliches Fortbildungsinstitut Österreich 2018).

In Anbetracht dessen ergibt sich die Frage, auf welche Art und Weise Landwirtinnen und Landwirte gezielt befähigt werden können, die Potenziale digitaler Technologien zu erkennen, sinnvoll zu nutzen und aktiv in ihren Betriebsalltag zu integrieren. Der sinnvolle Einsatz von Smart-Farming-Anwendungen erfordert nicht nur technisches Grundverständnis, sondern auch die Fähigkeit, betriebliche Daten gezielt zu erfassen, zu interpretieren und daraus fundierte Entscheidungen abzuleiten.

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben haben nach (KeyQuest und LFI Österreich 2021) 68 Prozent der landwirtschaftlichen Betriebsleiter und Leiterinnen Interesse an Weiterbildungen zu Smart-Farming-Technologien. Nimmt man die Daten der zehnjährigen Agrarstrukturerhebung von Österreich aus dem Jahr 2020 gibt es in Österreich 154.953 land- und forstwirtschaftliche Betriebe (Statistik Austria 2022). Daraus ergibt sich ein Potential von über 105.000 Betriebsführende welche Interesse an Smart Farming Weiterbildungen haben. Darin sind ausschließlich die Betriebsführenden erfasst, Mitarbeiter der Betriebe, Senior- oder Juniorchefs könnten die Zahl noch weiter steigen lassen.

Wie viele davon tatsächlich Weiterbildungen in Anspruch nehmen ist schwierig abzuschätzen. Zahlen dazu findet man keine. Es ist generell unklar, ob und in welchem Umfang bestehende Weiterbildungsangebote den tatsächlichen Bedürfnissen landwirtschaftlicher Betriebe entsprechen und in welchem Ausmaß diese genutzt werden. Mögliche Barrieren wie fehlende Transparenz, unpassende Inhalte, ungünstige Rahmenbedingungen oder unzureichende Kommunikation könnten dazu führen, dass diese Angebote nicht in Anspruch genommen werden.

Langfristig ist die Etablierung digitaler Technologien in der Breite der landwirtschaftlichen Praxis nur möglich, wenn die Anforderungen der Betriebe an Schulungsformate besser verstanden werden.

## 6. Zielsetzung

Die zentrale Frage und somit auch das Ziel der Masterarbeit ist es, herauszufinden, welche Anforderungen und Erwartungen landwirtschaftliche Betriebe an Smart-Farming-Schulungen stellen. Ziel ist es, präzise Aussagen und Empfehlungen über die Gestaltung und Umsetzung von praxisnahen Smart-Farming-Schulungen für diese Zielgruppe zu treffen. Zusätzlich soll eine durchschnittliche Zahlungsbereitschaft für Smart-Farming-Schulungen erhoben werden.

Weiters soll ermittelt werden, ob Schulungen im Bereich Smart Farming die Einstellung gegenüber dieser Technologie beeinflussen und ob sie sich auf zukünftige Investitionsplanungen auswirken.

Hervorzuheben ist, dass sich die Masterarbeit auf den Bereich der Pflanzenproduktion konzentriert; Smart-Farming-Anwendungen in der Tierhaltung werden nur am Rande betrachtet. Die Ergebnisse der Masterarbeit werden allen Kooperationspartnern zur Verfügung gestellt.

## 7. Material und Methoden

Nicht alle, für eine fundierte Beantwortung der Forschungsfrage, notwendigen Informationen konnten anhand einer Literaturrecherche eruiert werden. Um die genannte Forschungsfrage trotzdem präzise beantworten zu können wurden zwei verschiedene Online Umfragen durchgeführt.

Die erste Befragung war ein standardisierter Online-Fragebogen, der sich ausschließlich an landwirtschaftliche Betriebsleiter und Betriebsleiterinnen in Österreich richtete. Online-Umfragen werden nach (Wright 2005) als sehr effizient beschrieben. Zudem nutzen die landwirtschaftlichen Betriebsleitenden häufig das Internet, 93 Prozent der Landwirte und Landwirtinnen nutzen das Internet im Alltag (European Commission: Agriculture and Rural Development 2025).

Ziel der Untersuchung war es, zentrale Aspekte wie den Wissensstand, die Einstellung sowie Weiterbildungsinteressen und Investitionsabsichten im Bereich Smart Farming systematisch zu erfassen. Der Fragebogen umfasste insgesamt 14 Fragen, 13 davon wurden als geschlossenes Antwortformat, sowie eine offene Zusatzfrage. Im Rahmen der Untersuchung wurden verschiedene Aspekte berücksichtigt, darunter die subjektiv wahrgenommene Kenntnis von Smart-Farming-Technologien, die persönliche Einstellung gegenüber diesen Technologien, bisherige Erfahrungen in der Weiterbildung, bevorzugte Schulungsformate, die Zahlungsbereitschaft für Weiterbildungsmaßnahmen sowie demografische Merkmale wie Alter und Bildungsstand. Die Durchführung der Umfrage erfolgte mittels Online-Fragebogen. Der Erhebungszeitraum erstreckte sich von Dezember 2024 bis März 2025. Die Teilnahme erfolgte auf freiwilliger Basis und anonym. Die Distribution des Online-Fragebogen wurde mittels branchenspezifischer Netzwerke, landwirtschaftlicher Organisationen sowie digitaler Plattformen realisiert. Die Stichprobengröße der Umfrage nach Selbstselektion beträgt  $n = 523$ .

Die zweite Befragung wurde ebenfalls mittels eines standardisierten Online-Fragebogens durchgeführt und richtete sich gezielt an Landwirtinnen und Landwirte, die im Zeitraum von maximal einem Jahr vor der Erhebung an einer Weiterbildung im Bereich Smart Farming teilgenommen hatten. Alle teilnehmenden Personen dieser Umfrage haben im Zeitraum von Juli 2024 bis Juli 2025 eine Weiterbildung der Innovation Farm besucht. Dankenswerterweise wurde meine Umfrage anschließend an die Schulung, von der Innovation Farm, an die teilnehmenden Personen adressiert. Auf diese Weise ließ sich ein enger inhaltlicher Bezug zur Schulung herstellen, ohne das Risiko einer verzerrten Rückmeldung infolge einer direkten Evaluation einzugehen. Die Stichprobengröße beträgt  $n = 96$ . Der Zeitraum der Befragung erstreckte sich von November 2024

bis Juli 2025. Ziel dieser zweiten Erhebung war es, die Wirkung von Smart-Farming-Schulungen auf die Einstellung gegenüber der Technologie, auf das Investitionsverhalten zu untersuchen.

Die gewonnenen Daten bilden die Grundlage für die empirische Analyse im Rahmen dieser Masterarbeit.

## 7.1. Entwicklung der Fragebögen

Die Entwicklung der beiden standardisierten Online-Fragebögen erfolgte in mehreren systematischen Schritten, um eine inhaltlich fundierte und methodisch saubere Datenerhebung sicherzustellen. Zunächst erfolgte auf Basis der Zielsetzung eine Grobstrukturierung der Fragebögen. Die Untersuchung orientierte sich in ihrer Thematik an den zentralen Erhebungsdimensionen, darunter Wissen, Einstellung, Weiterbildungsinteresse, Investitionsbereitschaft sowie persönliche und betriebliche Rahmenbedingungen immer in Bezug auf Smart Farming.

Im darauffolgenden Schritt wurden konkrete Fragestellungen formuliert, die sowohl geschlossene als auch halboffene Fragen umfassten. Das Ziel bestand darin, sowohl standardisierte quantifizierbare Daten als auch individuelle Einschätzungen zu erfassen. Im Anschluss erfolgte eine Überprüfung der Fragen hinsichtlich Verständlichkeit und Relevanz. Nicht zielführende oder überflüssige Fragen wurden aussortiert oder umformuliert.

In der Folge wurde ein Pretest der beiden Fragebögen mit einer kleinen Gruppe aus der jeweiligen Zielgruppe durchgeführt. Die im Pretest gewonnenen Rückmeldungen wurden genutzt, um problematische oder missverständliche Fragen zu identifizieren und entsprechend zu überarbeiten. Dies betraf insbesondere die sprachliche Klarheit, die Antwortformate sowie die logische Reihenfolge der Fragen.

Nach der Überarbeitung erfolgte die Finalisierung beider Fragebögen in der Online-Plattform Google Forms. Die Distribution erfolgte über einen Internetlink sowie einen QR-Code direkt über Google Forms. Die erste Umfrage wurde mit der breiten Zielgruppe landwirtschaftlicher Betriebsleiter und Betriebsleiterinnen durchgeführt, während sich die zweite ausschließlich an Personen richtete, die im Vorfeld bereits an einer Weiterbildung im Bereich Smart Farming teilgenommen hatten. Die beiden Umfragen wurden von Dezember 2024 bis März 2025 bzw. von November 2024 bis Juli 2025 durchgeführt.

Das nachfolgende schematische Modell veranschaulicht die Vorgehensweise bei der Erstellung der Umfrage.

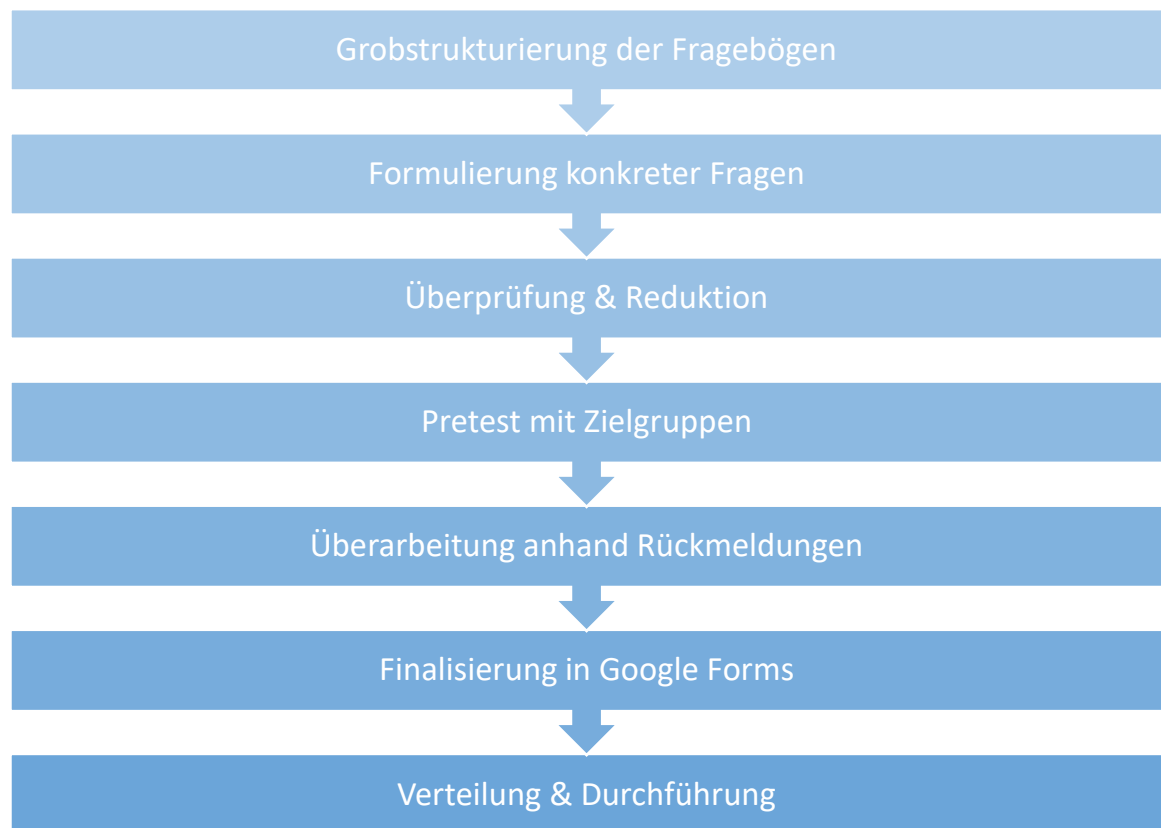


Abbildung 13: Entwicklung der Fragebögen

## 8. Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der empirischen Untersuchung vorgestellt. Die Darstellung orientiert sich dabei an den zuvor formulierten Forschungsfragen, um eine strukturierte und zielgerichtete Auswertung der erhobenen Daten zu gewährleisten. Jede Forschungsfrage wird einzeln aufgegriffen und durch die entsprechenden Befunde aus den beiden durchgeführten Befragungen beantwortet.

Ziel ist es, zentrale Erkenntnisse klar herauszuarbeiten, zu diskutieren und einen transparenten Überblick über die Ergebnisse der befragten Landwirtinnen und Landwirte in Bezug auf Smart Farming bzw. Weiterbildungen für Smart Farming zu geben.

Von den 523 Teilnehmenden an der Umfrage für Betriebsleitende gaben 38 Prozent an, die Matura als höchsten Bildungsabschluss zu haben. 22 Prozent verweisen auf die Fachschule als höchsten Bildungsabschluss und ebenso 22% auf ein abgeschlossenes Studium. Die Anteile der höchsten Bildungsabschlüsse Pflichtschule, Lehre und auch Meister bewegen sich jeweils zwischen fünf und sieben Prozent.

52 Prozent der Teilnehmenden waren zum Zeitpunkt der Teilnahme unter 35 Jahre alt. Jeweils 19 Prozent waren zwischen 35 und 44 Jahre und auch zwischen 45 und 54 Jahre alt. Das Alter von 55 Jahre oder älter gaben zehn Prozent der Befragten an.

Die Einstellung zu Smart Farming von 1 = sehr ablehnend bis zu 10 = sehr befürwortend, wurde von den 523 Teilnehmenden im Mittelwert mit 6,5 beantwortet. Das Wissen über Smart-Farming-Technologien wurden im Mittelwert mit 4,9 angegeben. Wobei auch hier die Skala von „1“ für kein Wissen bis zu „10“ für ein hohes Wissen steht.

Um den Bedarf und auch das Potential von Weiterbildungen einschätzen zu können, hilft es, das Interesse der Betriebsleitenden an solchen Smart Farming Schulungen zu ermitteln. Diesbezüglich gaben 73 Prozent der Befragten an, Interesse an solchen spezifischen Schulungen zu haben. Tatsächlich teilgenommen an Smart Farming Schulungen haben erst 34 Prozent. Von diesen 34 Prozent geben jedoch rund 90 Prozent an, an einer weiteren Schulung interessiert zu sein.

Die vorliegenden Daten deuten darauf hin, dass ein erhebliches Potenzial in diesem Bereich besteht. Das nachfolgende Diagramm stellt diesen Sachverhalt graphisch dar.

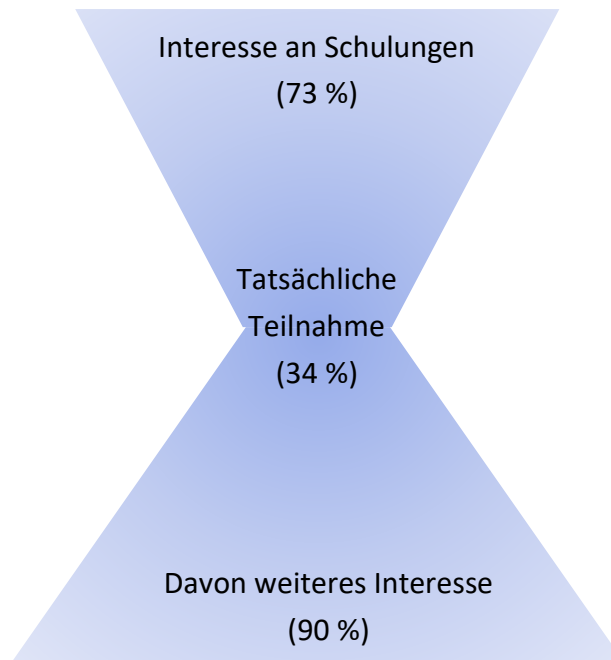


Abbildung 14: Interesse und Teilnahme an Smart-Farming-Schulungen im Vergleich, Interesse und tatsächliche Teilnahme laut Umfrage der Betriebsführenden (n=523), weiteres Interesse laut Umfrage der Schulungsteilnehmenden (n=96)

Die zweite Umfrage wurde bei Landwirte und Landwirtinnen im Anschluss an Smart-Farming-Schulungen durchgeführt. Daher haben alle 96 Befragten dieser Umfrage kurz vor der Befragung eine Schulung, im Bereich Smart Farming, absolviert. Anhand dieser spezifischen Umfrage sollen Rückschlüsse auf die Auswirkungen von Schulungen gezogen werden können.

Der Mittelwert der Befragten hatte vor dem absolvierten Kurs eine Einstellung zu Smart Farming von 6,7. Auch hier reicht die Skala von „1“ für sehr ablehnend bis „10“ für sehr befürwortend. Der Mittelwert der identischen Frage an die betriebsführenden Personen, also der Grundgesamtheit, liegt bei 6,6. Da diese Werte sehr nahe beieinander liegen, wird ersichtlich, dass das subjektive Empfinden bezüglich der Einstellung zu Smart Farming kein wesentlicher Treiber für die Teilnahme an einer Schulung in diesem Bereich ist.

Den Wissensstand über Smart Farming, vor der besuchten Schulungen, gaben die Schulungsteilnehmenden im Durchschnitt mit 4,7 an. Dieser Wert liegt bei der Grundgesamtheit bei 4,9. Die Skala reicht von „1“ für kein Wissen bis „10“ für hohes Wissen. Auch hier wird ersichtlich, dass der subjektive Wissensstand über Smart Farming kaum einen Einfluss auf die Anmeldung und Teilnahme an einer Schulung hat. Die folgende Abbildung soll dies graphisch darstellen.

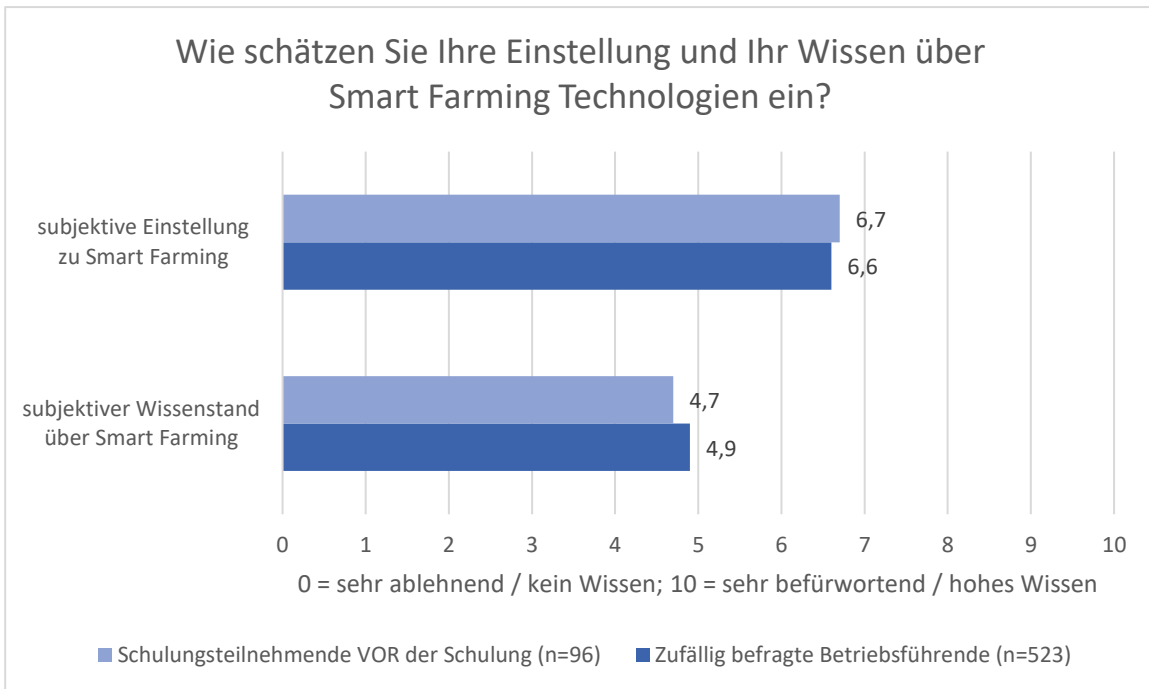


Abbildung 15: Einstellung und Wissen zu Smart Farming, Mittelwert der beiden Umfragegruppen im Vergleich

## 8.1. Anforderungen und Erwartungen an Smart-Farming-Schulungen.

Diese Kapitel soll die Ergebnisse in Bezug auf Anforderungen und Erwartungen an Smart-Farming-Schulungen erläutern sowie darüber zu diskutieren.

### 8.1.1. Bevorzugte Institutionen für Smart-Farming-Schulungen.

Um Herauszufinden welche Anforderungen und Erwartungen die Landwirte und Landwirtinnen in Bezug auf Anbieter von Smart-Farming-Schulung haben, wurde die Frage „Bei welchen Institutionen würden Sie eine Weiterbildung im Bereich Smart Farming absolvieren?“ gestellt. Dabei wurden die in der untenstehenden Grafik ersichtlichen Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Mehrfachnennungen waren erlaubt. Zusätzlich gab es die Möglichkeit einer weiteren freien Antwort, nachdem es jedoch bei 523 Teilnehmenden nur sieben freie Antworten gab und es auch innerhalb dieser sieben Antworten keinerlei Überschneidungen gab, wurden diese nicht berücksichtigt. Wie in den hellblauen Balken ersichtlich, gaben 54 Prozent der Befragten an, somit die häufigste Nennung, eine Weiterbildung beim LFI, dem Fortbildungsinstitut der Landwirtschaftskammer, absolvieren zu würden. Die zweithäufigste Nennung, mit 44 Prozent der Befragten, waren die Landwirtschaftlichen Schulen. Mit 37 Prozent an dritter Stelle die Landtechnikhersteller und -händler. 10 Prozent gaben an, sich in diesem Bereich nicht weiterbilden zu möchten. Die weiteren Balken zeigen die Antworten abhängig von dem tatsächlichen Interesse an einer Weiterbildung.

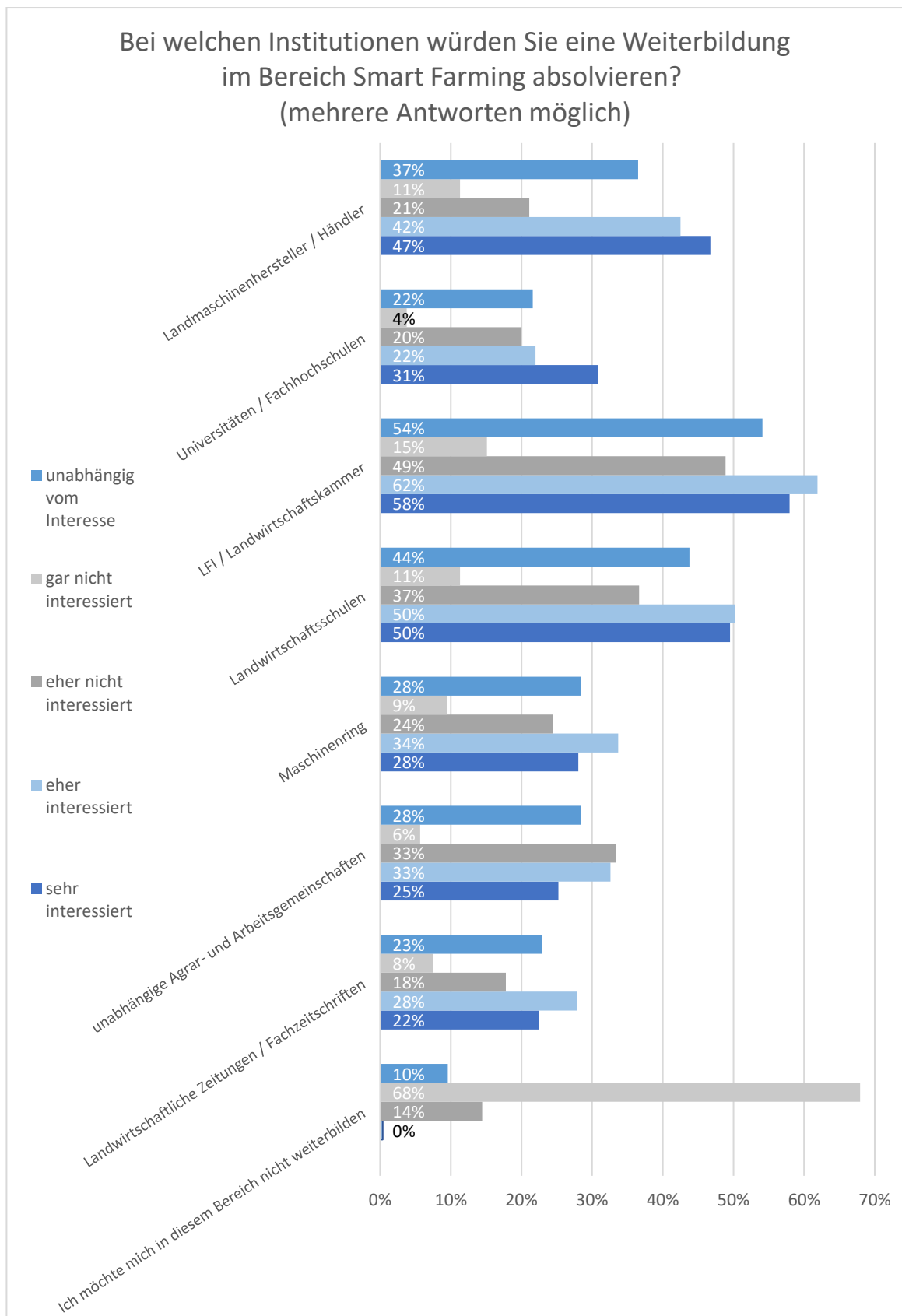


Abbildung 16: Bevorzugte Institutionen für Smart Farming Schulungen, Umfrage der Betriebsführenden (n = 523)

### 8.1.2. Schulungsformat und Anreisebereitschaft

Ein weiterer wichtiger Faktor bezüglich der Erwartungen und Anforderungen von Landwirtinnen und Landwirte an Smart-Farming-Schulungen ist natürlich das Schulungsformat, also entweder Online oder in Präsenz. Falls in Präsenz, ist auch die Anreisebereitschaft abhängig von der Entfernung entscheidend. Diese beiden Faktoren wurden in der Umfrage ermittelt.

Der größte Anteil mit 39 Prozent gibt an, dass sie an Schulungen in Präsenz teilnehmen würden. Nur etwas weniger mit insgesamt 30 Prozent der Befragten haben für das Schulungsformat „Online“ gestimmt. Wiederum 28 Prozent aller Befragten würden sowohl an Präsenzs Schulungen als auch an Onlineschulungen teilnehmen. Die restlichen drei Prozent der Befragten haben das verfügbare Textfeld genutzt, um in verschiedenen Formulierungen kund zu geben, dass sie keine Schulungen machen wollen.

Wie die folgende Abbildung zeigt, gibt es nur geringe Abweichungen zwischen den Angaben aller Befragten und denen die tatsächlich an einer Schulung interessiert sind.

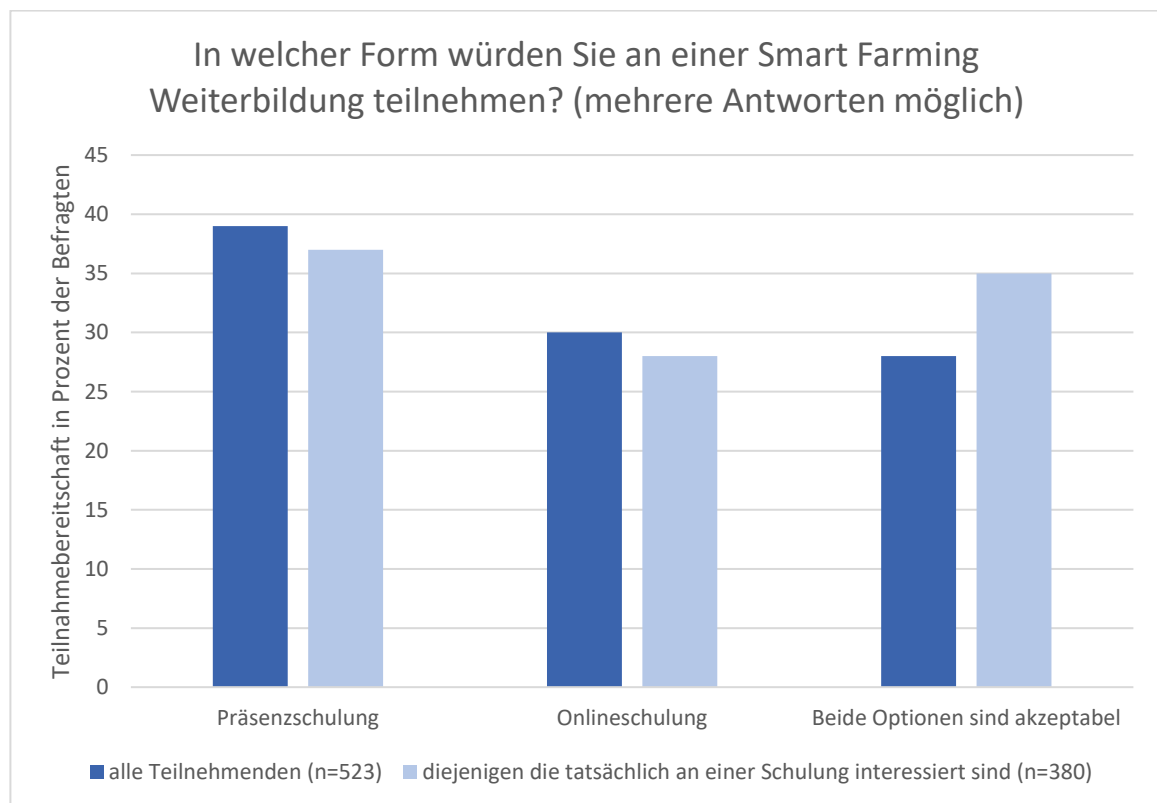


Abbildung 17: Bevorzugtes Schulungsformat, Umfrage der Betriebsführenden

Wenn die Schulung in Präsenz abgehalten wird, ist natürlich die Entfernung zum Schulungsort ein sehr wesentliches Merkmal. Die Frage „Falls die Veranstaltung in Präsenz abgehalten wird, wie weit würden Sie maximal dafür fahren? (Antwort

bitte in Kilometer)“ soll Auskunft über die Anreisebereitschaft für Präsenzs Schulungen liefern.

Der Mittelwert aller 523 befragten Personen liegt bei einer maximalen Anreisebereitschaft von 59 Kilometer. Da bei dieser Auswertung natürlich auch die Ausreißer nach oben voll ins Gewicht fallen, bietet sich hier ein Boxplot-Diagramm an. Die beiden untenstehenden Boxplot-Diagramme zeigen den Minimum und Maximum Wert ohne Ausreißer. Die einzelnen Quartile zeigen die Entfernung an welche 75 Prozent bzw. 25 Prozent der Befragten für eine Smart-Farming-Schulung auf sich nehmen würden. Der Median stellt die Entfernung dar welche für genau 50 Prozent der Befragten in Ordnung wäre.

Die Abbildung 18 zeigt die Anreisebereitschaft aller 523 Befragten. Das erste Quartil liegt bei 20 Kilometer, das bedeutet 75 Prozent würden eine Anreise von maximal 20 Kilometer auf sich nehmen. Bei 45 Kilometer Anreise sind es noch genau 50 Prozent und bei 60 Kilometer nur noch 25 Prozent die zur Schulung kommen würden. Alle Werte über 120 Kilometer wurden als Ausreißer geführt. Diese Grenze wurde anhand der Tukey's 1,5 IQR Regel ermittelt. Rund sechs Prozent aller Angaben, welche bis 1000 Kilometer – bei gleichzeitigem geringen Interesse an einer Schulung – reichten fielen in die Kategorie der Ausreißer.

Die Abbildung 19 stellt die Anreisebereitschaft derjenigen dar, welche tatsächlich an einer Schulung interessiert sind. Interessanterweise stellt man fest, dass die Anreisebereitschaft aller Befragten und die Antworten der 380 befragten Personen, welche tatsächlich an einer Schulung interessiert sind, sehr nahe beieinander liegen. Der Median, also die 50-Prozent-Grenze, unterscheidet sich mit 50 Kilometer, um nur 5 Kilometer.

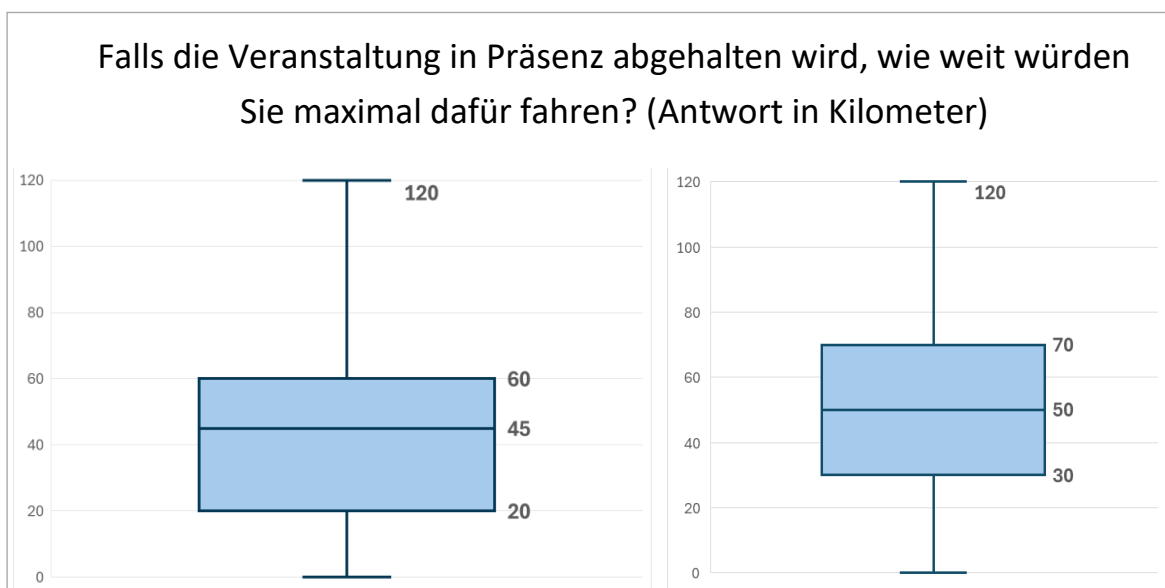


Abbildung 18: Anreisebereitschaft aller befragten Betriebsführenden in Kilometer, dargestellt als Boxplot-Diagramm, n=523

Abbildung 19: Anreisebereitschaft der tatsächlich Interessierten in Kilometer, dargestellt als Boxplot-Diagramm, n=380

### 8.1.3. Jahreszeit der Schulung

Gerade in saisonalen Branchen wie der Landwirtschaft spielt der Zeitraum, in dem Schulungen angeboten werden, eine entscheidende Rolle. Je nachdem, ob Weiterbildungen in arbeitsintensive oder ruhigere Phasen fallen, variiert die Teilnahmebereitschaft deutlich. Vor diesem Hintergrund wurde die Frage „Welche Jahreszeit bietet sich für Sie am besten an, um bei einer Weiterbildung teilzunehmen? (mehrere Antworten möglich)“ gestellt. Die Ergebnisse sollen Auskunft darüber liefern, wie hoch die Teilnahmebereitschaft in den verschiedenen Jahreszeiten ist. Die Abbildung 20 stellt dies graphisch dar. Dabei wird sehr deutlich klar, dass mit Abstand die höchste Teilnahmebereitschaft, mit 91 Prozent, im Winter liegt. In allen anderen Jahreszeiten erreicht man jeweils nur, teilweise weit, unter 30 Prozent der Landwirte und Landwirtinnen. Am geringsten ist die Teilnahmebereitschaft im Sommer, in den Sommermonaten würden nur acht Prozent der Befragten an Schulungen teilnehmen. Die Abweichung der Angaben aller Befragten und der Angaben derjenigen, welche tatsächlich Interesse angeben ist vernachlässigbar. Nur im Frühjahr mit einer Teilnahmebereitschaft von 28 Prozent der Interessierten und einer Bereitschaft von 24 Prozent aller Befragten ist ein leichter Unterschied erkennbar.

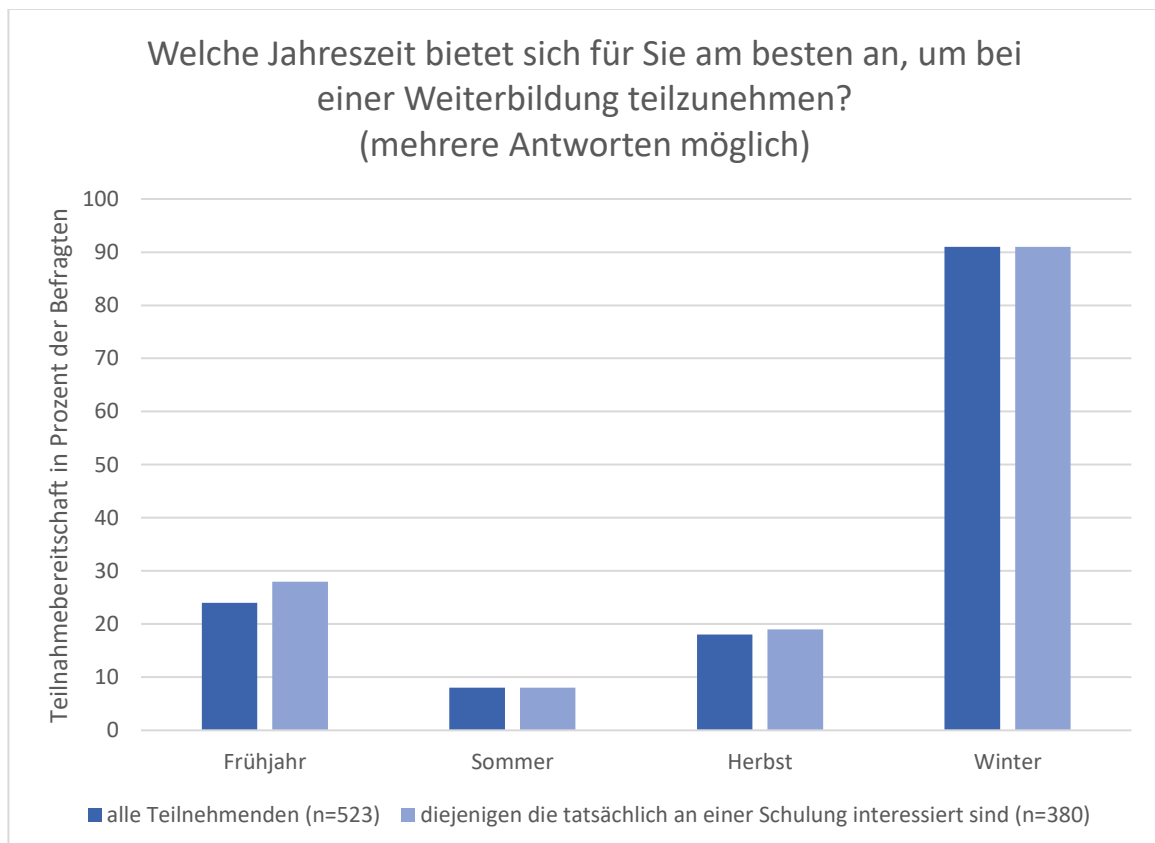


Abbildung 20: Teilnahmebereitschaft an Smart-Farming-Schulungen abhängig von der Jahreszeit, Umfrage der Betriebsführenden

#### 8.1.4. Zahlungsbereitschaft für Smart-Farming-Schulungen

Eine weitere wesentliche Kennzahl in Bezug auf Erwartungen und Anforderungen von Landwirte und Landwirtinnen auf Smart-Farming-Schulungen sind die Kosten für diese Weiterbildungen. Die Frage „Wie viel würden Sie für eine Weiterbildung zu einer Smart Farming Technologie maximal pro Stunde bezahlen? (Antwort bitte in Euro)“ soll Auskunft über die Zahlungsbereitschaft liefern. Auch diese Frage wurde mit Hilfe eines Boxplot-Diagramms ausgewertet. Die Ausreißergrenze nach Tukey's 1,5 IQR Regel liegt bei 85 Euro pro Stunde. Davon waren 35 von 523 Angaben betroffen. Der Mittelwert der Zahlungsbereitschaft, nach Bereinigung der Ausreißer, liegt bei 22 Euro pro Schulungsstunde. Der Median, also der Wert welcher 50 Prozent der Befragten bereit wären für eine Schulungsstunde zu bezahlen, liegt bei 20 Euro. Zehn Euro pro Stunde sind für 75 Prozent akzeptabel. Bei 40 Euro pro Stunde würden nur noch 25 Prozent teilnehmen. Die untenstehende Abbildung 21 beschreibt die Zahlungsbereitschaft als Boxplot-Diagramm. Die Zahlungsbereitschaft derjenigen, welche tatsächlich an einer Schulung interessiert sind, unterscheidet sich nur äußerst gering mit den Angaben aller Befragten. Selbst wenn man die 66 Befragten (12,6 Prozent) welche keine Zahlungsbereitschaft haben, also null Euro pro Stunde angeben, in der Auswertung entfernt, kommt man auf ein sehr ähnliches Ergebnis. Die Zahlungsbereitschaft liegt hier bei einem Mittelwert von 25,6 Euro pro Stunde, der Median nach wie vor bei 20 Euro pro Stunde. Die 75 Prozent-Akzeptanz-Grenze, also das erste Quartil, liegt ebenfalls bei 10 Euro pro Stunde.

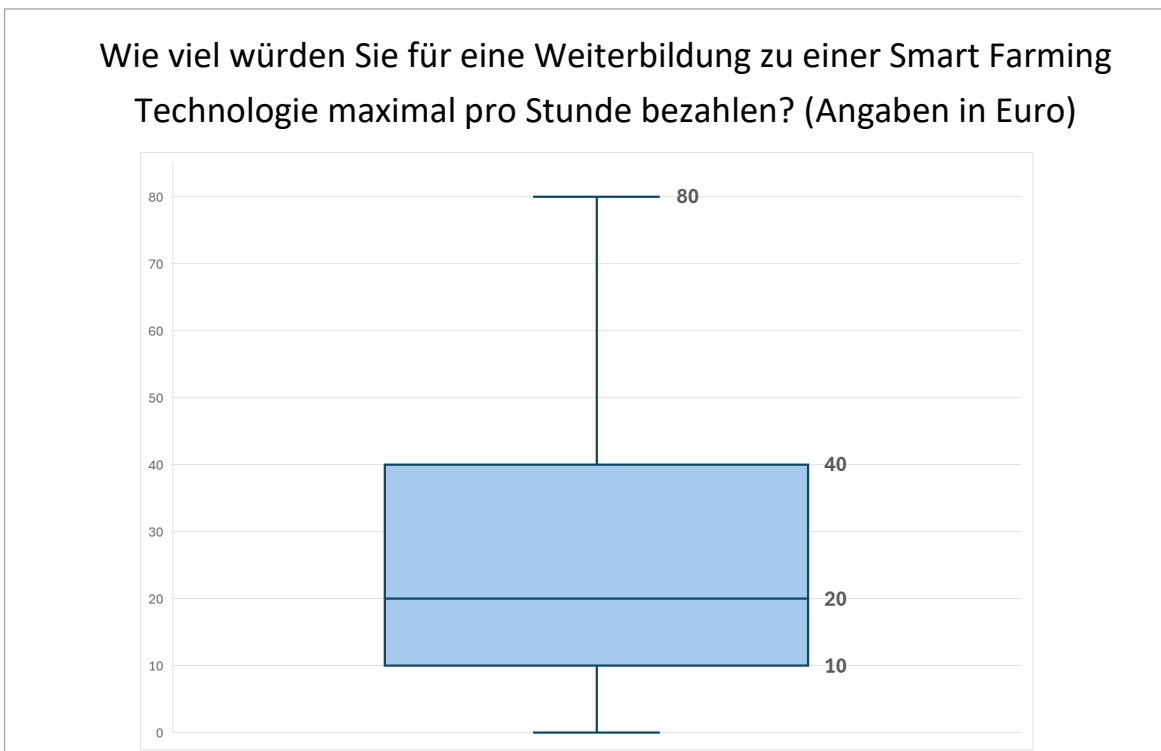


Abbildung 21: Zahlungsbereitschaft für Smart-Farming-Schulungen in Euro pro Schulungsstunde, Umfrage der Betriebsführenden (n=523)

### 8.1.5. Themenschwerpunkte bei Smart-Farming-Schulungen

Wie im Literaturteil sehr ausführlich beschrieben ist das Fachgebiet rund um Smart Farming sehr breit gefächert. Um in Schulungen die Schwerpunkte so zu setzen, dass den Erwartungen und Anforderungen der Landwirte und Landwirtinnen gerecht wird, wurde eine optionale Frage nach den Wunschthemen gestellt. Diese war eine offene Frage: „In welchen konkreten Themen im Bereich von Smart Farming würden Sie sich gerne weiterbilden?“ mit einem Textfeld als Antwortmöglichkeit. Die Antworten wurden in 5 verschiedene technische Kategorien kategorisiert. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick wie viele Antworten den technischen Kategorien zugeordnet werden können. Dabei wird ersichtlich, dass das Thema rund um GNSS Positionierungs- und Lenksysteme am häufigsten genannt wurde. Die Themen Robotik und Automatisierung, Fernerkundung und Sensorik sowie Telemetrie und Farmmanagementsoftwares wurden jeweils zwischen 25 und 30 mal genannt. 16 Nennungen fielen auf ISOBUS und teilflächenspezifische Bewirtschaftung.

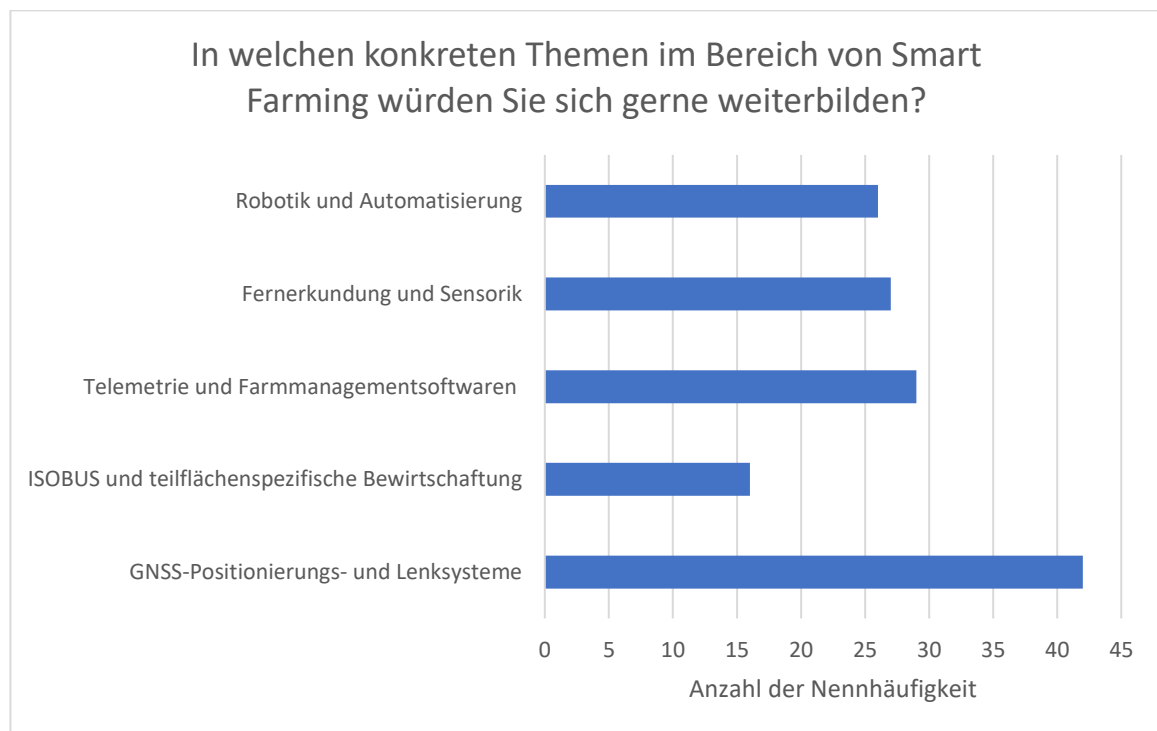


Abbildung 22: Wunschthemen zusammengefasst in technischen Kategorien, Anzahl der Nennhäufigkeit, Umfrage der Betriebsführenden (n=523)

Die landwirtschaftlichen Einsatzgebiete reichten von der Innenwirtschaft im Stall bis hin zu der Außenwirtschaft am Feld. Viele Antworten bezogen sich auf die Tierhaltung und Fütterung. Die untenstehende Wortwolke bietet Einsicht in die Originalantworten und – je nach Schriftgröße – in die Häufigkeit der Nennung. Die Schlagwörter, welche sofort auffallen, wurden häufiger genannt als jene, welche nur sehr klein visualisiert wurden.



## 8.2. Informationsquellen über das Stattfinden der Schulung

Die 96 Schulungsteilnehmenden, die im Anschluss an den Kurs an der Umfrage teilnahmen, wurden unter anderem zu den Informationsquellen befragt, über die sie vom Kurs erfahren hatten und wie sie darauf aufmerksam geworden waren. Dieses Kapitel beleuchtet die Ergebnisse näher. Die Frage lautete: „Wie sind Sie auf den besuchten Kurs bzw. die Schulung aufmerksam geworden?“ Es standen mehrere Antwortmöglichkeiten zur Auswahl, wobei Mehrfachnennungen möglich waren. Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse.

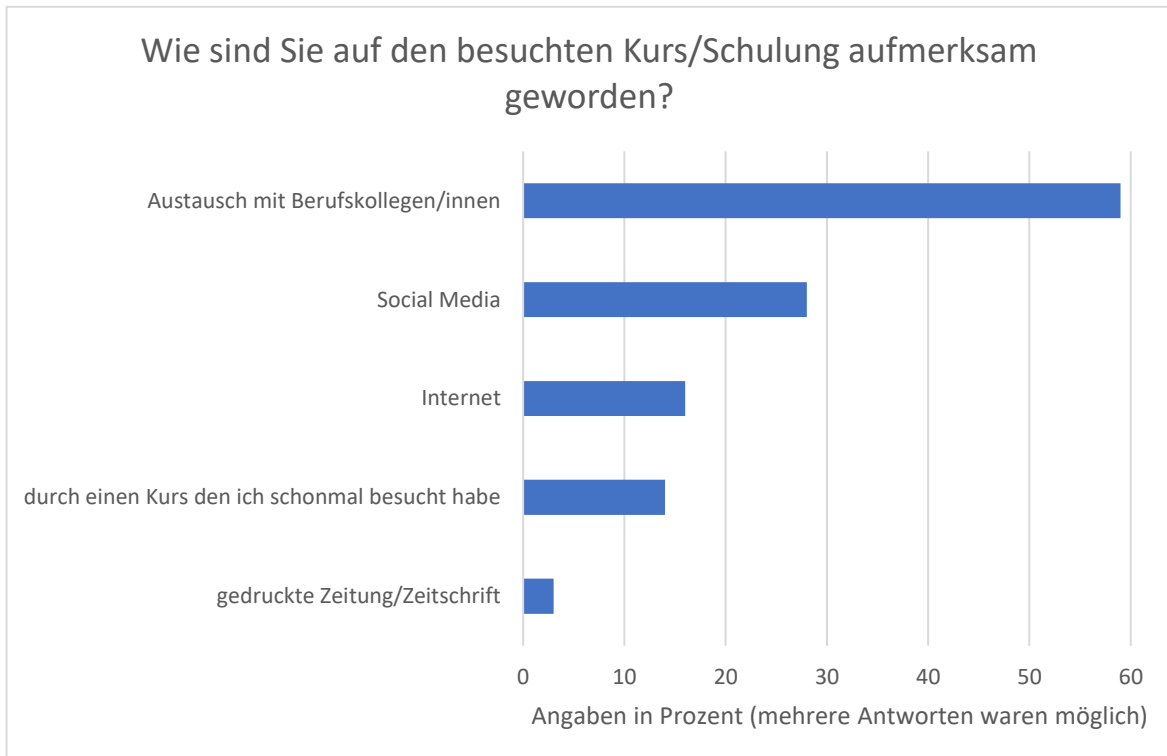
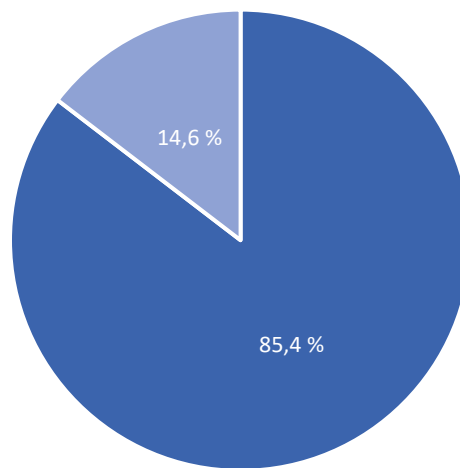


Abbildung 24: Informationsquellen über den besuchten Kurs, Umfrage der Schulungsteilnehmenden (n=96)

59 Prozent der Kursteilnehmer und Teilnehmerinnen gaben an, über den besuchten Kurs von Berufskollegen oder Kolleginnen erfahren zu haben. Social Media als Informationsquelle für das Stattfinden des Kurses nannten 28 Prozent der Befragten. Das Internet (exklusiv Social Media) und durch einen Kurs der schonmal besucht wurde, waren für 16 bzw. 14 Prozent der Teilnehmenden die ausschlaggebende Informationsquelle. Drei Prozent fanden in einer gedruckten Zeitung oder Zeitschrift einen Hinweis auf den besuchten Kurs.

Auf die Frage: „Haben Sie aktiv nach dem besuchten Kurs gesucht oder sind Sie zufällig darauf aufmerksam geworden?“ gaben 85,4 Prozent der Teilnehmenden an zufällig auf den Kurs aufmerksam geworden zu sein. 14,6 Prozent haben aktiv nach einer Schulung gesucht. Diesen Sachverhalt stellt das folgende Kreisdiagramm dar.

Haben Sie aktiv nach dem besuchten Kurs gesucht oder sind Sie zufällig darauf aufmerksam geworden?



■ ich bin zufällig darauf aufmerksam geworden ■ ich habe aktiv danach gesucht

Abbildung 25: Wie wurden die Teilnehmenden auf den besuchten Kurs aufmerksam, Umfrage der Schulungsteilnehmenden (n=96)

### 8.3. Auswirkungen von Smart-Farming-Schulungen auf die Teilnehmenden

Dieses Kapitel soll Aufschluss darüber geben, welche Effekte und Auswirkungen Schulungen im Bereich Smart Farming auf die teilnehmenden Landwirte und Landwirtinnen haben. Insbesondere soll der Einfluss auf die zukünftige Investitionsplanung und auf die generelle Einstellung zu diesen Technologien ermittelt werden.

#### 8.3.1. Veränderung der Haltung gegenüber Smart Farming

Wie sich die Einstellung zu Smart-Farming-Technologien durch besuchte Schulungen in diesem Bereich verändert soll in diesem Kapitel beschrieben werden. Um dies zu untersuchen, wurde die Frage gestellt, ob die persönliche Einstellung gegenüber Smart Farming durch den besuchten Kurs positiver und befürwortender geworden ist. Bemerkenswerte 99 Prozent stimmten dieser Aussage zu. 52 Prozent stimmten „voll“ zu, 47 Prozent stimmten „eher“ zu. Ein Prozent der Teilnehmenden gab an, dass die persönliche Einstellung gegenüber Smart Farming durch den besuchten Kurs „eher“ nicht befürwortender wurde. Das folgende Säulendiagramm bildet dies graphisch dar.

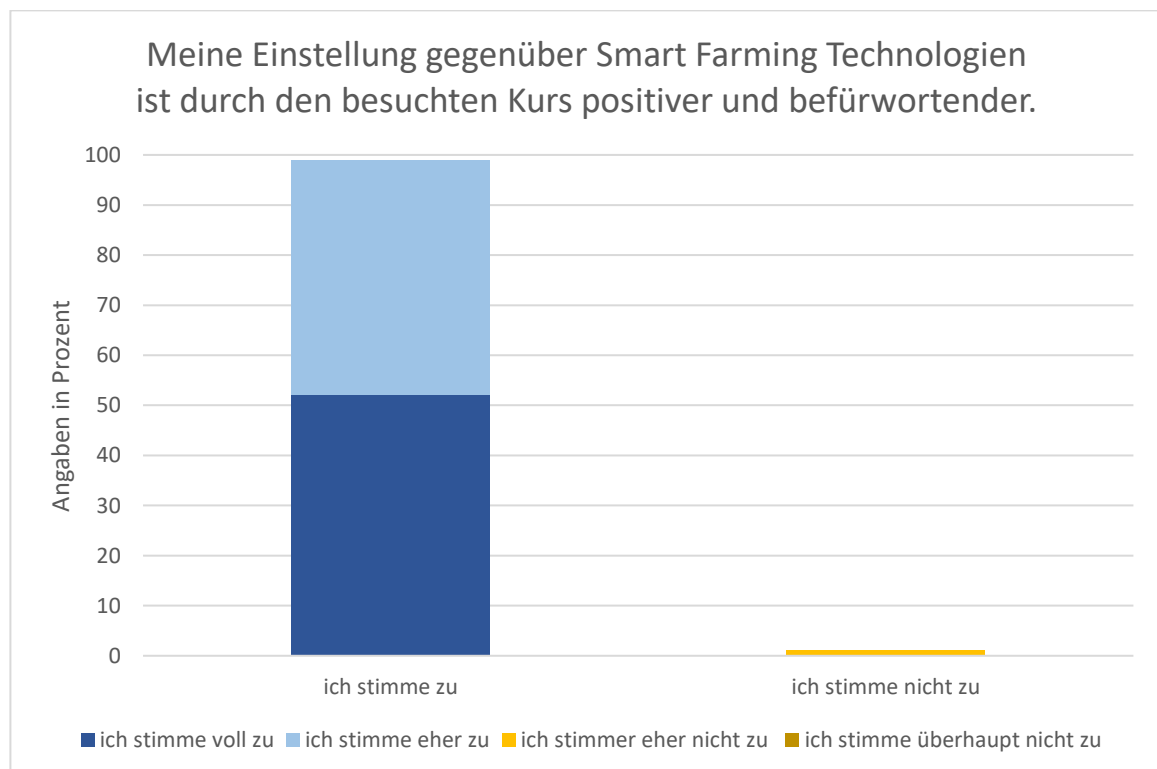


Abbildung 26: Veränderung der Einstellung gegenüber Smart Farming durch eine absolvierte Schulung, Umfrage der Schulungsteilnehmenden (n=96)

### 8.3.2. Auswirkung auf die Investitionspläne

Ob und wie sich Smart-Farming-Schulungen auf die zukünftigen Investitionen der Landwirte und Landwirtinnen auswirken soll in diesem Teil der Masterarbeit beschrieben werden.

Die Frage „Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie innerhalb der nächsten 3 Jahre in Smart-Farming-Technologien investieren?“ wurde sowohl in der Umfrage an die landwirtschaftlichen Betriebsführenden, als auch an die spezifische Gruppe welche bereits eine Smart-Farming-Schulung absolviert hat, gestellt. Dieser Vergleich soll zeigen, ob es bei den Schulungsteilnehmenden ein höheres Interesse an Smart-Farming-Investitionen, im Vergleich zu der Grundgesamtheit, gibt.

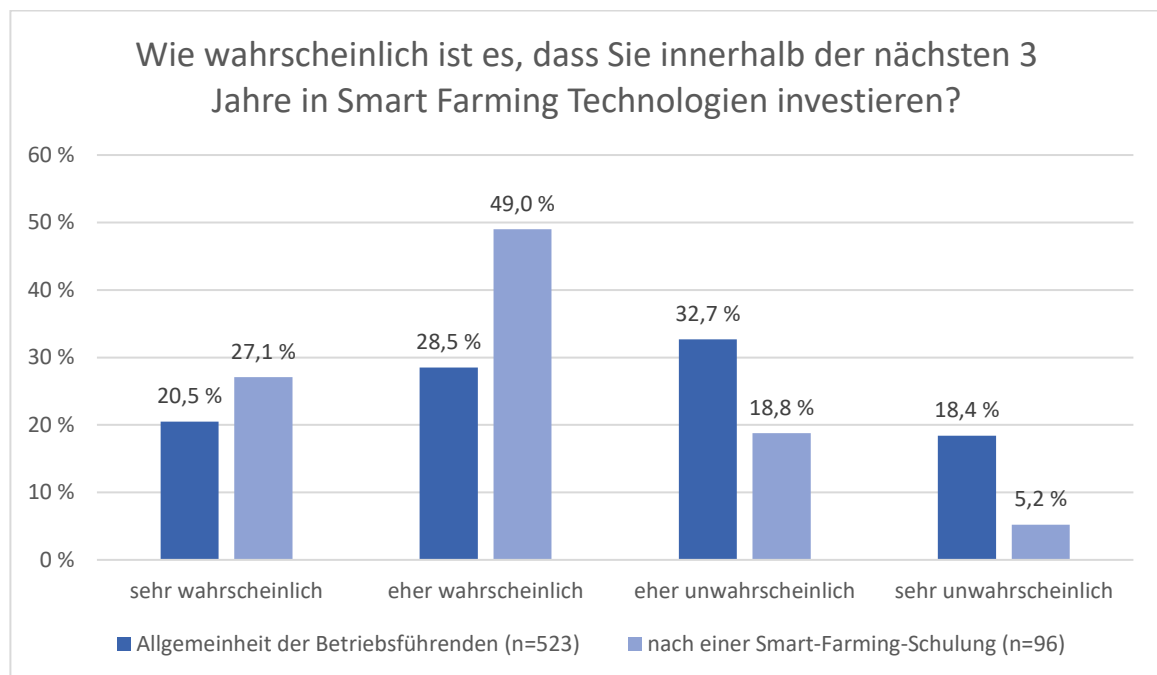


Abbildung 27: Vergleich der Investitionswahrscheinlichkeit in Smart-Farming-Technologien von beiden Umfragegruppen

Wie in der obenstehenden Darstellung ersichtlich, schätzen nach einer Smart-Farming-Schulung 76,1 Prozent der Schulungsteilnehmenden es für wahrscheinlich ein in den nächsten drei Jahren in diesem Bereich eine Investition zu tätigen. Im Vergleich dazu liegt dieser Wert bei der Allgemeinheit der Betriebsführenden bei 49 Prozent. Dieser Vergleich deutet darauf hin, dass die Teilnehmenden einer Smart-Farming-Schulung ein höheres Investitionsinteresse als die Grundgesamtheit aufweist.

Ob jedoch dieses Interesse durch den Besuch der Schulung gestärkt wurde oder ob es schon vor der Schulung im selben Ausmaß vorhanden war, soll im nächsten Abschnitt geklärt werden. Dafür wurde den Schulungsteilnehmenden nach der Schulung die Frage „Hat der besuchte Kurs einen Einfluss auf ihre zukünftigen Investitionspläne?“ gestellt. Dabei gaben 73 Prozent an, dass die besuchte

Schulung entweder einen „großen“ oder „eher“ einen Einfluss auf zukünftige Investitionspläne hat. Von „eher“ keinen oder „gar“ keinen Einfluss sprechen nur 27 Prozent der Schulungsteilnehmenden nach dem Kurs.

Auf die konkrete Frage, ob nach dem besuchten Kurs eine Investition in Smart-Farming-Technologien wahrscheinlicher ist als zuvor, stimmten 68,7 Prozent eher zu, 14,6 Prozent stimmten voll zu. „Gar nicht“ stimmten nur 4,2 Prozent der Schulungsteilnehmenden zu. Die Antwort „ich stimme eher nicht zu“ wählten 12,5 Prozent. Die Ergebnisse visualisiert die untenstehende Abbildung.

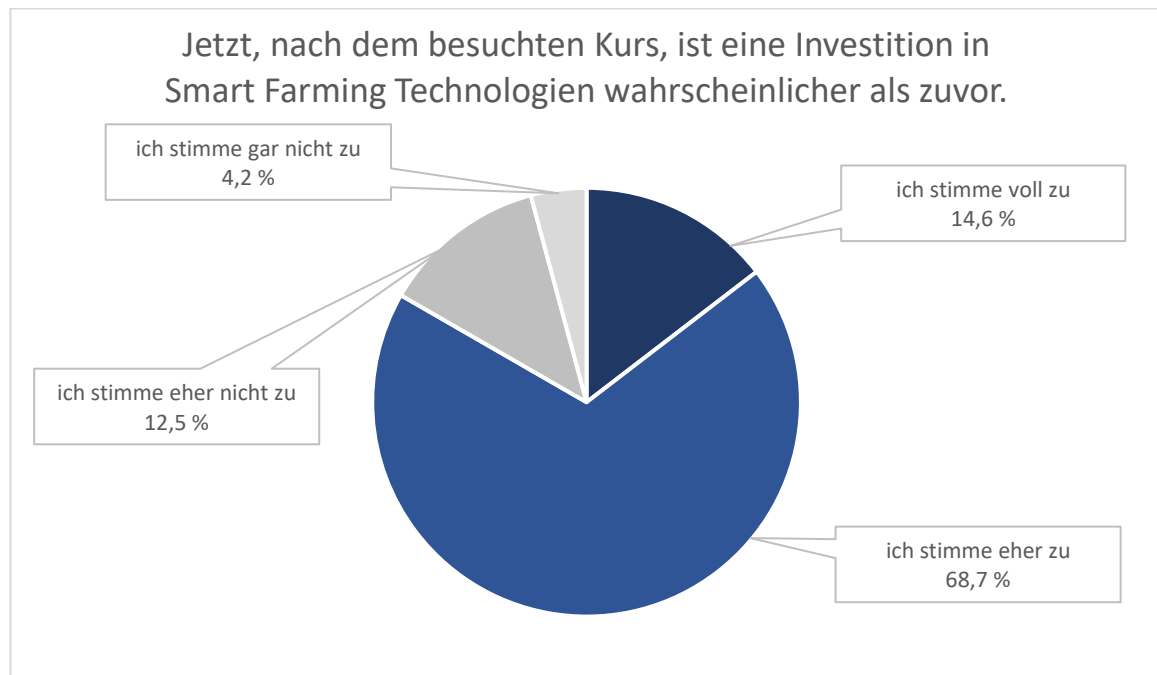


Abbildung 28: Veränderung der Investitionsbereitschaft durch den Besuch einer Schulung, Umfrage der Schulungsteilnehmenden (n=96)

Die Grafik zeigt, dass 83,3 Prozent der Schulungsteilnehmenden nach der Schulung angeben, eine Investition in Smart-Farming-Technologien sei nach dem Kurs wahrscheinlicher als zuvor.

Ein weiterer Hinweis wie wichtig Schulungen bzw. der Wissensstand für die Investitionspläne in der Landwirtschaft sind, zeigt die Frage nach den Hemmnissen in Smart Farming zu investieren. Die konkrete Frage „Was hält Sie davon ab, in Smart-Farming-Technologien zu investieren?“ beantworteten 45 Prozent mit „fehlendes Wissen“ dies war gemeinsam mit „fehlende Kompatibilität mit vorhandenen Geräten“ das zweit häufigste genannte Hemmnis. Nur „zu hohe Kosten“ wurde mit 60 Prozent öfters genannt. Das viert häufigste genannte Hemmnis ist das subjektive Empfinden nach einem zu geringen Nutzen von Smart Farming. Diese Antwort gaben 32 Prozent der Befragten an. Die folgenden Darstellung gibt einen Überblick über alle genannten Hemmnisse und deren Häufigkeit in Prozent.

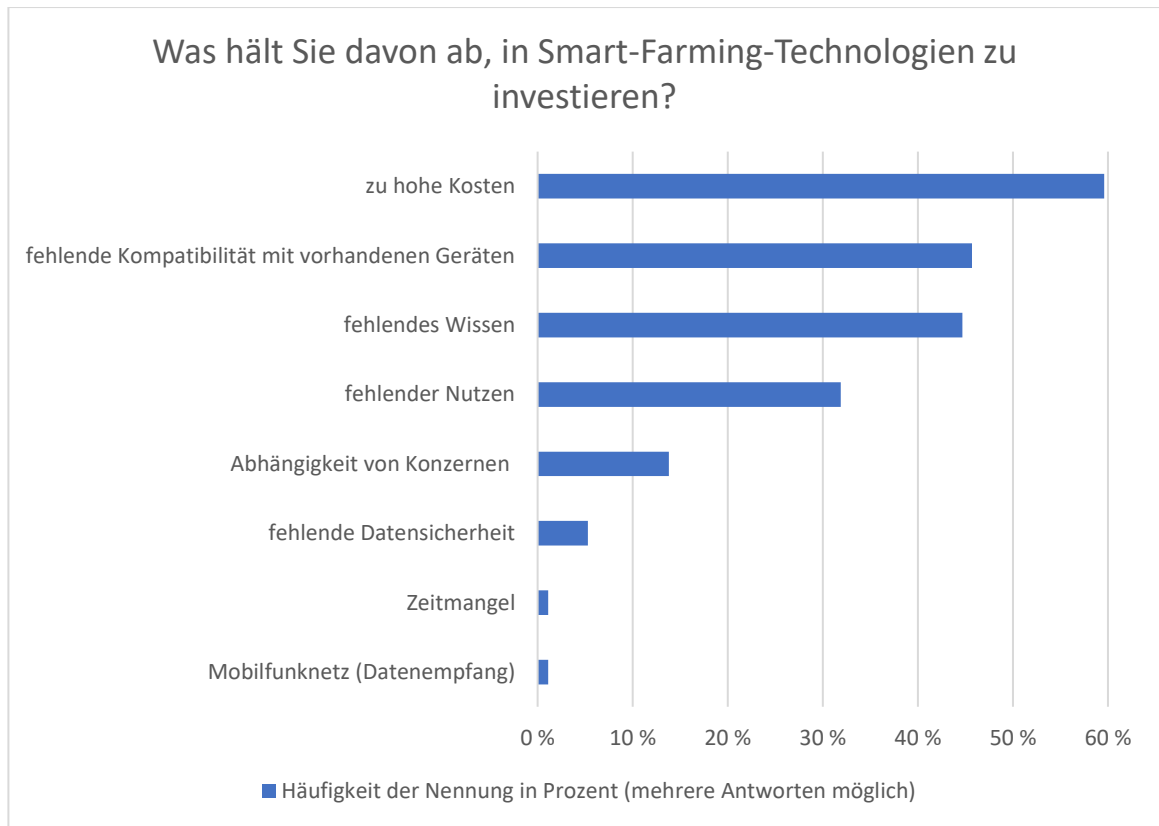


Abbildung 29: Hemmnisse einer Investition in Smart Farming, Umfrage der Schulungsteilnehmenden (n=96)

## 9. Diskussion

Im Folgenden werden die ausgewerteten Ergebnisse diskutiert und auch die Ergebnisse in mit anderen Quellen verglichen. Besonderer Schwerpunkt wird auf die Diskussion der Anforderungen an Smart-Farming-Schulungen, die Zahlungsbereitschaft und die Auswirkungen von Smart-Farming Schulungen gelegt.

### 9.1. Diskussion von Methodik und Ergebnissen

Die Ergebnisse des empirischen Teils liegen den beiden, im Rahmen dieser Masterarbeit, durchgeführten Studien zugrunde. Die erste Umfrage, welche an alle landwirtschaftlichen betriebsführenden Personen gerichtet war, schaffte eine Stichprobengröße von 523 Teilnehmenden. Eine Studie mit über 500 Rückläufern ist positiv zu betrachten, die Grundgesamtheit von 101.036 landwirtschaftlichen Betriebsführenden im Jahr 2023 in Österreich relativiert dies jedoch (Statistik Austria 2025). Somit haben 0,52 Prozent der landwirtschaftlichen Betriebe an der Studie teilgenommen.

In der Stichprobe dieser Studie sind die jungen und gut gebildeten Betriebsführenden überrepräsentiert. Die folgende Grafik zeigt den Vergleich der Altersstruktur in der Stichprobe mit der Grundgesamtheit. Dabei wird ersichtlich, dass die unter 35-jährigen deutlich überrepräsentiert sind. Vor allem die über 55-jährigen sind in der Stichprobe unterrepräsentiert.

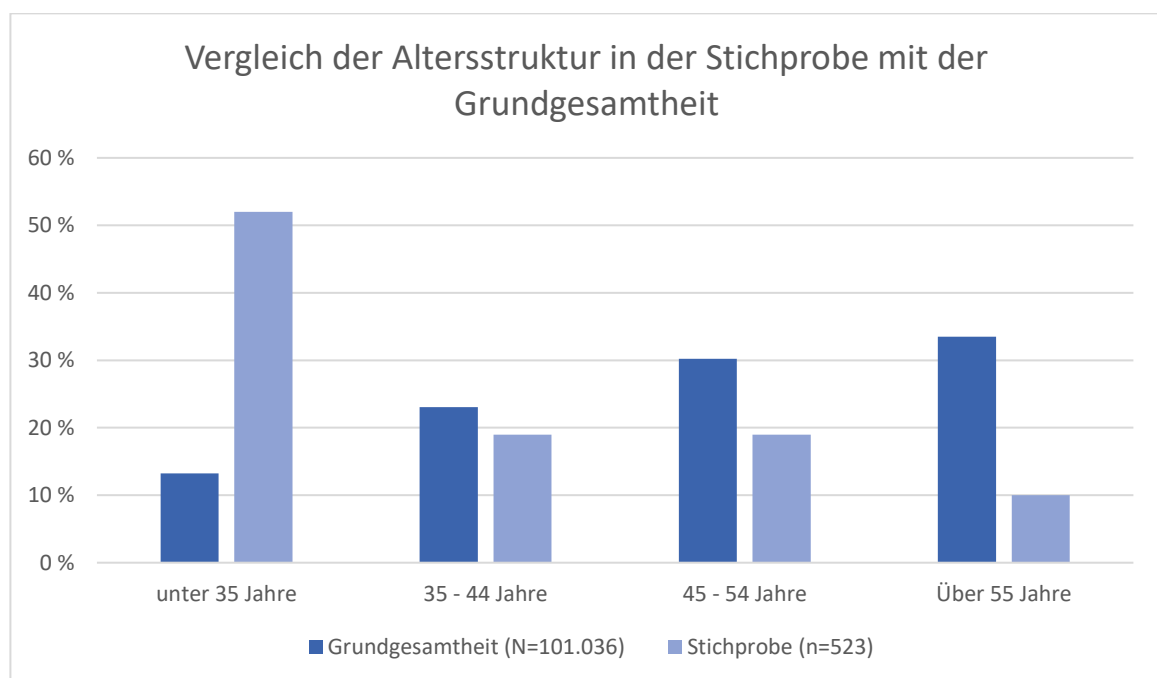


Abbildung 30: Vergleich der Altersstruktur, Quelle der Grundgesamtheitsdaten: (Statistik Austria 2023)

Auch in Bezug auf den höchsten Bildungsabschluss, stellt sich heraus, dass die Personen mit einer abgeschlossenen Matura oder Studium in der Stichprobe deutlich überrepräsentiert werden. In der Stichprobe hatten 38 Prozent einen Maturaabschluss und 22 Prozent ein Studium als höchsten Bildungsabschluss. In der Literatur findet man verschiedene Daten der Grundgesamtheit. Es dürfte jedoch klar sein, dass die Werte in der Stichprobe jene der Grundgesamtheit, deutlich übertreffen.

Der Überhang an jungen und höher gebildeten Personen in der Stichprobe kann vermutlich durch die gewählte Erhebungsmethode und den digitalen Verteilungsweg erklärt werden. Die Befragung wurde mittels eines standardisierten Onlinefragebogens durchgeführt, der ausschließlich digital verbreitet wurde. Es ist anzunehmen, dass dieser Verteilungsweg die erhöhte Teilnahme von jungen Personen, welche tendenziell höher gebildet sind, fördert. Auch das Thema Smart Farming spricht vermutlich diese, überrepräsentierte, Gruppe besser an, dies kann in einem erhöhten Rücklauf resultieren.

Nichtsdestotrotz stimmen Ergebnisse der Umfrage mit der repräsentativen Studie (KeyQuest und LFI Österreich 2021) überein. So zum Beispiel die Frage nach dem Interesse an Smart-Farming-Schulungen welche in der repräsentativen Studie 68 Prozent mit „ja“ beantworteten. In der Stichprobe dieser Masterarbeit, vier Jahre später, sind es wie in den Ergebnissen beschrieben, 73 Prozent. Der Unterschied von fünf Prozentpunkten, könnte durchaus mit den vier Jahre Unterschied im Befragungsdatum erklärt werden. Das Interesse an Smart Farming steigt aufgrund der schnellen Entwicklung an. Natürlich kann auch das durchschnittlich jüngere Alter, für das leicht erhöhte Interesse verantwortlich sein. Denn die Altersgruppe der unter 35-jährigen haben das höchste Interesse an Schulungen. In der repräsentativen Umfrage von (KeyQuest und LFI Österreich 2021) gaben 83 Prozent dieser Altersgruppe Interesse an. In der Umfrage dieser Masterarbeit sind es in der identen Altersgruppe 81 Prozent.

Ein weiterer Vergleich bestätigt die Präzision der Ergebnisse, die im Jahr 2024 von der Landwirtschaftskammer Österreich gemeinsam mit dem LFI Österreich und dem Verein „fit4internet“ publizierte Umfrage Digital Skills Barometer, welche eine Stichprobengröße von 517 Betriebsführenden aufweist, kommt zu sehr ähnlichen Ergebnissen. In der Umfrage dieser Masterarbeit stimmten, wie oben beschrieben, 73 Prozent der Befragten zu „Interesse an einer Smart-Farming-Schulung“ zu haben. In der Umfrage (Digital Skills Barometer - LFI Österreich - fit4internet 2024) stimmten 74 Prozent der Befragten zu „mit den technologischen Entwicklungen und digitalen Anwendungen Schritt halten“ zu wollen. Diese Ergebnisse stimmen vollständig überein. Selbst wenn man das Ergebnis aufschlüsselt in „ich stimme vollkommen zu“ und „ich stimme eher zu“, sieht man wie deckungsgleich die beiden Ergebnisse sind. In der Umfrage dieser Masterarbeit stimmten 52 Prozent „eher“ zu wobei es nach (Digital Skills Barometer - LFI Österreich - fit4internet 2024)

ebenfalls 52 Prozent sind. Die Werte für die völlige Zustimmung sind 21 Prozent bzw. 22 Prozent. Auch dieses Ergebnis zeigt wie valide die Werte der Umfrage sind.

Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung graphisch dargestellt.

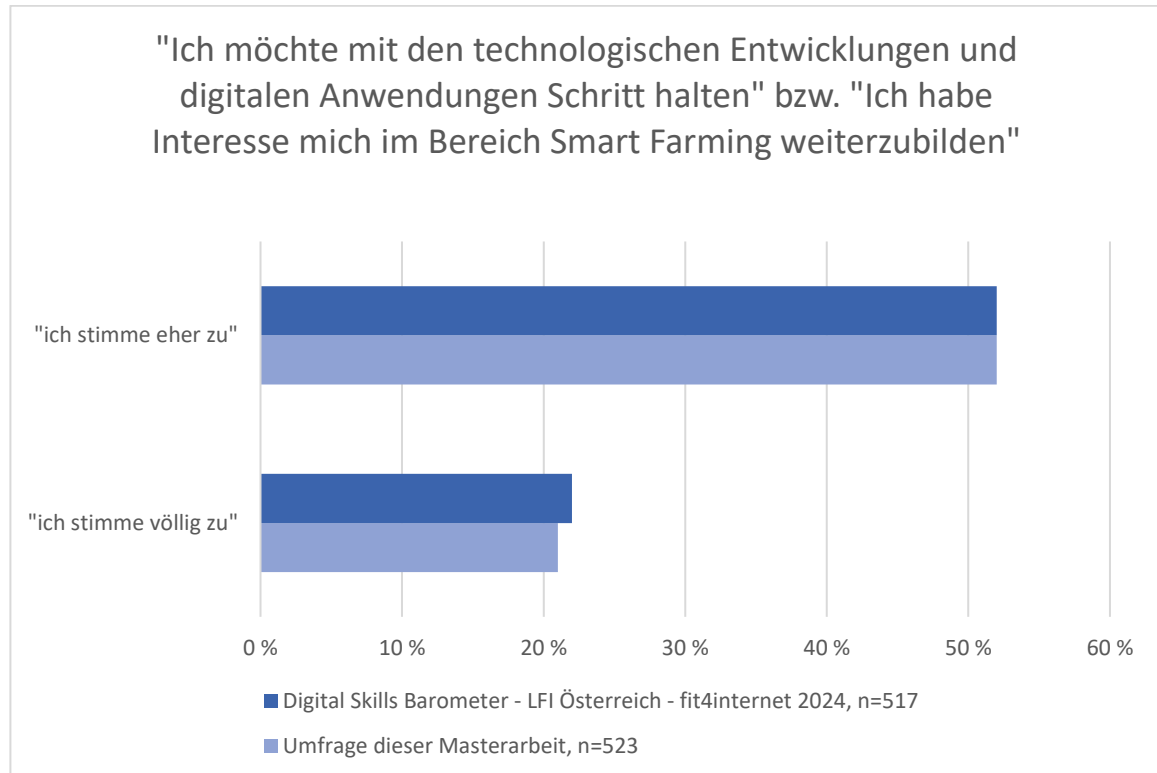


Abbildung 31: Konvergenz zwischen dem Ergebnis nach (Digital Skills Barometer - LFI Österreich - fit4internet 2024) sowie dem Ergebnis dieser Masterarbeit

Ein zweiter Vergleich lässt sich mit den Ergebnissen der (KeyQuest und LFI Österreich 2021) Umfrage und der dieser Masterarbeit ziehen. Die Frage bezüglich der Einstellung zu Smart-Farming-Technologien wurde in beiden Umfragen gestellt. Die Frage wurde auf einer Skala von 1 bis 10 beantwortet, wobei 10 für „sehr befürwortend“ und 1 für „sehr ablehnend“ steht. Um die Antworten der beiden Umfragen vergleichbar zu machen wurden diese kategorisiert. Die jeweils höchste und niedrigste Antwort, also 1 und 10, wurden als sehr negativ bzw. sehr positiv eingeordnet. Die zwei nächsten Antworten in beide Richtungen, also 2 und 3 bzw. 8 und 9 stellten die Kategorie eher negativ und eher positiv dar. Die Antworten dazwischen wurden als neutral gewertet.

Die folgende Grafik zeigt die Ähnlichkeit der Ergebnisse. Dabei fällt auf, dass die Resultate nahezu identisch sind. Diese ausgeprägte Konvergenz mit der repräsentativen Studien von (KeyQuest und LFI Österreich 2021) lässt auf eine hohe Qualität der Umfrage und der Ergebnisse schließen.

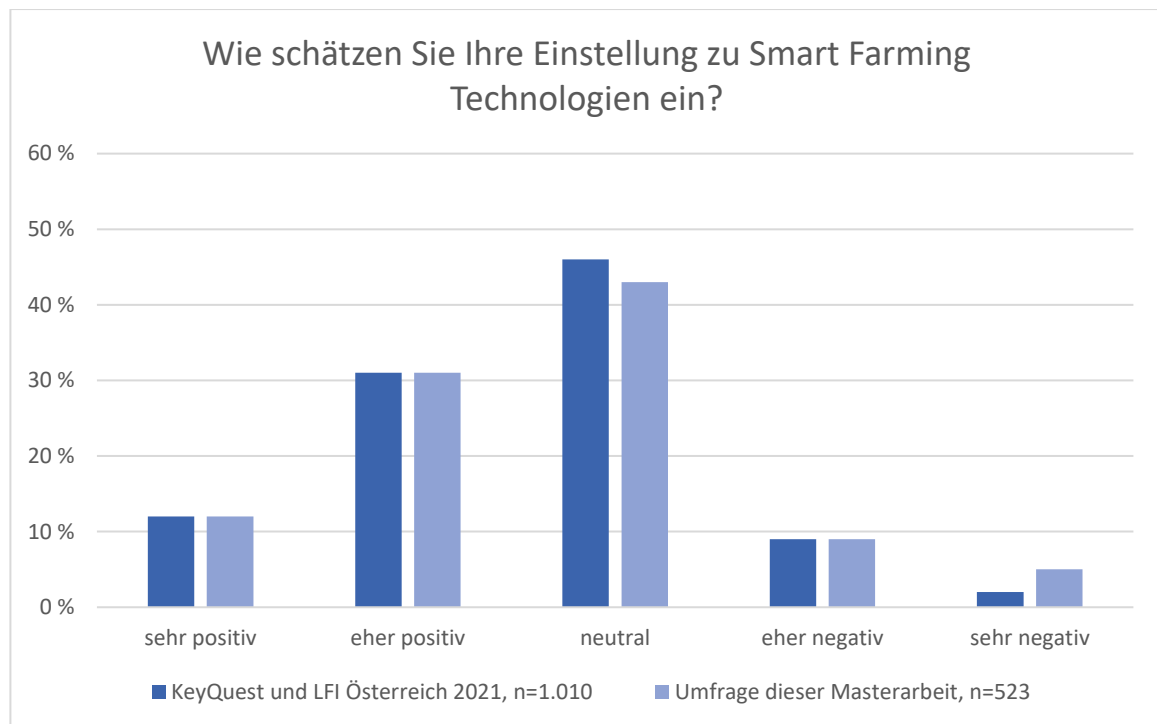


Abbildung 32: Konvergenz zwischen dem Ergebnis nach (KeyQuest und LFI Österreich 2021) sowie dem Ergebnis dieser Masterarbeit

Die zweite Umfrage dieser Masterarbeit wurde gezielt an Landwirte und Landwirtinnen gerichtet, welche in den Wochen und Monaten vor der Umfrage eine Schulung im Bereich Smart Farming absolviert hatten. Dabei spielte die „Innovation Farm“, eine Einrichtung des Bundesministerium für Landwirtschaft, mit Fokus auf Digitalisierung und Smart Farming, eine wichtige Rolle. Diese Institution führte die professionellen Smart-Farming-Schulungen durch und stellte mir die Adressen der Schulungsteilnehmer für meine Befragung zur Verfügung. Der Rücklauf betrug 96 Teilnehmende, davon haben alle eine Smart-Farming-Schulung absolviert. Soweit ersichtlich, existieren in der aktuellen Fachliteratur keine empirischen Studien, die sich spezifisch an Teilnehmende von Smart-Farming-Schulungen richten. Diese Umfrage der Masterarbeit trägt daher zur Schließung einer bislang wenig erforschten Lücke bei.

Eine erste und für mich sehr wesentliche Erkenntnis war die Aussage der Abbildung 14. Während der Auswertung und der Erstellung dieser Grafik merkte ich, dass diese Visualisierung die Motivation meiner Masterarbeit sehr gut beschreibt. Ein sehr großer Teil der Landwirte und Landwirtinnen sind an Smart-Farming-Schulungen interessiert, aber nur ein kleiner Teil davon macht tatsächlich Schulungen in diesem Bereich. Neun von zehn Personen, welche tatsächlich eine Schulung besucht haben, zeigen Interesse für weitere Smart-Farming-Schulungen. Die folgenden Kapitel sollen eine Diskussion anregen und auch eine Empfehlung sein, welches Angebot es braucht, um die Teilnahme zu erhöhen.

## 9.2. Diskussion der Anforderungen an Smart-Farming-Schulungen

Die Ergebnisse im Kapitel „Bevorzugte Institutionen für Smart Farming Schulungen“ verdeutlichen, dass eine Vielzahl unterschiedlicher Bildungsträger erforderlich ist, um den heterogenen Weiterbildungspräferenzen im Bereich Smart Farming gerecht zu werden – eine universelle Lösung existiert nicht.

Selbst bei den Personen, die sehr großes Interesse an einer Weiterbildung haben, erreicht die häufigste genannte Institution nur 58 Prozent. Also nur gut jede/r zweite würde eine Weiterbildung bei der Landwirtschaftskammer/LFI machen. Ähnlich hohe Werte erreicht der Landtechnikvertrieb und die Landwirtschaftsschulen.

Die Kammer bzw. das LFI als Fortbildungsinstitut sind naheliegend für Smart Farming Schulungen. Dieses Angebot gibt es bereits. Die Landwirtschaftsschulen und auch der Landtechnikvertrieb in Österreich bietet aktuell kaum Weiterbildungen an. Ich denke gerade für Landwirtschaftsschulen, welche immer häufiger mit sinkenden Anmeldezahlen zu kämpfen haben, könnte das eine interessante Alternative sein. Angesichts der erforderlichen geografischen Nähe zum Schulungsort haben die Landwirtschaftsschulen ein erhebliches Potential.

Wie im Kapitel Schulungsformat und Anreisebereitschaft erläutert, sollte der Schulungsort höchstens 30 Kilometer vom jeweiligen Wohnort entfernt sein, damit nicht schon vorab mehr als ein Viertel, der potenziell Interessierten, ausgeschlossen wird. Die Anreisebereitschaft aller Befragten unterscheidet sich nur geringfügig von jener der tatsächlich Interessierten. Dies deutet darauf hin, dass die Anreiseentfernung einen wesentlichen Einflussfaktor darstellt und selbst bei hohem Interesse an einem Kurs ein ausschlaggebendes Ausschlusskriterium sein kann. Daher bedarf es eines flächendeckenden Netzes an Schulungsangeboten in Österreich.

In Österreich gibt es 44 landwirtschaftliche Schulen, verteilt auf alle neun Bundesländer. Zieht man um jede Schule einen Umkreis von 30 Straßenkilometern, entsteht ein Netz, das große Teile des Landes abdeckt. In der folgenden Grafik wurde dieser Abstand in Luftlinie umgerechnet: Statt 30 Straßenkilometern wurde ein Radius von 21,4 Kilometern verwendet. Dieser Wert ergibt sich, wenn man die 30 Kilometer durch den gängigen Umrechnungsfaktor 1,4 teilt, der laut (Ballou et al. 2002) als durchschnittliche Annäherung zwischen Straßen- und Luftliniendistanzen dient.

Diese Visualisierung macht deutlich, dass die landwirtschaftlichen Schulen, dank ihrer Vielzahl und Verteilung in Österreich, sehr nahe an den landwirtschaftlichen Betrieben sind. Die nicht abgedeckten Gebiete sind hauptsächlich sehr dünn besiedelte Regionen wie das Hochgebirge oder stark bewaldete Gegenden. Durch diese Nähe, aber nicht zu Letzt auch wegen ihrer hohen Akzeptanz haben die

landwirtschaftlichen Schulen in Österreich ein nennenswertes Potenzial für Smart-Farming-Schulungen.

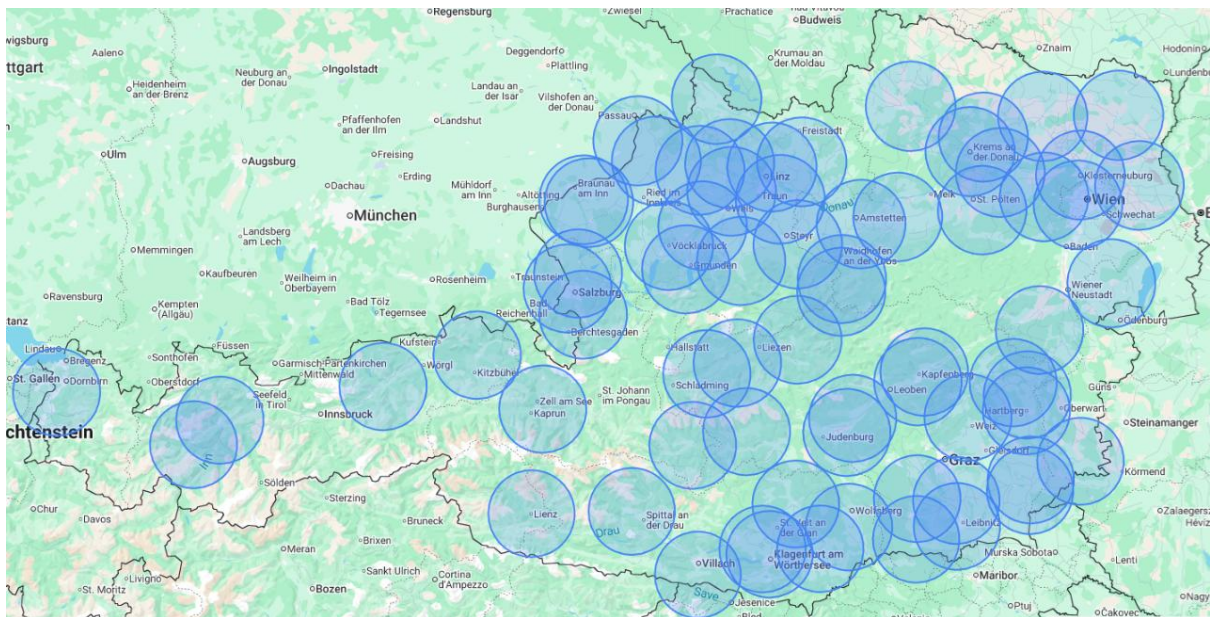


Abbildung 33: Abdeckung der landwirtschaftlichen Schulen in Österreich innerhalb einer für 75 Prozent der interessierten Betriebsleitenden akzeptablen Anreiseentfernung

Die weiteren Auswertungen zeigen, dass es kein einzelnes, allumfassendes Angebot gibt, das alle Interessenten gleichermaßen zufriedenstellt. Es zeigt sich wie heterogen die Bedürfnisse und Erwartungen sind. Das Prinzip „one size fits all“ ist in diesem Fall kein tragfähiger Ansatz.

Ein Beispiel dafür ist die Erwartung an das Format von Smart-Farming-Schulungen. 37 Prozent der tatsächlich interessierten Betriebsführenden würden an einer Präsenzschiulung teilnehmen, 28 Prozent bei einer Onlineschiulung und für 35 Prozent wären beide Varianten in Ordnung. Das bedeutet bei einer Onlineschiulung schließt man automatisch 37 Prozent der Interessierten aus. Bei einer Präsenzschiulung sind es auch mehr als ein Viertel die man mit diesem Angebot nicht erreicht. Dies verdeutlicht, um eine hohe Schuliungsquote zu erreichen, wird es beide Formate benötigen.

Im Gegensatz zum Schuliungsformat, aber auch zu den genauen Themenschwerpunkten und zu den bevorzugten Institutionen, stellt die präferierte Jahreszeit der Schuliung die einzige Anforderung dar, die sehr homogen ist. Dabei gibt es eine klare Empfehlung für den Winter, dieser ist die einzige Jahreszeit die tatsächlich Sinn macht. In den Wintermonaten können mehr als 90 Prozent der Interessierten erreicht werden. Durch die saisonalen Arbeitsspitzen in den wärmeren Monaten würde man in den Jahreszeiten Frühling, Sommer und Herbst automatisch 70 bis 90 Prozent der Interessierten ausschließen. Diese Ergebnis deckt sich mit vergleichbaren Studien, laut (Michels et al. 2019) bevorzugen 96

Prozent der Befragten Landwirte und Landwirtinnen eine Schulung im Winter. Ein praktischer Einsatz des Gelernten im Feld wird nicht als dringend notwendig angesehen. Eine weitere wesentliche Anforderung nach (Michels et al. 2019) ist, dass der Schulungsleitende praktische Erfahrungen in der Landwirtschaft vorweisen muss, 90 Prozent der Befragten stimmten dabei zu.

### 9.2.1. Diskussion der Zahlungsbereitschaft

Ein weiteres Ziel dieser Masterarbeit ist es, zu ermitteln, wie hoch die Zahlungsbereitschaft von Landwirten und Landwirtinnen für Smart-Farming-Schulungen ist. Die Ergebnisse der Frage „Wie viel würden Sie für eine Weiterbildung zu einer Smart Farming Technologie maximal pro Stunde bezahlen?“ wurden im Kapitel Ergebnisse beschrieben. 86 Prozent aller Befragten sind bereit, für eine Smart-Farming-Schulung zu bezahlen. Besonders aussagekräftig ist der Median von 20 Euro pro Stunde. Steigt der Preis auf über 20 Euro pro Stunde, würde die Hälfte der Betriebsleitenden nicht teilnehmen. Alle Preisangaben über 85 Euro pro Stunde wurden als Ausreißer gewertet und flossen nicht in das Ergebnis mit ein. Die Ausreißer wurden anhand der verbreiteten 1,5-IQR-Regel nach Tukey identifiziert. Sie machten 6,7 Prozent, 35 von 523 Angaben aus, was als vergleichsweise hoher Anteil interpretiert werden kann. Nachdem diese hohen Werte – bis zu 10.000 Euro pro Stunde – oft nicht mit einem hohen Interesse an Smart-Farming-Schulungen korrelieren, werden diese Werte als nicht ernst gemeint eingeschätzt. Auch bei der Mittelwertberechnung wurden diese Werte nicht miteinbezogen. Der Mittelwert von allen Befragten liegt bei 22 Euro pro Stunde, hier sind auch jene enthalten, welche nicht bereit sind, für eine Schulung zu bezahlen. Nimmt man nur die Betriebsleitenden, welche tatsächlich bereit sind, für eine Schulung zu bezahlen, liegt der Mittelwert bei 25,6 Euro pro Stunde. Selbst wenn man zusätzlich nur die tatsächlich Interessierten einbezieht, liegt der Mittelwert bei 26,4 Euro pro Stunde. Der Median liegt bei allen Varianten bei 20 Euro pro Stunde. Das erste Quartil – bei dem 75 Prozent aller Befragten mitmachen würden – liegt bei allen Varianten bei zehn Euro pro Stunde. Dies zeigt, dass Interesse an Smart-Farming-Schulungen nicht automatisch mit einer höheren Zahlungsbereitschaft einhergeht. Selbst sehr interessierte Betriebsleitende haben klare Preisobergrenzen. Interesse beziehungsweise Bereitschaft, an Kursen teilzunehmen, und Zahlungsbereitschaft sind zwei unterschiedliche Dimensionen, welche bei der Konzeption von Schulungsangeboten getrennt betrachtet werden müssen. Auch diese Ergebnisse der Ermittlung der Zahlungsbereitschaft stimmen mit einer vergleichbaren Studie überein. (Michels et al. 2019) untersuchten ebenfalls die Zahlungsbereitschaft von Landwirten und Landwirtinnen für Smart-Farming-Schulungen, dabei wird ein Mittelwert der Zahlungsbereitschaft von 26 Euro pro Stunde beschrieben. Dieses Ergebnis deckt sich exakt mit den Ergebnissen dieser Masterarbeit für die Gruppe der Personen, welche bereit sind,

für eine entsprechende Schulung zu bezahlen. Diesen Vergleich visualisiert die folgende Abbildung.

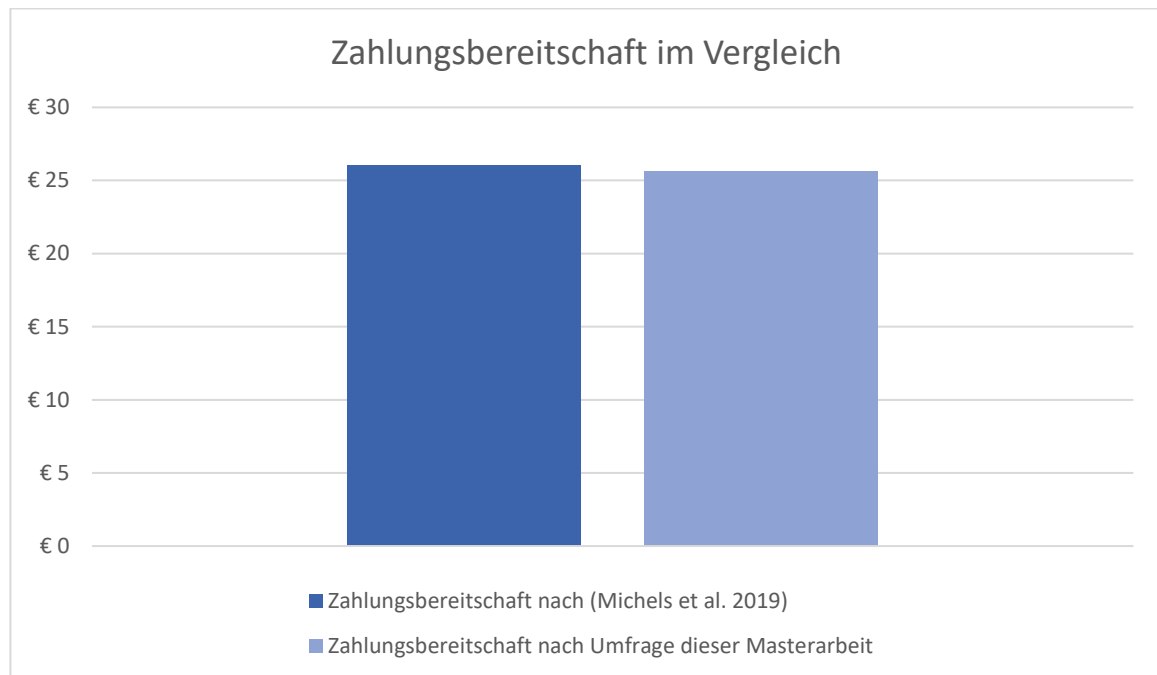


Abbildung 34: Übereinstimmung der Zahlungsbereitschaft in Euro pro Stunde zwischen (Michels et al. 2019) und dem Ergebnis dieser Masterarbeit

Um Schulungen kostendeckend anbieten zu können müssen sie als Gruppenschulungen mit mehreren Teilnehmenden sein und keine Einzelschulungen. Es kann notwendig sein gewisse Schulungen zu subventionieren um eine breite Teilnahme zu ermöglichen. Generell lässt sich sagen, dass die digitale Transformation in der Landwirtschaft, und die dafür notwendigen Schulungen, politischen Willen erfordern um eine flächendeckende Kompetenzentwicklung zu fördern.

Ein alternativer Ansatz zu den politisch geförderten und subventionierten Schulungsangeboten kann in der jüngsten Zeit im freien Markt beobachtet werden. Die Landtechnikbranche setzt aktuell den Fokus selbstständig, unabhängig von Ausbildungsstätten und traditionellen Weiterbildungsinstitutionen, Smart-Farming-Schulungen anzubieten. Landtechnikhändler, häufig getrieben von den jeweiligen Landtechnikherstellern, bieten kürzlich immer häufiger Schulungen für Landwirte und Landwirtinnen an. Die Zielgruppe besteht nicht ausschließlich aus der bestehenden Kundschaft sondern durchaus auch aus potentiellen Neukunden.

Ein aktuelles Beispiel von einem renommierten Landtechnikhändler aus Österreich zeigt dieses Vorgehen. Dieser bietet im Zeitraum Jänner und Februar 2026 Smart-Farming-Schulungen an. Es gibt drei aufbauende Kurse, jeder davon dauert fünf Stunden, wird vor Ort beim Händler abgehalten und Kosten 85 Euro (17 Euro pro Stunde).

Aus Sicht der Anforderungen an Smart-Farming-Schulungen kann dieses Format hohes Potential haben. Die Bereitschaft bei einem Landtechnikhändler eine Schulung zu besuchen ist außergewöhnlich hoch. Wie im Kapitel Ergebnisse beschrieben, genießen die beiden Institutionen Landwirtschaftsschulen sowie Landtechnikhandel eine hohe Akzeptanz für Smart-Farming-Schulungen. Einzig das Fortbildungsinstitut der Landwirtschaftskammer hat eine etwas höhere Akzeptanz. Der Zeitraum im Winter wurde sehr praxisnah gewählt und auch die Abhaltung in Präsenz verzeichnet die höchste Akzeptanz. Darüber hinaus entstehen für den Händler noch weitere Vorteile wenn Kunden und potentielle Kunden den Händlerstandort aufsuchen. Die Kosten von 17 Euro pro Stunde liegen zwischen dem ersten Quartil und dem Median. Somit kann davon ausgegangen werden, dass der Preis von 50 bis 75 Prozent der Landwirte und Landwirtinnen akzeptiert wird.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt betrifft die Auswirkungen solcher Schulungen auf zukünftige Investitionsentscheidungen, was insbesondere für Landtechnikhändler von hohem Interesse ist. Dies wird im folgenden Kapitel diskutiert.

### 9.3. Diskussion der Auswirkungen von Smart-Farming-Schulungen

Die Auswirkungen von Smart-Farming-Schulungen wurden im Kapitel Ergebnisse ausführlich beschrieben. Dabei wurde klar, dass nach einem besuchten Kurs, die Einstellung zu Smart Farming klar positiver wurde. Die Wahrscheinlichkeit in Smart-Farming-Technologien zu investieren steigt durch absolvierte Schulungen in diesem Themengebiet. 83,3 Prozent der Schulungsteilnehmenden gaben an, durch die Schulung ist eine Investition wahrscheinlicher geworden. Die Wahrscheinlichkeit, dass in den nächsten drei Jahren in Smart Farming investiert wird ist bei der Gruppe der Schulungsteilnehmenden um 55 Prozent höher als bei der Gruppe aller betriebsleitenden Personen.

Dies sind sehr aussagekräftige Werte welche besonders für die Landtechnikhändler und Hersteller interessant sind. Den Wert von Smart-Farming-Schulungen für den Landtechnikvertrieb monetär zu quantifizieren, ist äußerst komplex und nicht Teil dieser Masterarbeit. Mit den vorliegenden Erkenntnissen wird jedoch klar, dass dieser Wert als sehr hoch anzusehen ist. Selbst wenn nur einige wenige Schulungsteilnehmer durch die besuchte Schulung in Smart Farming investieren ist der monetäre Wert für den Landtechnikhandel entsprechend hoch. Zusätzlich zu den erhöhten Umsätzen in Smart-Farming-Technologien entstehen weitere Vorteile für den Händler, wenn dieser die Schulung anbietet. Das Angebot von Smart-Farming-Schulungen ermöglicht Landtechnikhändlern, über den reinen Produktverkauf hinaus als kompetenter Wissenspartner und Servicepartner aufzutreten. Es wird Vertrauen aufgebaut, Kundenbindungen gestärkt und potentielle Neukunden gewonnen werden.

Außerdem können durch geschulte Anwender und Anwenderinnen Service- und Supportkosten eingespart werden.

Alle diese Vorteile lassen darauf schließen, dass die Landtechnikhändler und Hersteller ein großes Potential für Smart-Farming-Schulungen haben. Es bieten sich sowohl Vorteile für den Vertrieb als auch für die Teilnehmenden. Einerseits die hohe Akzeptanz, die flächendeckende geographische Nähe zu den landwirtschaftlichen Betrieben und die fachliche Kompetenz machen die Landtechnikhändler als Schulungsanbieter attraktiv. Außerdem ist die Landtechnikbranche vermutlich auch die einzige Institution die womöglich Smart-Farming-Schulungen kostenlos und trotzdem gewinnbringend anbieten können.

Nachdem die Preiselastizität für Smart-Farming-Schulungen sehr hoch ist und bei zunehmenden Preise die Nachfrage stark sinkt und aber das Kaufinteresse kaum einen Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft hat, kann es für die Landtechnikbranche interessant sein, kostenlose Schulungen anzubieten.

## 10. Schlussfolgerung und Ausblick

Smart Farming ist zweifellos Teil der Zukunft in der Landwirtschaft. Die technischen Möglichkeiten sind immens. Die Vorteile für die Landwirtschaft, die sich daraus ergeben, ebenfalls. Technologie entfaltet ihren Wert jedoch erst durch eine kompetente Anwendung. Daher ist es erforderlich, die Landwirte und Landwirtinnen auf Smart-Farming-Anwendungen zu schulen, um das Potenzial dieser Technologien ausschöpfen zu können.

Interesse der Landwirte und Landwirtinnen, sich im Bereich Smart Farming weiterzubilden, ist vorhanden. Genutzt werden bestehende Angebote spärlich. Um eine breite Kompetenzförderung in diesem Themengebiet zu ermöglichen, braucht es gut abgestimmte und niederschwellige Schulungsangebote. Dabei gibt es nicht die eine universell zufriedenstellende Lösung. Es braucht einen mehrdimensionalen Ansatz. Wichtig erscheint ein flächendeckendes Schulungsangebot. Da die Anreisebereitschaft tendenziell gering ist, braucht es ein flächendeckendes Netzwerk an Schulungsangeboten, vor allem in den Wintermonaten. In jedem politischen Bezirk in Österreich sollte es eine niederschwellige Institution geben, bei der Smart-Farming-Schulungen absolviert werden können. Dabei bieten sich die landwirtschaftlichen Schulen, Landtechnikhändler oder die Bezirks-Landwirtschaftskammern an. Zusätzlich braucht es ein Angebot an Online-Schulungen, diese können zentral von einer Institution angeboten werden. Hierbei bietet sich beispielsweise in Österreich die Innovation Farm an. Natürlich macht es Sinn wenn die einzelnen Institutionen zusammenarbeiten und sich gegenseitig abstimmen. Wichtig dabei ist, dass den landwirtschaftlichen Betrieben diese Schulungsangebote bewusst vorgestellt werden, da aktiv kaum danach gesucht wird.

Da Smart-Farming-Schulung die Akzeptanz und auch die Bereitschaft, in diese Technologien zu investieren, erhöhen, kann es für den Landtechnikhandel auch wirtschaftlich interessant sein, die Landwirte und Landwirtinnen zu schulen. Wichtig ist, dass Smart-Farming-Schulungen maximal 20 Euro pro Stunde und Person kosten, da bei höheren Kosten mehr als die Hälfte der Interessierten nicht mehr bereit wäre teilzunehmen. Es braucht dafür politischen Willen diese Angebote auszubauen. Zusätzlich braucht es die Erkenntnis von Landtechnikunternehmen, dass Schulungen einen klaren Mehrwert darstellen und sogar wirtschaftlich vorteilhaft sein können, selbst wenn sie kostenlos angeboten werden.

Durch die Kompetenzförderung in der Landwirtschaft, den zunehmenden technischen Fortschritt sowie der Reduktion der anwenderseitigen Komplexität bestehender Technologien werden Smart-Farming-Technologien künftig weiter in der landwirtschaftliche Praxis etablieren – mit all den bekannten Effekten.

## Literaturverzeichnis

Agricultural Industry Electronics Foundation e.V. (2024): AEF ISOBUS Hand Fan. Hg. v. AEF. Frankfurt am Main. Online verfügbar unter <https://www.aef-online.org/de/home.html>, zuletzt geprüft am 01.06.2024.

AgXeed (2024): AgBot 5.112 T2. Grubbenvorst. Online verfügbar unter <https://www.agxeed.com/our-solutions/agbot-5-115t2/>, zuletzt geprüft am 02.06.2024.

Arnold, Jasmin; Brandt, Patric; Gerighausen, Heike (2021): Erprobung der satellitengestützten Ertragsschätzung für die Agrarstatistik. Projekt SatAgrarStat. Hg. v. Statistisches Bundesamt (Destatis). Wiesbaden. Online verfügbar unter <https://www.econstor.eu/handle/10419/248259>, zuletzt geprüft am 05.01.2026.

Ballou, Ronald H.; Rahardja, Handoko; Sakai, Noriaki (2002): Selected country circuitry factors for road travel distance estimation. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 36 (9), S. 843–848. DOI: 10.1016/S0965-8564(01)00044-1.

Brodie, Samuel; Oksanen, Timo; Auernhammer, Hermann (2023): Buzzword ISOBUS. In: *Informatik Spektrum* 46 (1), S. 46–50. DOI: 10.1007/s00287-022-01518-4.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2022): Daten und Fakten. Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft mit Fischerei und Wein- und Gartenbau. Berlin. Online verfügbar unter [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/daten-fakten-2022.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5#:~:text=Die%20durchschnittliche%20FI%C3%A4chenausstattung%20je%20Betrieb,genutzter%20FI%C3%A4che%20im%20Jahr%202010.,zuletzt%20gepr%C3%BCft%20am%2015.06.2024.](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/daten-fakten-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=5#:~:text=Die%20durchschnittliche%20FI%C3%A4chenausstattung%20je%20Betrieb,genutzter%20FI%C3%A4che%20im%20Jahr%202010.,zuletzt%20gepr%C3%BCft%20am%2015.06.2024.)

Bundesministerium für Finanzen (2023): Digitaler Aktionsplan, Smart Farming. Hg. v. Bundesministerium für Finanzen. Wien. Online verfügbar unter <https://www.digitalaustria.gv.at/dam/jcr:ac2a6218-28f1-4e3f-985e-5b9a50f5c5f3/DAA%20Smart%20Farming%20Brosch%C3%BCre%202023-final-v2.pdf>, zuletzt geprüft am 05.04.2024.

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2018): Digitalisierung in der Landwirtschaft. Entwicklung, Herausforderungen und Nutzen der neuen Technologien für die Landwirtschaft. Hg. v. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. Wien. Online verfügbar unter <https://www.gtai.de/de/trade/oesterreich/specials/digitalisierung-der-landwirtschaft-in-oesterreich-643580>, zuletzt geprüft am 07.06.2024.

Case IH (2023): PRECISION TECHNOLOGY AND AUTONOMY ADVANCEMENTS HEADLINE CASE IH INNOVATIONS AT AGRITECHNICA 2023. St.Valentin. Online verfügbar unter <https://pro.caseih.com/impcue/news/press-release/precision-technology-and-autonomy-advancements-headline-case-ih-innovations-at-agritechnica-2023>, zuletzt aktualisiert am 01.11.2023, zuletzt geprüft am 01.06.2024.

Case IH (2024): AFS X-Fill Maxxum. Hg. v. Case IH. Online verfügbar unter [https://www.caseihmediacentre.com/Dynamix/CNHMedia\\_Modules/LocalProjects/Default.aspx?GuidDirectory=787f7156-6670-4e22-9e99-d935b3ae10a4](https://www.caseihmediacentre.com/Dynamix/CNHMedia_Modules/LocalProjects/Default.aspx?GuidDirectory=787f7156-6670-4e22-9e99-d935b3ae10a4), zuletzt geprüft am 27.05.2024.

Castrignanò, Annamaria; Buttafuoco, Gabriele; Khosla, Raj; Mouazen, Abdul M.; Moshou, Dimitrios; Naud, Olivier (Hg.) (2020): Agricultural internet of things and decision support for precision smart farming. London, San Diego, Cambridge, MA, Kidlington, Oxford: Academic Press. Online verfügbar unter <https://web-1p-1ebscohost-1com-1pqt2x9sp0013.pisces.boku.ac.at/ehost/detail/detail?vid=0&sid=81466151-d748-4898-8ce1-9c582fe40444%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=2099997&db=nlebk>, zuletzt geprüft am 05.01.2024.

CNH Industrial (29.04.2024): Case IH stellt auf der Agrishow Updates der Präzisionstechnologie vor und präsentiert die neue Case IH FieldOps App. St.Valentin. Geraldine Ingram. Online verfügbar unter [https://pro.caseih.com/Storage/impcue/News/Press\\_Releases/caseih-fieldops-pressrelease-de.pdf](https://pro.caseih.com/Storage/impcue/News/Press_Releases/caseih-fieldops-pressrelease-de.pdf), zuletzt geprüft am 30.05.2024.

Danish, Subhan; Ali, Hakoomat; Datta, Rahul (Hg.) (2023): Smart Farming. Integrating Conservation Agriculture, Information Technology, and Advanced Techniques for Sustainable Crop Production. [Erscheinungsort nicht ermittelbar]: IntechOpen. Online verfügbar unter [https://mts.intechopen.com/storage/books/11791/authors\\_book/authors\\_book.pdf](https://mts.intechopen.com/storage/books/11791/authors_book/authors_book.pdf), zuletzt geprüft am 08.01.2024.

Dänzer, Dieter (2022): Exakt düngen nach Pflanzenbedarf. In: *agrarzeitung* 77 (6), S. 10. DOI: 10.51202/1869-9707-2022-6-010.

Deutsche Gesellschaft für Pflanzenernährung (2011): Stickstoff in Pflanze, Boden und Umwelt. 54. Jahrestagung der GPW. Hg. v. Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. Kiel. Online verfügbar unter [https://www.gpw.uni-kiel.de/de/gpw-tagung/tagungsbaende/tagungsband\\_2011.pdf](https://www.gpw.uni-kiel.de/de/gpw-tagung/tagungsbaende/tagungsband_2011.pdf), zuletzt geprüft am 23.11.2024.

Digital Skills Barometer - LFI Österreich - fit4internet (2024): Bäuerliche Bevölkerung bei Digitalisierung laut Studie "vorne dabei". Unter Mitarbeit von

Mag. Ulrike Domany-Funtan. Wien. Online verfügbar unter <https://www.lko.at/b%C3%A4uerliche-bev%C3%B6lkerung-bei-digitalisierung-laut-studie-vorne-dabei%2B2400%2B4102954>, zuletzt geprüft am 28.11.2025.

Dötzl, Martina; Peyr, Stefan (2022): Agrarstrukturerhebung 2020. Land- und forstwirtschaftliche Betriebe und deren Strukturdaten. Hg. v. Statistik Austria. Wien. Online verfügbar unter [https://www.statistik.at/fileadmin/publications/SB\\_1-17\\_AS2020.pdf](https://www.statistik.at/fileadmin/publications/SB_1-17_AS2020.pdf), zuletzt geprüft am 16.05.2024.

European Commision: Agriculture and Rural Development (2025): New Study Highlights State of play in Digitalisation in EU Agriculture. Hg. v. European Commision. Brussels. Online verfügbar unter [https://agriculture.ec.europa.eu/media/news/new-study-highlights-state-play-digitalisation-eu-agriculture-2025-09-19\\_en?utm\\_source=chatgpt.com](https://agriculture.ec.europa.eu/media/news/new-study-highlights-state-play-digitalisation-eu-agriculture-2025-09-19_en?utm_source=chatgpt.com), zuletzt geprüft am 02.01.2026.

Favier, M.; Chevanton, Yann; Marchal, Amellien; Vyndell, Michael, Zhao,R.; Seewig, J. (2020): ISOBUS simulator for small and medium-scale manufacturers and farmers. Hg. v. GIL Jahrestagung. Gesellschaft für Informatik e.V. Online verfügbar unter <https://dl.gi.de/server/api/core/bitstreams/c399ecfc-5541-42b5-80b8-a30b357968fe/content>, zuletzt geprüft am 01.06.2024.

Feindt, Peter H.; Krämer, Christine; Früh-Müller, Andrea; Heißenhuber, Alois; Pahl-Wostl, Claudia; Purnhagen, Kai P. et al. (2019): Ein neuer Gesellschaftsvertrag für eine nachhaltige Landwirtschaft. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-58656-3>, zuletzt geprüft am 23.11.2024.

Fleming, Aysha; Jakku, Emma; Lim-Camacho, Lilly; Taylor, Bruce; Thorburn, Peter (2018): Is big data for big farming or for everyone? Perceptions in the Australian grains industry. In: *Agron. Sustain. Dev.* 38 (3). DOI: 10.1007/s13593-018-0501-y.

Fraunhofer-Institut (2024): Digital Farming / Smart Farming. Die Revolution zu Landwirtschaft 4.0. Unter Mitarbeit von Spanier-Baro und Nicole. Hg. v. Fraunhofer-Gesellschaft. Online verfügbar unter <https://www.iese.fraunhofer.de/de/trend/digital-farming.html>, zuletzt geprüft am 08.01.2024.

Gabriel, Andreas; Gandorfer, Markus; Spykman, Olivia (2021): Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft. Nutzung und Hemmnisse digitaler Technologien in der Landwirtschaft. Sichtweisen aus der Praxis und in den Fachmedien. 99. Band. Hg. v. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Online verfügbar unter

<https://www.buel.bmel.de/index.php/buel/issue/view/56>, zuletzt geprüft am 15.06.2024.

Gorucu, Serap; Khalilian, Ahmad; Han, Young J.; Dodd, Roy B.; Wolak, Francis J.; Keskin, Muharrem: VARIABLE DEPTH TILLAGE BASED ON GEO-REFERENCED SOIL COMPACTION DATA IN COASTAL PLAIN REGION OF SOUTH CAROLINA. In: Agricultural and Food Sciences, Environmental Science (Hg.): VARIABLE DEPTH TILLAGE BASED ON GEO-REFERENCED SOIL COMPACTION DATA IN COASTAL PLAIN REGION OF SOUTH CAROLINA. St. Joseph, MI. Online verfügbar unter <https://www.semanticscholar.org/paper/VARIABLE-DEPTH-TILLAGE-BASED-ON-GEO-REFERENCED-SOIL-Gorucu-Khalilian/330eabfd049c7da80f40856e608181a0c4e14017>, zuletzt geprüft am 24.11.2024.

Griepentrog, Hans (2017): Smart Crop Farming. Hg. v. Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL). Hohenheim.

Gupta, Maanak; Abdelsalam, Mahmoud; Khorsandroo, Sajad; Mittal, Sudip (2020): Security and Privacy in Smart Farming: Challenges and Opportunities. In: *IEEE Access* 8, S. 34564–34584. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2975142.

Heißenhuber, Alois; Haber, Wolfgang; Krämer, Christine (2014): Umweltprobleme der Landwirtschaft. eine Bilanz. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/text\\_e\\_28\\_2015\\_umweltprobleme\\_der\\_landwirtschaft.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/text_e_28_2015_umweltprobleme_der_landwirtschaft.pdf), zuletzt geprüft am 23.11.2024.

Henninger, Gerhard (2007): ISOBUS - die Zukunft hat längst begonnen. 206–207 Seiten / *LANDTECHNIK*, Bd. 62 Nr. 4 (2007). DOI: 10.15150/lt.2007.980.

Herlitzius, Thomas; Hengst, Martin; Geißler, Sören; Schwede, Stefan (2022): Bodenbearbeitungstechnik. Hg. v. Jahrbuch Agrartechnik 2022. Online verfügbar unter [https://leopard.tu-braunschweig.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbbs\\_derivate\\_00051209/jahrbuchagrartechnik2022\\_bodenbearbeitung.pdf](https://leopard.tu-braunschweig.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbbs_derivate_00051209/jahrbuchagrartechnik2022_bodenbearbeitung.pdf), zuletzt geprüft am 25.11.2024.

Hillerbrand, Franz; Treiber, Maximilian; Bauerdick, Josef; Bernhardt, Heinz (2019): Robotik in der Außenwirtschaft. Entwicklungskonzepte und tendenzielle Einflussmöglichkeiten auf die Prozesssteuerung durch den Landwirt. Hg. v. Gesellschaft für Informatik. Bonn. Online verfügbar unter <https://dl.gi.de/server/api/core/bitstreams/1e15c719-bafe-4449-ba8c-3fef042f3bfa/content>, zuletzt geprüft am 06.06.2024.

International Society of Precision Agriculture (2024): Precision Ag Definition. Unter Mitarbeit von John Fulton. Hg. v. International Society of Precision

Agriculture. 109 East Main Street, Monticello Illinois, USA. Online verfügbar unter <https://www.ispag.org/about/definition>, zuletzt aktualisiert am Jänner 2024, zuletzt geprüft am 09.01.2024.

Isaria (2021): Die teilflächenspezifische Düngung mit Pflanzensensoren. Großhelfendorf. Online verfügbar unter <https://www.isaria-digitalfarming.com/artikel/die-teilflachenspezifische-dungung-mit-pflanzensensoren-die-vorteile>, zuletzt geprüft am 23.11.2024.

KeyQuest; LFI Österreich (2021): Technologisierung & Digitalisierung in der Landwirtschaft. Unter Mitarbeit von Mag. Johannes Mayr und BEd Di Martin Hirt. Hg. v. KeyQuest. LFI Österreich. Garsten, zuletzt geprüft am 07.06.2024.

Khosla, Raj (2010): Precision agriculture: challenges and opportunities in a flat world. Hg. v. : 19th World Congress of Soil. Brisbane, Australia. Online verfügbar unter <https://www.iuss.org/19th%20WCSS/Symposium/pdf/D3.1.pdf#page=28>, zuletzt geprüft am 05.01.2024.

Kliem, Lea; Wagner, Josephin; Olk, Christopher; Keßler, Luisa; Lange, Steffen; Krachunova, Tsvetelina; Bellingrath-Kimura, Sonoko Dorothea (2022): Digitalisierung der Landwirtschaft. Chancen und Risiken für den Natur- und Umweltschutz : gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) unter dem Forschungskennzeichen 3519 84 0500. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, gemeinnützig (Schriftenreihe des IÖW, 222 (22)). Online verfügbar unter [https://www.ioew.de/fileadmin/user\\_upload/BILDER\\_und\\_Downloaddateien/Publikationen/Schriftenreihen/IOEW\\_SR\\_222\\_\\_Digitalisierung\\_der\\_Landwirtschaft.pdf](https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/Schriftenreihen/IOEW_SR_222__Digitalisierung_der_Landwirtschaft.pdf), zuletzt geprüft am 07.06.2024.

Kommission Landwirtschaft am Umweltbundesamt (2019): Landwirtschaft quo vadis? Agrar- und Ernährungssysteme der Zukunft – Vielfalt gewähren, Handlungsrahmen abstecken. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/190917\\_uba\\_kp\\_landwirtschaft\\_quovadis\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/190917_uba_kp_landwirtschaft_quovadis_bf.pdf), zuletzt geprüft am 22.11.2024.

Ländliches Fortbildungsinstitut Österreich (2018): Handlungsfeld Aus- und Weiterbildung, Beratung. Unter Mitarbeit von Martin Hirt. Hg. v. Bundesministerium für Landwirtschaft. Wien. Online verfügbar unter <https://info.bml.gv.at/service/publikationen/landwirtschaft/digitalisierung-in-der-landwirtschaft.html>, zuletzt geprüft am 05.04.2024.

Lang, Julian; Gassler, Birgit (2022): Die Akzeptanz und Nutzung von Smart Farming-Anwendungen auf Basis von Fernerkundungsdaten deutscher LandwirtInnen. Hg. v. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Berichte über Landwirtschaft, Band 100). Online verfügbar unter

<https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/430/658>, zuletzt geprüft am 23.11.2024.

László, Magó; Gligorević, Kosta; Dražić, Milan; Oljača, Mićo (2021): Determination of main parameters of ISOBUS system based agricultural machinery management. In: *Poljoprivredna tehnika* 46 (3), S. 40–48. DOI: 10.5937/poljteh2103040m.

Lenain, Roland; Thuilot, Benoit; Cariou, Christophe; Martinet, Philippe (2004): A new nonlinear control for vehicle in sliding conditions: Application to automatic guidance of farm vehicles using RTK GPS. Hg. v. HAL Open Science. New Orleans. Online verfügbar unter <https://inria.hal.science/hal-02467063/file/icra04roland.pdf>, zuletzt geprüft am 26.05.2024.

Lieder, Sebastian; Schröter-Schlaack, Christoph (2021): Smart Farming Technologies in Arable Farming: Towards a Holistic Assessment of Opportunities and Risks. In: *Sustainability* 13 (12), S. 6783. DOI: 10.3390/su13126783.

Luo, X.; Schaufler, S.; Branzanti, M.; Chen, J. (2021): Assessing the benefits of Galileo to high-precision GNSS positioning – RTK, PPP and post-processing. In: *Advances in Space Research* 68 (12), S. 4916–4931. DOI: 10.1016/j.asr.2020.08.022.

Magó, L.; Kovács, I. (2019): Technical and Technological Parameters of ISOBUS System Supported Machinery Management. In: *HAE* 35, S. 34–38. DOI: 10.17676/HAE.2019.35.34.

Michels, Marius; Fecke, Wilm; Weller von Ahlefeld, Paul Johann; Musshoff, Oliver; Heckmann, Andreas; Benecke, Frank (2019): Farmers' willingness to pay for digitalization training courses. Göttingen. Online verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/332870508\\_Farmers%27\\_willingness\\_to\\_pay\\_for\\_digitalization\\_training\\_courses](https://www.researchgate.net/publication/332870508_Farmers%27_willingness_to_pay_for_digitalization_training_courses), zuletzt geprüft am 02.01.2026.

Minßen, Till-Fabian; Urso, Lisa-Marie; Gaus, Cord-Christian; Frerichs, Ludger (2015): Mit autonomen Landmaschinen zu neuen Pflanzenbausystemen. In: *ATZ Offhighway* 8 (3), S. 6–11. DOI: 10.1007/s35746-015-0028-y.

Noack, Patrick (2018): Einsatz von Multi- und Hyperspektralsensoren in der Landwirtschaft. Hg. v. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF und PFGK. München. Online verfügbar unter [https://www.dgpf.de/src/tagung/jt2018/proceedings/proceedings/papers/16\\_PFGK\\_18\\_Noack.pdf](https://www.dgpf.de/src/tagung/jt2018/proceedings/proceedings/papers/16_PFGK_18_Noack.pdf), zuletzt geprüft am 24.11.2024.

Porter, Michael E.; Heppelmann, James E. (2014): Wie smarte Produkte den Wettbewerb verändern. Hg. v. Harvard Business Manager. Online verfügbar unter <https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKewipoufcieTQAhULKcAKHZ6wDscQFggfMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.bmel.de%2FSharedDoc>, zuletzt geprüft am 29.05.2024.

Rajmis, Sandra; Karpinski, Isabella; Kehlenbeck, Hella (2021): Ökonomische Kennzahlen und betriebswirtschaftliche Bewertung von teilflächenspezifischen Pflanzenschutz-mittelapplikationen mit Direkteinspeisung und Assistenzsystem. 159-170 Seiten / Journal für Kulturpflanzen, Bd. 73 Nr. 5-6 (2021): Themenheft: Assistenzsysteme für den Pflanzenschutz. DOI: 10.5073/JfK.2021.05-06.08.

Regan, Áine (2019): 'Smart farming' in Ireland: A risk perception study with key governance actors. In: *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences* 90-91 (1), S. 1–10. DOI: 10.1016/j.njas.2019.02.003.

Robert, P. C.; Pierce, F. J.; Mangold, G. (1994): Site-specific management: The pros, the cons, and the realities. In: *Proceedings of the International Crop Management Conference, Iowa State University*, S. 17–21. Online verfügbar unter <https://www.grap.udl.cat/en/presentacio/que-fem/definicions-agricultura-de-precisio/>, zuletzt geprüft am 10.01.2024.

Schwich, Steffen; Stasewitsch, Ilja; Fricke, Marko; Schattenberg, Jan (2019): Übersicht zur Feld-Robotik in der Landtechnik. Jahrbuch Agrartechnik, vol. 30. Jahrbuch Agrartechnik 2018, vol. 30, 2018. DOI: 10.24355/dbbs.084-201901211129-1.

Smart Farming Thematic Network (2016): Was ist Smart Farming? Hg. v. smart AKIS. European Commission, Horizon 2020. Wageningen. Online verfügbar unter <https://www.smart-akis.com/index.php/de/netzwerk/was-ist-smart-farming/>, zuletzt geprüft am 08.01.2024.

Spengler, Daniel; Asam, Sarah; Boettcher, Falk; Borg, Erik; Dobers, Eike Stefan; Geßner, Ursula et al. (2021): AgriSens – DEMMIN 4.0. Hg. v. 41. GIL-Jahrestagung, Informations- und Kommunikationstechnologie in kritischen Zeiten. Bonn. Online verfügbar unter <https://dl.gi.de/server/api/core/bitstreams/de59855e-337d-42c5-bbd1-b621ac541cd8/content>, zuletzt geprüft am 05.06.2024.

Statistik Austria (2022): Agrarstrukturerhebung 2020. Land- und forstwirtschaftliche Betriebe und deren Strukturdaten. Unter Mitarbeit von Stefan Peyr Martina Dötzl. Hg. v. Bundesanstalt Statistik Österreich. Wien. Online verfügbar unter [https://www.statistik.at/fileadmin/publications/SB\\_1-17\\_AS2020.pdf](https://www.statistik.at/fileadmin/publications/SB_1-17_AS2020.pdf), zuletzt geprüft am 06.08.2025.

Statistik Austria (2023): Betriebsleitung. Hg. v. Statistik Austria. Wien. Online verfügbar unter <https://www.statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/betriebsstruktur/arbeitskraefte/betriebsleitung>, zuletzt aktualisiert am 21.10.2025, zuletzt geprüft am 23.11.2025.

Statistik Austria (2025): Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe gesunken. Durchschnittliche Betriebsgröße gestiegen; Anteil des Biolandbaus zugenommen. Hg. v. Statistik Austria. Wien. Online verfügbar unter

<https://www.statistik.at/fileadmin/announcement/2025/06/20250626AS2023.pdf>, zuletzt geprüft am 23.11.2025.

Streimelweger, Reinhard; Handl, Lukas; Hauer, Lukas (2020): Bericht zum Forschungsprojekt GIS-ELA. GIS-ELA\_FMIS\_ÜBERSICHT\_2020. Hg. v. Josephinum Research. Online verfügbar unter [https://gis-ela.josephinum.at/documents/BERICHT\\_LW\\_4.0\\_FMIS\\_%C3%9Cbersicht\\_2019.pdf](https://gis-ela.josephinum.at/documents/BERICHT_LW_4.0_FMIS_%C3%9Cbersicht_2019.pdf), zuletzt geprüft am 03.06.2024.

UNITED NATIONS (2023): WORLD POPULATION PROSPECTS 2022. Summary of results. [S.I.]: UNITED NATIONS. Online verfügbar unter [https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022\\_summary\\_of\\_results.pdf](https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf), zuletzt geprüft am 08.01.2024.

Wegener, Jens Karl; Urso, Lisa-Marie; Hörsten, Dieter von; Minßen, Till-Fabian; Gaus, Cord-Christian (2017): Neue Pflanzenbausysteme entwickeln – welche innovativen Techniken werden benötigt? 91–100 Seiten / LANDTECHNIK, Bd. 72 Nr. 2 (2017). DOI: 10.1515/LT.2017.3156.

Weller von Ahlefeld, Paul Johann (2020): Umweltschutz durch Präzisionslandwirtschaft – sind Rebound-Effekte möglich? Hg. v. 40. GIL-Jahrestagung, Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier. Bonn. Online verfügbar unter <https://dl.gi.de/server/api/core/bitstreams/e8df9cf8-1ad0-4d17-a433-01d73021ad75/content>, zuletzt geprüft am 08.06.2024.

Wells, Jonathan C. K.; Stock, Jay T. (2020): Life History Transitions at the Origins of Agriculture: A Model for Understanding How Niche Construction Impacts Human Growth, Demography and Health. In: *Frontiers in endocrinology* 11, S. 325. DOI: 10.3389/fendo.2020.00325. Gesundheit

Wright, Kevin B. (2005): Researching Internet-Based Populations: Advantages and Disadvantages of Online Survey Research, Online Questionnaire Authoring Software Packages, and Web Survey Services. In: *Journal of Computer-Mediated Communication* 10 (3), S. 0. DOI: 10.1111/j.1083-6101.2005.tb00259.x.

Zhang, Shuhui; Lan, Yubin; LI, Wei; Hoffmann, W. Clint; Xu, Yan; Ma, Chenglin (2007): Variable Rate Fertilization for Maize and its Effects Based on the Site-specific Soil Fertility and Yield. In: 2007 Minneapolis, Minnesota, June 17-20, 2007. 2007 Minneapolis, Minnesota, June 17-20, 2007. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers. Online verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/43283439\\_Variable\\_Rate\\_Fertilization\\_for\\_Maize\\_and\\_its\\_Effects\\_Based\\_on\\_the\\_Site-specific\\_Soil\\_Fertility\\_and\\_Yield](https://www.researchgate.net/publication/43283439_Variable_Rate_Fertilization_for_Maize_and_its_Effects_Based_on_the_Site-specific_Soil_Fertility_and_Yield), zuletzt geprüft am 22.11.2024.

## Erklärung zum Einsatz von generativen KI-Tools

Beim Verfassen dieser Masterarbeit habe ich Künstliche Intelligenz, in Form von ChatGPT, ausschließlich zur Rechtschreibkorrektur, stilistischen Überarbeitung und zum Erstellen der Abbildung 23 verwendet. Die Inhalte dieser Arbeit wurden nicht durch generative KI erstellt, sondern beruhen auf meiner eigenen Leistung. Ich habe DeepL verwendet, um auf Grundlage des von mir verfassten deutschen Abstracts, eine erste Fassung des englischen Abstracts zu erstellen.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schaubild vernetzte Landwirtschaft (Bundesministerium für Finanzen 2023).....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abbildung 2: RTK-System mit geostationärer Referenzstation (Case IH 2024) .....	6
Abbildung 3: Isobus-UT, mehrere Anbaugeräte können mit nur einem Monitor gesteuert werden (Case IH 2024) .....	8
Abbildung 4: Case IH bietet eine App zum Flottenmanagement (Case IH 2024).....	10
Abbildung 5: Vom einfachen Produkt zum ganzheitlichen System (Porter und Heppelmann 2014).....	11
Abbildung 6: Case IH Magnum mit einer Nachrüstlösung welche den Traktor autonom fahren lässt (Case IH 2023) .....	14
Abbildung 7: AgBot 5.112 bei der Bodenbearbeitung (AgXeed 2024) .....	14
Abbildung 8: Beispiel für eine teilflächenspezifische Anbauplanung (Wegener et al. 2017).....	16
Abbildung 9: Teilflächenspezifische Düngerausbringung (Isaria 2021).....	17
Abbildung 10: Risiken von Smart Farming, eigene Darstellung nach (Fleming et al. 2018; Regan 2019; Lieder und Schröter-Schlaack 2021).....	19
Abbildung 11: Motivationsgründe für den Einsatz von Smart-Farming-Technologien, Angaben in Prozent der Zustimmung. (Eigene Tabelle nach (KeyQuest und LFI Österreich 2021)) .....	27
Abbildung 12: Interesse an Smart Farming Schulungen nach (KeyQuest und LFI Österreich 2021) .....	29
Abbildung 13: Entwicklung der Fragebögen.....	35
Abbildung 14: Interesse und Teilnahme an Smart-Farming-Schulungen im Vergleich, Interesse und tatsächliche Teilnahme laut Umfrage der Betriebsführenden (n=523), weiteres Interesse laut Umfrage der Schulungsteilnehmenden (n=96).....	37
Abbildung 15: Einstellung und Wissen zu Smart Farming, Mittelwert der beiden Umfragegruppen im Vergleich.....	38

Abbildung 16: Bevorzugte Institutionen für Smart Farming Schulungen, Umfrage der Betriebsführenden (n = 523).....	39
Abbildung 17: Bevorzugtes Schulungsformat, Umfrage der Betriebsführenden.....	40
Abbildung 18: Anreisebereitschaft aller befragten Betriebsführenden in Kilometer, dargestellt als Boxplot-Diagramm, n=523 .....	41
Abbildung 19: Anreisebereitschaft der tatsächlich Interessierten in Kilometer, dargestellt als Boxplot-Diagramm, n=380 .....	41
Abbildung 20: Teilnahmebereitschaft an Smart-Farming-Schulungen abhängig von der Jahreszeit, Umfrage der Betriebsführenden.....	42
Abbildung 21: Zahlungsbereitschaft für Smart-Farming-Schulungen in Euro pro Schulungsstunde, Umfrage der Betriebsführenden (n=523) .....	43
Abbildung 22: Wunschthemen zusammengefasst in technischen Kategorien, Anzahl der Nennhäufigkeit, Umfrage der Betriebsführenden (n=523).....	44
Abbildung 23: Wortwolke der Antworten bezüglich Wunschthemen bei Smart-Farming-Schulungen, Umfrage der Betriebsführenden (n=523).....	45
Abbildung 24: Informationsquellen über den besuchten Kurs, Umfrage der Schulungsteilnehmenden (n=96).....	46
Abbildung 25: Wie wurden die Teilnehmenden auf den besuchten Kurs aufmerksam, Umfrage der Schulungsteilnehmenden (n=96).....	47
Abbildung 26: Veränderung der Einstellung gegenüber Smart Farming durch eine absolvierte Schulung, Umfrage der Schulungsteilnehmenden (n=96).....	48
Abbildung 27: Vergleich der Investitionswahrscheinlichkeit in Smart-Farming-Technologien von beiden Umfragegruppen .....	49
Abbildung 28: Veränderung der Investitionsbereitschaft durch den Besuch einer Schulung, Umfrage der Schulungsteilnehmenden (n=96).....	50
Abbildung 29: Hemmnisse einer Investition in Smart Farming, Umfrage der Schulungsteilnehmenden (n=96).....	51
Abbildung 30: Vergleich der Altersstruktur, Quelle der Grundgesamtheitsdaten: (Statistik Austria 2023) .....	52
Abbildung 31: Konvergenz zwischen dem Ergebnis nach (Digital Skills Barometer - LFI Österreich - fit4internet 2024) sowie dem Ergebnis dieser Masterarbeit.....	54

Abbildung 32: Konvergenz zwischen dem Ergebnis nach (KeyQuest und LFI Österreich 2021) sowie dem Ergebnis dieser Masterarbeit .....	55
Abbildung 33: Abdeckung der landwirtschaftlichen Schulen in Österreich innerhalb einer für 75 Prozent der interessierten Betriebsleitenden akzeptablen Anreiseentfernung .....	57
Abbildung 34: Übereinstimmung der Zahlungsbereitschaft in Euro pro Stunde zwischen (Michels et al. 2019) und dem Ergebnis dieser Masterarbeit .....	59

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über Bekanntheit, aktueller und geplanter Verwendung von verschiedenen digitalen Technologien in der österreichischen Landwirtschaft .....	23
Tabelle 2: Vergleich der Nutzung von verschiedenen Smart-Farming-Technologien in Deutschland und Österreich .....	26