



# **Berichte über Landwirtschaft**

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

**BAND 100 | Ausgabe 2**

**Agrarwissenschaft**  
**Forschung**  

---

**Praxis**

# Besonderheiten der Implementierung digitaler Technologien in der kleinstrukturierten Landwirtschaft

Von Sara Anna Pfaff, Michael Paulus, Heinrich Schüle, Angelika Thomas, Andrea Knierim

## 1 Einleitung

Die digitale Transformation der Landwirtschaft und der daran angeschlossenen Wertschöpfungsketten weist in den letzten Jahren eine wachsende Dynamik auf und umfasst viele Einsatzmöglichkeiten und unterschiedliche Ansätze. Die oft als ‚Landwirtschaft 4.0‘ oder ‚Digital Farming (DF)‘ bezeichnete Dimension lässt sich technologisch und anwendungsbedingt in verschiedene Entwicklungsstufen gliedern, z.B. im Pflanzenbau in Precision Farming (PF) und Smart Farming (SF) bzw. in der Tierhaltung in Precision Livestock Farming (PLF) und Smart Livestock Farming (SLF) (GANDORFER ET AL. 2017; JUNGBLUTH 2017, GRIEPENTROG UND DLG 2019). Precision (Livestock) Farming und Smart (Livestock) Farming werden als Teilmengen von Digital Farming dargestellt und präsentieren die Entwicklung von Produktionsverfahren seit den 1990ern (EBD.). PORTER UND HEPPELMANN (2014) beschreiben, dass durch die Digitalisierung zunehmend digital vernetzte Technologien in aufeinander aufbauenden Systemen Anwendung finden, welche von einzelnen Apps bis hin zu komplexen Subsystemen (PORTER UND HEPPELMANN 2014) reichen. Mittlerweile gibt es ein sehr breites Anwendungsspektrum von Landwirtschaft 4.0 in der Innen- und Außenwirtschaft, im Betriebsmanagement und den Wertschöpfungsketten (BALAFOUTIS ET AL. 2017; GANDORFER ET AL. 2017; STURM ET AL. 2020), wobei sich Technologien stetig weiterentwickeln. Die Technologien lassen sich nach BIRNER ET AL. (2021) in physische („embodied“) (z.B. Anbaugeräte) und nicht physische bzw. softwarebasierte („disembodied“) (z.B. Apps) Technologien unterteilen. Besonders der Industrie- und Dienstleistungssektor verbindet mit dem digital induzierten Zusammenrücken der Wertschöpfungskette eine Vielzahl an Entwicklungsmöglichkeiten, aus denen sich auch neue Chancen für kleinstrukturierte landwirtschaftliche Betriebe ergeben können (MÜLLER 2016; BORGES ET AL. 2017).

In der Literatur wurde die kleinstrukturierte Landwirtschaft bisher nicht definiert. Um deren Ausgangsbedingungen für eine Digitalisierung besser zu betrachten, wird daher auf Grundlage der agrarstrukturellen Statistik von Deutschland und Baden-Württemberg eine Arbeitsdefinition ähnlich

zur Vorgehensweise nach GROHER ET AL. (2020b) erstellt. Die Agrarstatistik ermöglicht es, einen deutschlandweiten Vergleich der Daten von großen (z.B. Mecklenburg-Vorpommern) und kleinen Strukturen (z.B. Baden-Württemberg) herzustellen. Anhand des agrarstrukturellen Vergleichs innerhalb Deutschlands werden die spezifischen Merkmale einer kleinstrukturierten Landwirtschaft identifiziert: die Betriebsausstattung (Flächenausstattung, Tierart und Herdengröße, personelle Größe (Familien- oder Fremdarbeitskräfte)), die betriebswirtschaftlichen Eigenschaften (Erwerbsform, Spezialisierungsgrad) sowie die agrarstrukturellen Rahmenbedingungen (Schlaggröße und -form). Demnach verfügen Betriebe in kleinen Strukturen über eine vergleichsweise geringe Betriebsausstattung, einen höheren Anteil an Familienarbeitskräften, werden oft im Nebenerwerb geführt und bewirtschaften z.T. kleinparzellige, unförmige Schläge. Diese Strukturmerkmale finden sich gehäuft in Baden-Württemberg (BW): z.B. liegt im Vergleich zum deutschen Durchschnitt von 63 ha LF/Betrieb in BW eine durchschnittliche Betriebsgröße von 36 ha LF vor, während diese in Mecklenburg-Vorpommern beispielsweise bei 281 ha LF liegt (STATISTISCHES AMT MECKLENBURG-VORPOMMERN 2021). Darüber hinaus besteht ein höherer Prozentsatz an Nebenerwerbsbetrieben in BW mit 57 % aller Betriebe, sowie in einzelnen Landkreisen sogar > 72 % im Vergleich zum deutschen Durchschnitt von 52 % Nebenerwerbsbetrieben (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT 2017; STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTEMBERG 2021a). Der Anteil der Familienarbeitskräfte ist in Deutschland insbesondere in kleinen Strukturen hoch (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT 2020). In Baden-Württemberg werden 89 % der Betriebe durch Familienarbeitskräfte bewirtschaftet (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT 2017), je Betrieb werden durchschnittlich 1,6 Arbeitskraft-Einheiten beschäftigt und 50 % aller landwirtschaftlichen Arbeitskräfte sind Familienarbeitskräfte (STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTEMBERG 2021b). Darüber hinaus stellt sich die Flächenstruktur in Baden-Württemberg als kleinparzelliert dar, mit einzelnen Landkreisen, die eine durchschnittliche Flurstücksgröße von 0,5 ha aufweisen. Neben der Flächenausstattung und -struktur zeigt sich, dass die Betriebe wenig spezialisiert sind (STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTEMBERG 2020a, 2020b).

## 1.1 Problemstellung

Bisher ist die Akzeptanz von digitalen Technologien in der Breite der landwirtschaftlichen Betriebe verhalten (REICHARDT UND JÜRGENS 2009; PAUSTIAN UND THEUVSEN 2017). Dass dies insbesondere bei kleinen Betrieben beobachtet wird (GABRIEL UND GANDORFER 2020) deutet darauf hin, dass die Kleinstrukturierung andere oder zusätzliche Anforderungen stellt, und dass sich für die Betriebe andere betriebliche Ausgangsbedingungen stellen als für die großstrukturierte Landwirtschaft. Zwar wurden bereits eine Reihe von Einflussfaktoren auf die Adoption von neuen landwirtschaftlichen

Technologien untersucht (PATHAK ET AL. 2019; SHANG ET AL. 2021), diese reichen aber nicht aus, um Schlussfolgerungen für die Digitalisierung in kleineren landwirtschaftlichen Strukturen zu liefern. Die Besonderheiten der kleineren Strukturen in Baden-Württemberg genauer zu betrachten, ist somit wichtig, da sie einen maßgeblichen Einfluss auf die Ziele und Maßnahmen einer zukunftsfähigen Entwicklung der Landwirtschaft sowie den Erhalt ökologisch und landschaftskulturell wertvoller Strukturen haben. Ausgehend davon, dass auch die kleinstrukturierte Landwirtschaft adäquat unterstützt werden soll und Betriebe langfristig an der digitalen Transformation partizipieren und wettbewerbsfähig bleiben, erfordert dies Untersuchungen, die die speziellen Ausgangsbedingungen und Einflussfaktoren für die Implementierung digitaler Technologien in der kleinstrukturierten Landwirtschaft betrachten.

## 1.2 Forschungsziele

Es liegen bislang nur begrenzt Ergebnisse vor, welche die strukturellen Besonderheiten und Unterschiede hinsichtlich der Adoption von digitalen Technologien erläutern und die Bedeutung einer kleinteiligen Agrarstruktur untersuchen. Im Rahmen der Mechanisierung der Landwirtschaft wird z.B. durch LINDEMANN (1969), MÖSER (1996) und AUERNHAMMER ET AL. (2001) auf die Relevanz der Schlaggröße hingewiesen, allerdings wurde dies im weiteren Forschungsverlauf nicht im Kontext der Technisierung und Digitalisierung weiter vertieft. Darüber hinaus ist unbekannt, welche spezifischen Chancen und Risiken sich für die kleinstrukturierte Landwirtschaft bei der Umstellung auf digitale Technologien und Produktionsverfahren ergeben und welche weiteren Anforderungen diese stellt. Beispielsweise sind ökonomische, ökologische und soziale Chancen (z.B. körperliche Entlastung, Arbeitseffizienzsteigerung, Einsparung von Betriebsmitteln und Umweltentlastung) sowie Risiken (z.B. hoher Investitionsbedarf, Datenhoheit, staatliche Kontrolle) zwar näher erforscht (z.B. WALTER ET AL. 2017; ROHLER ET AL. 2020; GABRIEL ET AL. 2021), allerdings unabhängig von der Agrarstruktur. Diese offene Forschungsfrage soll mit der vorliegenden Studie beantwortet werden. Da die digitale Transformation deutschlandweit auf der Agenda steht, soll dies dazu beitragen, die Anpassung der Landwirtschaft 4.0 an die sich aus kleinteiligen Betriebs- und Flächenstrukturen ergebenden Bedingungen und Anforderungen zu unterstützen.

Die Studie beleuchtet dabei die folgenden Fragen:

- Welche spezifischen Einflussfaktoren auf die Adoption digitaler Technologien bestehen in der kleinstrukturierten Landwirtschaft?
- Welche Chancen und Risiken resultieren für die Landwirte, die in relativ kleinen Strukturen wirtschaften, wenn sie digitale Lösungen implementieren?
- Welche spezifischen Anforderungen ergeben sich durch die Kleinstrukturierung an die Digitalisierung und welche Schlüsse lassen sich daraus für die gezielte Unterstützung der Landwirte ableiten?

Das Vorgehen zur Erreichung der Zielsetzung spiegelt sich in dem vorliegenden Beitrag wie folgt wider: Kapitel 2 erläutert den aktuellen Stand der Forschung zu den unterschiedlichen Einflussfaktoren auf das Adoptionsverhalten in Bezug auf digitale Technologien. Ausgehend davon ergibt sich die gewählte Erhebungsmethodik in Form von Experteninterviews, welche inhaltlich analysiert werden (Kapitel 3). Ergebnisse sind in Kapitel 4 zu den Forschungsschwerpunkten untergliedert: Einflussfaktoren auf das Adoptionsverhalten (4.1), Chancen und Risiken (4.2) sowie die spezifischen strukturbedingten Anforderungen an die Digitalisierung (4.3). Im Anschluss werden die Ergebnisse in Kapitel 5 diskutiert. Abschließend enthält Kapitel 6 die Schlussfolgerungen.

## 2 Stand der Forschung

### 2.1 Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von digitalen Technologien in der Landwirtschaft

Ein Teil der sozialwissenschaftlichen Forschung im Kontext der Landwirtschaft 4.0 konzentriert sich auf die Frage, was die Verbreitung von Innovationen und die einzelbetriebliche Übernahme bzw. Nichtübernahme von neuen Technologien vorantreibt oder behindert (KLERKX ET AL. 2019). Die Literaturrecherche zu den verschiedenen Einflussfaktoren ist im Folgenden zusammengefasst.

#### 2.1.1 Einfluss demographischer Faktoren

Von den soziodemographischen Faktoren wird häufig der Einfluss von Alter und Bildung auf die Übernahme von digitalen Technologien betrachtet. Eine Reihe von Studien zeigt einen Zusammenhang zwischen demographischen Merkmalen und der Übernahme von Technologien aus dem Spektrum der Landwirtschaft 4.0 (TEY UND BRINDAL 2012; PIERPAOLI ET AL. 2013; GROHER ET AL. 2020a; SHANG ET AL. 2021). Untersuchungen nach PAUSTIAN UND THEUVSEN (2017) kommen dagegen nicht zu einem eindeutigen Ergebnis, da sowohl junge und unerfahrene Landwirte als auch ältere und erfahrene Landwirte zur Adoption von PF-Technologien tendieren. Ähnlich stellen AUBERT ET AL. (2012), LÄPPLE ET AL. (2015),

CASTLE ET AL. (2016) und KNIERIM ET AL. (2018) fest, dass das Alter die Nutzung von PF/SF-Technologien nicht beeinflusst. Zusammenfassend sind die Ergebnisse bezüglich des Alters also nicht eindeutig. Weniger kontrovers zeigen TEY UND BRINDAL (2012), PAUSTIAN UND THEUVSEN (2017) und VON JEINSEN ET AL. (2018), dass die Anzahl der Jahre an praktischer Erfahrung einen positiven Einflussfaktor auf das Adoptionsverhalten darstellt. Ergänzend dazu stellen PAUSTIAN UND THEUVSEN (2017) sowie MICHEELS UND NOLAN (2016) auch fest, dass Betriebe mit gesicherter Hofnachfolge eher in PF-Technologien investieren als diejenigen, bei denen dies nicht der Fall ist.

In Bezug auf den Bildungsgrad und die Annahme neuer Technologien zeigt sich in der Literatur ein signifikanter Zusammenhang (ROBERTS ET AL. 2004; TEY UND BRINDAL 2012; PIERPAOLI ET AL. 2013; SHANG ET AL. 2021), nämlich, dass viele Landwirte, die PF- oder SF-Technologien einsetzen, sich durch einen höheren schulischen bzw. landwirtschaftlichen Abschluss im Vergleich zu Nichtnutzern auszeichnen (REICHARDT UND JÜRGENS 2009; DABERKOW UND MCBRIDE 2003; DABERKOW UND MCBRIDE 1999).

### 2.1.2 Einfluss von intrinsischen Faktoren

Über den Zusammenhang zwischen Kenntnissen, Fähigkeiten sowie intrinsischer Motivation und der Übernahme von digitalen Technologien durch die Landwirte gibt es folgende, teilweise gegenläufige Erkenntnisse:

Mehrere Untersuchungen zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen guten Computer- und IT-Kenntnissen sowie Affinität und einer erhöhten Adoption von PF besteht (z.B. DABERKOW UND MCBRIDE 2003; REICHARDT UND JÜRGENS 2009; KOLADY ET AL. 2021). Im Unterschied dazu konnten ROBERTS ET AL. (2004) keinen Zusammenhang zwischen dem Grad der Nutzung von Computern und der Verwendung von PF-Technologien finden. Weitere Untersuchungen legen einen wesentlichen intrinsischen Einfluss bei der Innovationsübernahme nahe, d.h. dass eigene Werte, Ziele oder persönliche Motivation entscheidungsleitend sind (SCHEWE UND STUART 2015; BRIGGS ET AL. 2012; LIMA ET AL. 2018; SHANG ET AL. 2021). Innovationsfreudigkeit und Anpassungsfähigkeit der Landwirte sowie vorherige Erfahrungen spielen in diesem Zusammenhang ebenfalls eine wichtige Rolle (TEPIC ET AL. 2012; GABRIEL ET AL. 2021). Nicht zuletzt zeigt eine Studie nach MICHELS ET AL. (2021), dass die wahrgenommene Nützlichkeit einer Technologie für den eigenen Betrieb relevant für das Adoptionsverhalten ist.

### 2.1.3 Einfluss von betrieblichen Faktoren

Betriebsgröße, verfügbares Kapital, die Erwerbsform, die Verfügbarkeit und Art der Arbeitskräfte sowie die betriebliche Diversifizierung stellen sich wie folgt als Einflussfaktoren auf die Technologieadoption dar:

Viele bisherige Untersuchungen haben sich auf die Beziehung zwischen betrieblichen Eigenschaften und der Annahme einer Technologie konzentriert. Konkret zu nennen ist hier z.B. die wirtschaftliche Situation des Betriebes. So zeigt sich nach PIERPAOLI ET AL. (2013), dass eine Vielzahl von Studien ein höheres Einkommen für den Prozess der Adoption von PF- und SF-Technologien als signifikant einschätzen, darunter z.B. BORGES ET AL. (2017) oder aktuell GROHER ET AL. (2020b). Weitere Studien wie z.B. TEY UND BRINDAL (2012) oder CASTLE ET AL. (2016) ziehen hier ein weniger eindeutiges Fazit. BLACKMORE ET AL. (2006) führen dazu aus, dass für größere Betriebe die Kosten pro Hektar für PF-Technologien geringer sind, weshalb sich annehmen lässt, dass die Einstiegsbarrieren in neue Technologien für ressourcenstarke Betriebe niedriger sind und diese daher eher in diese Technologien investieren. Gleichzeitig zeigen BARNES ET AL. (2019) und KOLADY ET AL. (2021) auch, dass Unsicherheiten der Landwirte hinsichtlich des Rentabilitätspotenzials einer PF-Technologie durch die eigene Betriebsstruktur eine signifikante Barriere darstellen.

Betriebe, die im Haupterwerb geführt werden, setzen tendenziell eher PF ein als Nebenerwerbsbetriebe (PAUSTIAN UND THEUVSEN 2017; DABERKOW UND MCBRIDE 2003) bzw. haben oftmals eine höhere Innovationsaktivität (LÄPPLE ET AL. 2015). Dies wird u.a. durch Skaleneffekte in Bezug auf die Kosten der Technologie begründet, da Haupterwerbsbetriebe oft größer sind als Nebenerwerbsbetriebe. In diesem Kontext wird in der Literatur einstimmig betont, dass mit zunehmender bewirtschafteter Betriebsfläche auch die Wahrscheinlichkeit der Adoption von PF oder SF steigt (z.B. DABERKOW UND MCBRIDE 2003; PAUSTIAN UND THEUVSEN 2017; GROHER ET AL. 2020b). Auch in der Tierhaltung äußern sich skalenbedingte Adoptionseffekte, da Betriebe mit höheren Tierzahlen eher in digitale Technologien investieren (GROHER ET AL. 2020a). Vereinzelt wird betont, dass nicht zwingend ein signifikanter Einfluss der Herdengröße auf die Adoption von PLF besteht (LIMA ET AL. 2018).

Die betriebliche Ausrichtung wird ebenfalls als Faktor gesehen, der je nach Ausprägung einen positiven oder negativen Einfluss auf die Adoption von neuen Technologien hat, beispielsweise liegt z.B. im Ackerbau eine höhere Akzeptanz vor als in anderen Betriebszweigen (MICHEELS UND NOLAN 2016; BORGES ET AL. 2017; KERNECKER ET AL. 2019). JENSEN ET AL. (2012) haben zudem festgestellt, dass eine Verbindung zwischen den angebauten Kulturen eines Betriebes und dem ökonomischen Nutzen von PF besteht, bspw. ist der Gewinn je Hektar bei Zuckerrüben und Mais größer als bei Winterraps oder Winterweizen. Darüber hinaus hat eine quantitative Untersuchung in mehreren europäischen Ländern gezeigt, dass die Adoptionsrate von SF zwischen unterschiedlichen Pflanzenbausystemen stark variiert (KNIERIM ET AL. 2018).

Der Effekt von Familienarbeitskräften bzw. Fremdarbeitskräften auf die Nutzung von PF und SF ist ebenfalls Gegenstand von unterschiedlichen Untersuchungen. Gemäß SCHIMMELPFENNIG (2016) nutzen amerikanische Betriebe, welche unbezahlte (Familien-) Arbeitskräfte einsetzen, weniger häufig PF-Technologien. Zwei Befragungen von deutschen Landwirten von REICHARDT UND JÜRGENS (2009) und

PAUSTIAN UND THEUVSEN (2017) sowie eine Studie nach MICHEELS UND NOLAN (2016) bestätigen dies insofern, dass Betriebe mit steigender Anzahl an Fremdarbeitskräften verstärkt PF-Technologien einsetzen, während die Anwesenheit von Familienarbeitskräften eher zur Nichtnutzung von PF führt (REICHARDT UND JÜRGENS 2009; PAUSTIAN UND THEUVSEN 2017).

#### 2.1.4 Einfluss durch das soziale Umfeld und die Informationsquellen der Landwirte

Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen der Adoption von digitalen Technologien und Einflussfaktoren wie den sozialen Rahmenbedingungen, Akteuren im nahen Umfeld der Landwirte sowie der Verfügbarkeit und der Zugang zu Informationsangeboten erläutert.

Das soziale Umfeld, in welchem ein Landwirt agiert, hat Einfluss darauf, ob er neue Technologien nutzt oder nicht. Beispielsweise zeigen VON JEINSEN ET AL. (2018), dass die Beziehung zu Familienangehörigen und deren Unterstützung eine fördernde Rolle spielen kann. Laut KUCZERA (2006) besteht diesbezüglich ein Einfluss durch den dörflichen „Common Sense“ auf die Innovationsbereitschaft und das zukunftsorientierte Denken der Landwirte. Darüber hinaus legen einige Untersuchungen nahe, dass der informelle Austausch mit Berufskollegen die Akzeptanz der Landwirte hinsichtlich neuer Technologien erhöht (MCBRIDE UND DABERKOW 2003; KERNECKER ET AL. 2016; KERNECKER ET AL. 2019). Zudem sind nach KUTTER ET AL. (2011) die Lohnunternehmen und Maschinenringe aktive Treiber der Adoption von Technologien, indem sie die überbetriebliche Nutzung unterstützen.

KUTTER ET AL. (2011), BORGES ET AL. (2017) und HIGGINS ET AL. (2017) zeigen in diesem Zusammenhang auf, dass die Adoption stark von der Informationsverfügbarkeit abhängt, welche vor allem durch das Angebot an Beratung und Bildung bedingt ist. In einer Untersuchung von LÄPPLE ET AL. (2016) wird z.B. die Nähe zu Forschungs- und Bildungseinrichtungen als positiver Einfluss auf die Annahme von Innovationen bei Landwirten festgestellt. Allerdings ist laut einer frühen Studie von REICHARDT UND JÜRGENS (2009) das Angebot des Themas PF im Rahmen der Erstausbildung sowie der Beratung limitiert. Eine Reihe von weiteren Studien weisen auf einen Zusammenhang zwischen der Nutzung von Beratungsangeboten und der Adoption von Technologien durch Landwirte hin (PAUSTIAN UND THEUVSEN 2017; ROBERTSON ET AL. 2007; BARNES ET AL. 2019; TEY UND BRINDAL 2012). BUSSE ET AL. (2014), KNIERIM ET AL. (2018) und KERNECKER ET AL. (2019) ziehen das Fazit, dass unparteiische, professionelle Beratungsangebote neben der Beratung durch firmengebundene Berater grundlegende Faktoren für die weitere Verbreitung von SF-Technologien darstellen. HIGGINS ET AL. (2017) sowie KERNECKER ET AL. (2019) führen zudem aus, dass Landwirte gerne mit neuen Technologien experimentieren und diese ausprobieren, was wiederum die Adoption positiv beeinflusst. Somit gewinnen Praxisdemonstrationen, Feldtage und gezielte praxisrelevante Veranstaltungen an Bedeutung, um Informationen, Ergebnisse und Erfahrungen zu vermitteln und die Aus- und Weiterbildung zu fördern

(VON JEINSEN ET AL. 2018; ROHLER ET AL. 2020). Dennoch sollte nach MÖLLER ET AL. (2011) berücksichtigt werden, dass mehr Wissen nicht zwangsläufig zu einer höheren Akzeptanz führen muss.

### 2.1.5 Einfluss von technologiebezogenen Faktoren

Im abschließenden Abschnitt wird der Fokus auf diejenigen Einflussfaktoren gelegt, die durch die Beschaffenheit und Möglichkeiten der Technologien sowie deren potenzielle Konnektivität auf das Übernahmeverhalten bedingt sind.

Das Feld der digitalen Landwirtschaft zeichnet sich durch seine technologische Vielseitigkeit aus. Abhängig von der gewählten Technologie und Anwendung begründen sich daraus weitere Faktoren, die sich positiv oder negativ auf die Adoption auswirken (SCHIMMELPFENNIG 2016; VON JEINSEN ET AL. 2018). Besonders häufig angeführt werden dabei die Investitionskosten für digitale Technologien, welche eine große Einstiegsbarriere für Landwirte darstellen (z.B. PIERPAOLI ET AL. 2013; SCHLEICHER UND GANDORFER 2018; GABRIEL ET AL. 2021), oftmals bei investitionsintensiveren Technologien mit einer schwer einschätzbaren Profitabilität für die Landwirte (REICHARDT UND JÜRGENS 2009), z.B. sensorgesteuerte Hacktechnik oder Spot-Spraying-Technologien. Mit vielen der Technologien wird zudem eine hohe Komplexität verbunden, was einen nötigen Wissensstand voraussetzt, um die Technologien erfolgreich einzusetzen (BEINERT 2017). In diesem Zusammenhang zeigt die Literatur, dass die Eigenschaften einer Technologie Einfluss auf die Adoption haben. Der Einfluss zeigt sich z.B. durch die von Landwirten wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit einer digitalen Technologie (MICHELS ET AL. 2019; MICHELS ET AL. 2021). Ein weiteres Hindernis mit Hinblick auf die Eigenschaften der Technologie stellt die mangelnde Kompatibilität zwischen unterschiedlichen Geräten und Anwendungen dar (z.B. REICHARDT UND JÜRGENS 2009; KNIERIM ET AL. 2018; SCHLEICHER UND GANDORFER 2018).

Neben diesen Faktoren, spielt insbesondere in aktuellen Studien das Thema Datensicherheit und -hoheit eine tragende und immer größer werdende Rolle, welches Landwirte von der Nutzung abzuschrecken scheint (GABRIEL UND GANDORFER 2020; ROHLER ET AL. 2020).

Darüber hinaus können wenig transparente Fördermaßnahmen für Innovationen sogar tendenziell hemmend wirken (KÖNIG ET AL. 2012; GABRIEL ET AL. 2021).

### 2.1.6 Zusammenfassung des Forschungsstandes

Nachfolgend wird der aktuelle Forschungsstand zur besseren Übersicht nochmals zusammenfassend in Tabelle 1 und 2 dargestellt. Die aufgezeigten Studien untersuchen die dargestellten Faktoren meist länder- sowie technologiespezifisch, allerdings ohne die kleinstrukturierte Landwirtschaft bzw. (kleine) Größenverhältnisse gezielt zu betrachten oder dies als Gesamtansatz zu integrieren. Die durchschnittliche Betriebsgröße der befragten Landwirte in den jeweiligen Studien liegt oftmals über 100 ha, eine Ausnahme bildet aktuell z.B. die Studie nach GROHER ET. AL (2020).

**Tabelle 1:**  
**Darstellung des Forschungsstandes bezüglich der Einflussfaktoren auf die Adoption digitaler Technologien (1)**

Einflussfaktoren		Beispielhafte Quellen
-=tendenziell hemmend; +/-=unterschiedliche Beobachtungen; +=tendenziell förderlich; 0=kein Einfluss		
<b>Demographische Faktoren</b>		
Alter	+/-	+ = DABERKOW UND McBRIDE (1999), GROHER ET AL. (2020b) +/- = PAUSTIAN UND THEUVSEN (2017), SHANG ET AL. (2021) 0 = AUBERT ET AL. (2012), LÄPPLE ET AL. (2015), CASTLE ET AL. (2016), KNIERIM ET AL. (2018)
Höhe des Bildungsabschlusses	+	ROBERTS ET AL. DABERKOW UND McBRIDE (1999), DABERKOW UND McBRIDE (2003), ROBERTS ET AL. (2004) REICHARDT UND JÜRGENS (2009), LAWSON ET AL. (2011), TEY UND BRINDAL (2012), PIERPAOLI ET AL. (2013), VON JEINSEN ET AL. (2018), SHANG ET AL. (2021)
Jahre an Praxiserfahrung	+	TEY UND BRINDAL (2012), PAUSTIAN UND THEUVSEN (2017), VON JEINSEN ET AL. (2018)
<b>Betriebliche Faktoren</b>		
Einkommen der Betriebe	+ / 0	+ = PIERPAOLI ET AL. (2013), BORGES ET AL. (2017), GROHER ET AL. (2020b), KOLADY ET AL. (2021) 0 = TEY UND BRINDAL (2012), CASTLE ET AL. (2016)
Erwerbsform (Haupterwerb)	+	PAUSTIAN UND THEUVSEN (2017), DABERKOW UND McBRIDE (2003), LÄPPLE ET AL. (2015)
Betriebsgröße	+	DABERKOW UND McBRIDE (2003), DIEDEREN ET AL. (2003), ROBERTS ET AL. (2004), PEDERSEN ET AL. (2004), BLACKMORE ET AL. (2006), REICHARDT UND JÜRGENS (2009), PIERPAOLI ET AL. (2013), LAMBERT ET AL. (2014), CASTLE ET AL. (2016), PAUSTIAN UND THEUVSEN (2017), VON JEINSEN ET AL. (2018), KERNECKER ET AL. (2019), GROHER ET AL. (2020b), KOLADY ET AL. (2021), SHANG ET AL. (2021)
Herdengröße	+ / 0	+ = GROHER ET AL. (2020b); 0 = LIMA ET AL. (2018), GROTHKOPF ET AL. (2021)
Betriebliche Ausrichtung	+/-	Einfluss je nach Ausprägung: DABERKOW UND McBRIDE (2003), MICHEELS UND NOLAN (2016), BORGES ET AL. (2017), KERNECKER ET AL. (2019)
Pflanzenbausystem/ Kultur	+/-	Einfluss je nach Ausprägung: JENSEN ET AL. (2012), KNIERIM ET AL. (2018), KERNECKER ET AL. (2019), GROHER ET AL. (2020b),
Familienarbeitskräfte	-	SCHIMMELPFENNIG (2016)
Fremdarbeitskräfte	+	REICHARDT UND JÜRGENS (2009), MICHEELS UND NOLAN (2016), PAUSTIAN UND THEUVSEN (2017)

**Tabelle 2:**  
**Darstellung des Forschungsstandes bezüglich der Einflussfaktoren auf die Adoption digitaler Technologien (2)**

Einflussfaktoren		Beispielhafte Quellen
-=tendenziell hemmend; +/-=unterschiedliche Beobachtungen; +=tendenziell förderlich; 0=kein Einfluss		
<b>Intrinsische Faktoren</b>		
IT-Fähigkeiten, Kenntnisse	+/0	+= DABERKOW UND McBRIDE (2003), REICHARDT ET AL. (2009), TEY UND BRINDAL (2012), KOLADY ET AL. (2021) 0= ROBERTS ET AL. (2004)
Eigene Werte, Ziele, Motivation, Einstellung	+	SCHEWE UND STUART (2015), BRIGGS ET AL. (2012), LIMA ET AL. (2018), PATHAK ET AL. (2019), GROTHKOPF ET AL. (2021), MOHR UND KÜHL (2021), SHANG ET AL. (2021)
Innovationsfreudigkeit, Anpassungsfähigkeit	+	TEPIC ET AL. (2012)
Vorherige (positive) Erfahrungen	+	GABRIEL ET AL. (2021), GROTHKOPF ET AL. (2021)
<b>Soziales Umfeld</b>		
Familienangehörige & nahes Umfeld	+	KUCZERA (2006), VON JEINSEN ET AL. (2018)
Informeller Austausch mit Berufskollegen	+	McBRIDE UND DABERKOW (2003), KERNECKER ET AL. (2016), TESSEMA ET AL. (2016), KNIERIM ET AL. (2018), KERNECKER ET AL. (2019)
Informationsverfügbarkeit, Angebote zur Aus- und Weiterbildung, Demonstrationen	+	DABERKOW UND McBRIDE (1999), KUTTER ET AL. (2011), LÄPPLE ET AL. (2016), BORGES ET AL. (2017), HIGGINS ET AL. (2017), VON JEINSEN ET AL. (2018), Bechtet (2019) ROHLEDER ET AL. (2020)
Nutzung von Informations- und Beratungsangeboten	+	ROBERTSON ET AL. (2007), TEY UND BRINDAL (2012) PAUSTIAN UND THEUVSEN (2017), BARNES ET AL. (2019), SHANG ET AL. (2021)
Möglichkeiten zum Testen und Ausprobieren	+	HIGGINS ET AL. (2017), KERNECKER ET AL. (2019), KNIERIM ET AL. (2019)
<b>Technologiebezogene Faktoren</b>		
Hohe Kosten bei Implementierung, schwer abzuschätzende Profitabilität/Rentabilität	-	REICHARDT UND JÜRGENS (2009), PIERPAOLI ET AL. (2013), SCHLEICHER UND GANDORFER (2018), BARNES ET AL. (2019), KOLADY ET AL. (2021) GABRIEL ET AL. (2021)
Hohe Komplexität	-	BEINERT (2017)
Mangelnde Produktkompatibilität	-	PEDERSEN ET AL. (2004), REICHARDT ET AL. (2009), KUTTER ET AL. (2011), KNIERIM ET AL. (2018), SCHLEICHER UND GANDORFER (2018)
Datenhoheit/Datenschutz	-	SCHLEICHER UND GANDORFER (2018), ROHLEDER ET AL. (2020), GABRIEL ET AL. (2021)
Wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit	+	MICHELS ET AL. (2019), PATHAK ET AL. (2019), MICHELS ET AL. (2021), GROTHKOPF ET AL. (2021), MOHR UND KÜHL (2021)
<b>Sonstige Faktoren</b>		
Finanzielle Förderung	+/-	KÖNIG ET AL. (2012), GABRIEL ET AL. (2021)

### 3 Material und Methoden

Um die Bedeutung der Kleinstrukturierung und ihren Einfluss auf die Übernahme von digitalen Techniken in den landwirtschaftlichen Betrieben in Baden-Württemberg zu ermitteln, wurde eine qualitative Erhebung in Form von 38 Experteninterviews durchgeführt. Gewählt wurde ein Stakeholder-Ansatz, orientiert daran, dass Innovationsprozesse zunehmend als Ergebnis der Interaktion von verschiedenen Akteuren und innerhalb von selbstorganisierten Netzwerken betrachtet werden (KLERKX ET AL. 2010). Da für die Digitalisierung in der Landwirtschaft als Innovationsbereich auch unterschiedliche Akteursgruppen neben den Landwirten selbst erkennbar sind, war es das Ziel der Befragung, Expertenwissen und Einschätzungen von relevanten Vertretern zu sammeln. Für die Expertenauswahl anhand des Stakeholder-Ansatzes wurden zunächst die relevanten Stakeholder für die Thematik der Besonderheiten der Kleinstrukturierung im Zusammenhang mit der Digitalisierung ermittelt (FREEMAN 1984; KRICK ET AL. 2005). Basierend auf einer Literaturrecherche sowie einer Akteursanalyse im DiWenkLa-Projektverbund wurden relevante Personengruppen identifiziert, die von der Digitalisierung in kleinen Strukturen betroffen sind und/oder Einfluss ausüben. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Stakeholder Akteure vertreten, die im Kaufentscheidungsprozess der Landwirte involviert sind, um die Abschätzung von Einflussfaktoren gewährleisten zu können. Aus den ermittelten Akteursgruppen Forschung (12), Handel und Beratung (2), Maschinenring und Lohnunternehmer (2), Agrarverwaltung und Landesanstalten (8), Industrie (9), Weiterbildungseinrichtungen (1) sowie Landwirte (4) wurden 38 Interviewpartner ausgewählt. Der Großteil der Experten (25) stammt aus Baden-Württemberg sowie aus Bayern (3), der Schweiz (2) und Österreich (2), um auch die Expertise aus anderen Regionen mit einer kleinstrukturierten Landwirtschaft einzubeziehen. Weitere Experten (6) sind nicht fest in einer Region zu verorten, da diese bundeslandübergreifenden Institutionen angehören.

Mittels eines Leitfadens mit offenen Fragen wurden die Interviews geführt (MEUSER UND NAGEL 2009). Dieser basiert auf den eingangs genannten Forschungsfragen. Die Interviews wurden zwischen März und Juni 2021 im Rahmen des „DiWenkLa“-Projektes in Baden-Württemberg in Form von Videogesprächen durchgeführt, audiotekhnisch aufgezeichnet und anonymisiert nach KUCKARTZ (2018) und DRESING UND PEHL (2017) wörtlich transkribiert. Anschließend wurde eine qualitative Inhaltsanalyse nach MAYRING (2015) mithilfe der Software „MAXQDA“ durchgeführt. Hierbei wurde das Prinzip der deduktiven Kategorienbildung und der strukturellen Inhaltsanalyse mit Paraphrasierung genutzt (MAYRING 2015). Das genutzte Verfahren zur qualitativen Inhaltsanalyse zeichnet sich gemäß MAYRING (2015) dadurch aus, dass zunächst theoriegeleitet Hauptkategorien und Strukturdimensionen für die inhaltliche Analyse festgelegt werden. Darauf aufbauend werden die Ausprägungen bestimmt und das Kodiersystem zusammengestellt. Anschließend werden die Definitionen, Ankerbeispiele und Kodierregeln für jede Kategorie formuliert. Sobald das Kodiersystem detailliert definiert ist, werden

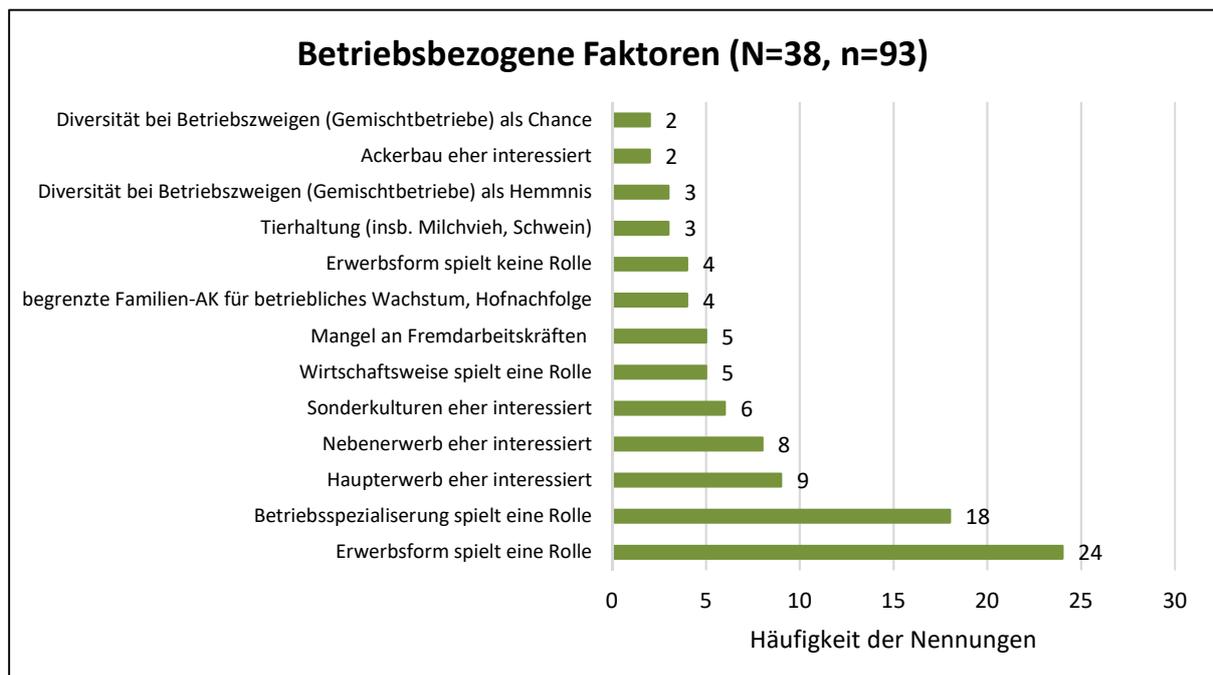
das Material (hier Interviewtranskripte) erstmalig betrachtet und entsprechende Fundstellen markiert. In einem zweiten Durchlauf der Transkripte werden dann die Fundstellen konkret bearbeitet und extrahiert. Gegebenenfalls kann es dann zu Anpassungen vom erstellten Categoriesystem kommen, ist dies der Fall, so werden die zuvor genannten Schritte wiederholt. Im Anschluss wird das extrahierte Material paraphrasiert und je Kategorie zusammengefasst (MAYRING 2015). Ferner werden die paraphrasierten Textsegmente aggregiert und zu Überkategorien zusammengefasst. In der vorliegenden Studie sind das z.B. die einzelnen Einflussfaktoren, einzelne Chancen, Risiken oder Anforderungen. Dadurch, dass die Fragen an die Experten offen gestellt waren, wurden die dargestellten Einflussfaktoren, Chancen und Risiken sowie Anforderungen aus dem erhobenen Interviewmaterial erarbeitet.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Einflussfaktoren auf das Adoptionsverhalten in der kleinstrukturierten Landwirtschaft

Bei den durch die Experten identifizierten Einflussfaktoren im Entscheidungsprozess der Landwirte können betriebsbezogene Faktoren, Faktoren der Außenwirtschaft sowie der Innenwirtschaft, Einflüsse aus dem sozialen Umfeld sowie intrinsische Faktoren der Landwirte unterschieden werden. Dies wird im Folgenden näher erläutert. Anschließend an die qualitative Inhaltsanalyse nach MAYRING (2015) werden die Faktoren hinsichtlich ihrer Relevanz anhand der Häufigkeit der Nennungen durch die Experten nachfolgend aufgeführt.

Bei den **betriebsbezogenen Faktoren** (siehe Abbildung 1) lässt sich zunächst festhalten, dass die Experten der Erwerbsform der Betriebe (24 Nennungen) einen erhöhten Einfluss im Vergleich zu den anderen genannten Faktoren auf die Adoption von digitalen Technologien zusprechen. Potenzielles Interesse sehen die Experten sowohl für den Haupt- als auch für den Nebenerwerb. Danach folgt der Grad der Betriebsspezialisierung (18 Nennungen), wobei laut den Experten der Sonderkulturbereich eine höhere Affinität zu digitalen Techniken aufzeigt. Dies begründet sich in der höheren Wertschöpfung je Flächeneinheit durch Sonderkulturen, wodurch eine schnellere Amortisation möglich ist. Zudem sind dies sehr arbeitsintensive Kulturen.

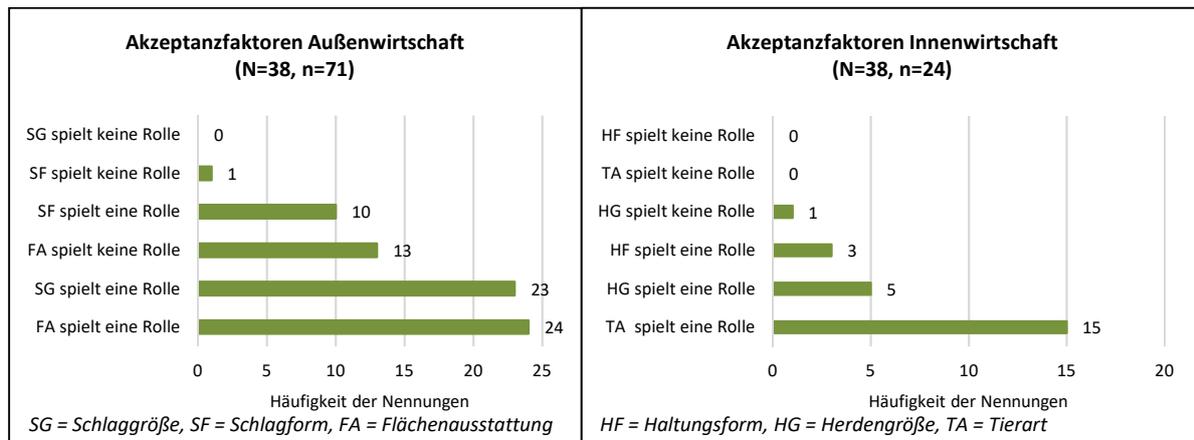


**Abb. 1: Betriebsbezogene Einflussfaktoren auf die Akzeptanz digitaler Technologien**

Gleichzeitig sehen die Experten den geringeren Spezialisierungsgrad in der kleinstrukturierten Landwirtschaft sowohl als Chance, jedoch auch als Hemmnis aufgrund einer hohen Komplexität durch viele alternative Investitionsmöglichkeiten, was sich auch in den spezifischen Anforderungen (siehe 4.3) äußert. Trotz des hohen Anteils an Familienbetrieben in kleinen Strukturen werden Faktoren wie die Situation der (Familien-) Arbeitskräfte und Hofnachfolge (4 Nennungen) oder die Rolle der Wirtschaftsweise (5 Nennungen) weniger als Einfluss benannt.

In der **Außenwirtschaft** werden folgende Faktoren hervorgehoben, welche einen Einfluss auf die Entscheidung der Landwirte nehmen: Flächenausstattung, Schlagform und Schlaggröße (siehe Abbildung 2). Recht eindeutig zeigt sich im Rahmen aller Experteninterviews, dass die Schlaggröße eine Rolle spielt (23 Nennungen) und die Schlagform (10 Nennungen) einen gemäßigten Einfluss hat. Mit Blick auf die Gruppe der Landwirte zeigt sich, dass diese den Einfluss der Schlaggröße und -form betonen. Die Relevanz der Schlaggröße wird darin begründet, dass insbesondere bei einer hohen Anzahl von kleinen Schlägen eine sehr hohe Arbeitsentlastung in der Dokumentation und im Fahrablauf (z.B. Einsparung von Arbeitsaufwand beim Vorgewende) erzielt werden kann, was sich auf die Entscheidungsfindung positiv auswirkt. Beispielhaft zu nennen sind hierbei die automatischen Lenksysteme und die automatische Teilbreitenschaltung. Nicht eindeutig sind die Aussagen bezüglich der Flächenausstattung: Einerseits wird ihre Rolle u.a. von den Landwirten als wesentlich eingestuft (24 Nennungen), andererseits zeigen 13 Äußerungen von Experten einen geringeren Einfluss auf. Experten aus der Industrie, Forschung und Agrarverwaltung begründen einen geringeren Einfluss der

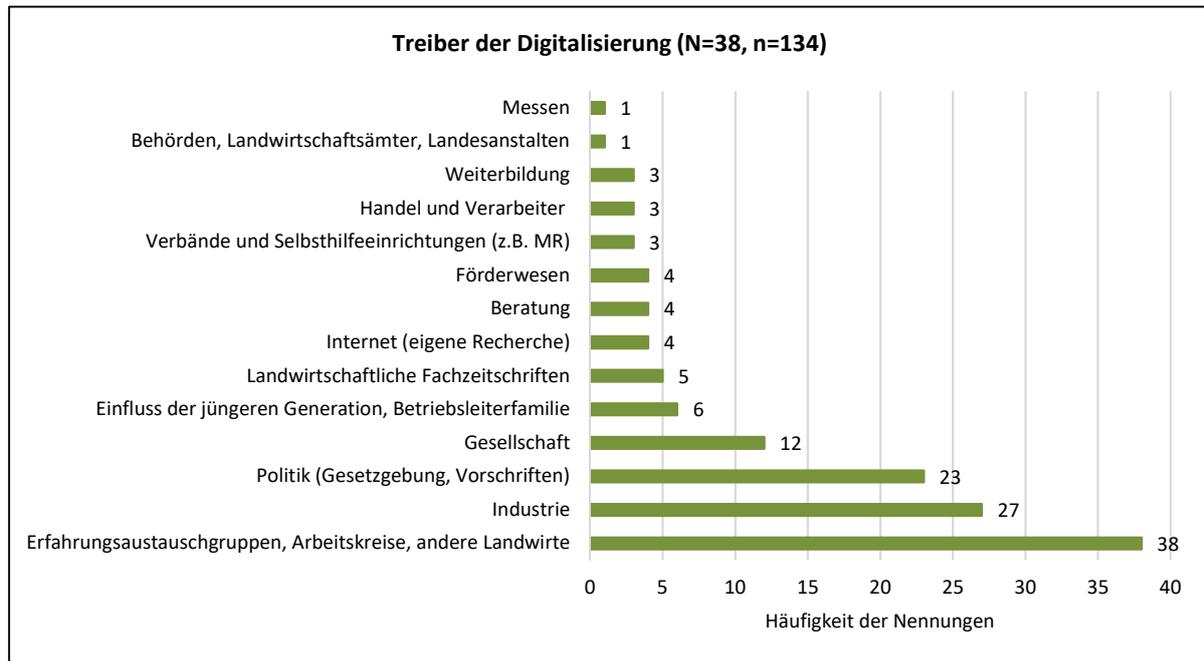
Flächenausstattung mit dem vermehrten Einfluss von verfügbarem Investitionskapital sowie dem erwarteten Nutzen einer Technologie.



**Abb. 2: Spezifische Einflussfaktoren der Innen- und Außenwirtschaft auf die Akzeptanz digitaler Techniken**

In der **Innenwirtschaft** können neben der Haltungform, die gehaltene Tierart sowie die Herdengröße eine Rolle spielen (siehe Abbildung 2). Die Interviews weisen darauf hin, dass die Tierart (15 Nennungen) einen erhöhten Einfluss auf die Adoption nehmen kann. Insbesondere in der Haltung von Milchvieh und Schweinen zeigt sich dies laut einigen Experten positiv. In der Pferdehaltung hingegen zeigt sich eher ein negativer Einfluss, dies wird mit dem Traditionsdenken und der verstärkten Emotionalität im Unterschied zu der Nutztierhaltung begründet. Darüber hinaus zeigt die Anzahl der Nennungen nur einen begrenzten Einfluss der Herdengröße (5 Nennungen) und der Haltungform (3 Nennung), wobei die extensive Weidehaltung oder die reine (Pferde-) Boxenhaltung als negativ wirkend wahrgenommen werden.

Das **soziale Umfeld** eines Landwirts hat Einfluss auf tagtägliche Entscheidungen und kann somit relevant für den Adoptionsprozess von digitalen Technologien sein (siehe Abbildung 3).

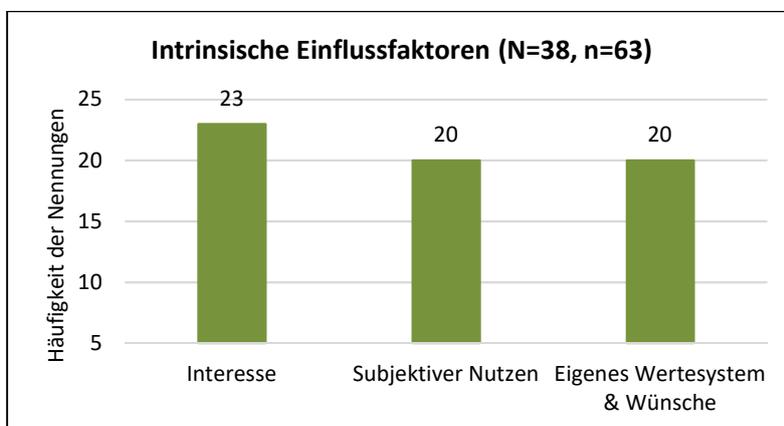


**Abb. 3: Treiber der Digitalisierung aus dem sozialen Umfeld der Landwirte**

Den Expertengesprächen zufolge sind andere Landwirte (z.B. Erfahrungsaustausch) sowie das Erproben von Technologien in Gruppenformaten wesentliche Treiber (38 Nennungen). Daran anschließend wird die Industrie repräsentiert durch Zulieferer sowie Maschinen- und Softwarehersteller genannt (27 Nennungen). Ein Experte aus dem Bereich Handel und Beratung betont, dass „ein sehr großer Faktor (...) die Präsenz von Technikanbietern“ im nahen betrieblichen Umfeld ist. Diese wichtige Rolle der Industrie wird von allen befragten Experten gleich stark wahrgenommen. Darüber hinaus zeigen laut den Experten die Politik (23 Nennungen) sowie die Gesellschaft und deren Forderungen (Verbraucherschutz, Rückverfolgbarkeit) (12 Nennungen) einen erhöhten Einfluss. Politisch äußert sich Druck durch die Gesetzgebung und Vorschriften hinsichtlich der Düngeverordnung (DüV), Tierwohlthematiken, Umweltschutz sowie die allgemeine Dokumentationspflicht. Auffällig ist, dass die Vertreter der Landwirte den Einfluss durch die Gesellschaft und Politik nicht gleichermaßen teilen, während die Industrie vereinzelt die Meinung vertritt, dass die zunehmende Digitalisierung insbesondere „durch die verschärfte Düngeverordnung (DüV)“ vorangetrieben wird. Auch verdeutlichen die Experten, dass die jüngere Generation, die Betriebsleiterfamilie und die Relevanz der Hofnachfolge (6 Nennungen) einen Einfluss ausüben kann. Dies äußern insbesondere Experten aus der Agrarverwaltung/Landesanstalten, Forschung, Industrie sowie Maschinenringe/Lohnunternehmer. Ein Experte aus dem Bereich Maschinenringe/Lohnunternehmen vermutet, dass „eben in der Familie, wenn die junge Generation

schon da ist oder der Hofnachfolger noch sehr jung und in der Ausbildung ist, (...) eben auch der Druck entsteht“.

Neben den sozialen Treibern werden **intrinsische Einflüsse** auf die Adoption von digitalen Technologien genannt: Interesse (23 Nennungen), subjektiv wahrgenommener Mehrwert (20 Nennungen) der Technologien sowie das eigene Wertesystem und die eigenen Wünsche der Landwirte (20 Nennungen), wie in Abbildung 4 dargestellt. Ergänzend hierzu wird in einzelnen Interviews die Meinung geäußert, dass der Landwirt zukünftig weiterhin selbstständig die Entscheidungen treffen möchte. Dies wird im Folgenden näher erläutert. „Das mache ich, weil ich überzeugt bin“, so beschreibt ein Vertreter der Landwirte seinen Antrieb, warum er digitale Technologien einsetzt. Der am häufigsten genannte Bereich umfasst das Interesse der Landwirte: Hierbei betonen nahezu alle Experten, dass die individuelle Einstellung, d.h. die Bereitschaft, Überzeugung, Offenheit und Änderungswille sowie die Technikaffinität eine hohe Relevanz haben (22 Nennungen). Einem Experten aus der Agrarverwaltung zufolge darf man „keine Angst haben, neue Technologien anzufassen“, ebenso zeigen Vertreter der Industrie auf, dass „das Mindset (...) das entscheidende“ ist und der Unterschied in der „Unternehmenspersönlichkeit“ liegt. Darüber hinaus betont ein Experte, dass der Professionalisierungsgedanke und ein „gezielter Perfektionismus“ der Landwirte sich ebenfalls positiv auf die Adoption auswirken.



**Abb. 4: Intrinsische Einflussfaktoren auf die Entscheidung der Landwirte in Bezug auf die Übernahme digitaler Technologien**

Bezüglich des subjektiven Mehrwerts halten die Experten aus der Industrie, Forschung, Agrarverwaltung/Landesanstalten sowie Maschinenringe/Lohnunternehmer fest, dass der (erkannte und erhoffte) Nutzen einer digitalen Technologie eine große Auswirkung auf die Adoption haben kann (6 Nennungen). Gleichzeitig wird vereinzelt angemerkt, dass ein fehlender subjektiv wahrgenommener Mehrwert z.B. für Nebenerwerbslandwirte negativ wirkt (5 Nennungen). Auf Nebenerwerbsbetrieben vermutet ein Experte aus der Forschung andere Einflussfaktoren, da hierbei der Traditionsgedanke,

das Hobby aus Leidenschaft sowie die händische Arbeit als körperlicher Ausgleich zum Alltag eine gewisse Rolle spielen. Darüber hinaus zeigt sich in den Interviews, dass die Relevanz von individuellen Erfahrungen und die negative Wirkung von schlechten Erfahrungen hoch einzustufen sind (5 Nennungen): Denn neben positiven, „eigenen Erfahrung über verschiedene Generationen hinweg“ (Experte aus der Forschung) können „negative Erfahrungen Landwirte weit zurückwerfen was die Akzeptanz anbelangt“, so ein Experte aus dem Bereich der Weiterbildung. Die junge Generation wird in der vorliegenden Studie als naiver eingestuft, da diese oftmals noch keine bzw. wenige vergangene (digitale) Investitionserfahrungen auf dem Betrieb sammeln konnte, wohingegen die ältere Generation vermehrt Expertise aufweisen kann. Eine untergeordnete Rolle spielen dahingegen fehlendes Wissen der Landwirte z.B. im Bereich Datenschutz (2 Nennungen) sowie die wahrgenommene Komplexität der Anwendung von digitalen Technologien (1 Nennung).

Neben den zuvor genannten Bereichen lassen sich aus den Interviews zudem Faktoren aus dem eigenen Wertesystem und den Wünschen der Landwirte ableiten. Eine hohe Bedeutung sprechen Experten aus der Industrie, Agrarverwaltung/Landesanstalten und Forschung dem (Änderungs-) Wunsch der Landwirte nach mehr Unabhängigkeit, einem attraktiven Arbeitsalltag mit mehr Flexibilität, Komfort, Sicherheit und Verlässlichkeit sowie einem ‚Spaßfaktor im Umgang mit digitalen Technologien‘ zu (12 Nennungen). Darüber hinaus zeigt sich bei Interviews mit Weiterbildungs- und Forschungseinrichtungen und Landwirten, dass ein zukunftsorientierter Denkansatz hinsichtlich des Wunsches nach einer erfolgreichen Hofnachfolge und einem Weiterbestehen des Betriebes sowie die Bewältigung der wachsenden Anforderungen relevant sein können (3 Nennungen).

## 4.2 Chancen und Risiken der Implementierung von digitalen Technologien

Im Rahmen der Interviews wird deutlich, dass für die kleinstrukturierten Betriebe spezielle Risiken gesehen werden. So ergeben sich laut den Experten inner- und außerbetriebliche Risiken für die kleinteilige Agrarstruktur. Allerdings betont ein Experte aus der Forschung gleichermaßen, dass die Frage gestellt werden sollte, ob „für (die) Kleinstrukturierung dadurch ein Nachteil entsteht, der nicht ohnehin da ist“, denn „Kleinstrukturierungen sind ineffizienter“.

Außerbetrieblich wird betont, dass der zunehmende Strukturwandel sowie die Abgabe von Dienstleistungen aufgrund eines zu hohen Aufwandes für den Betrieb Risiken darstellen können. Ein Experte aus der Industrie prognostiziert, dass sich da „mehr oder weniger die Spreu vom Weizen trennen“ wird.

Innerbetrieblich äußert sich das Risikopotenzial laut den Experten in vielfältiger Hinsicht, insbesondere sozial und ökonomisch. Aus sozialer Sicht können die erhöhten Knowhow-Anforderungen in kleinstrukturierten Regionen negativ wirken, da oftmals ein hoher Nebenerwerbsanteil auf den Betrieben vorliegt. Laut den Experten aus den Bereichen Agrarverwaltung/Landesanstalten, Forschung

sowie Landwirte ist die klassische landwirtschaftliche Ausbildungs- und somit Wissensgrundlage bei Nebenerwerbslandwirten oft nicht gegeben. Damit einher geht die Argumentation, dass tagtäglich eine große Menge an Datenmaterial anfällt, welche von den Landwirten gemanagt werden muss, was kleinstrukturierte Betriebe mit personellen und zeitlichen Limitierungen an Grenzen führen kann. Die Problematik der Datenbewältigung betont insbesondere ein Vertreter der Landwirte, der die zunehmende Informationsfülle als kritische und schwer zu stemmende Aufgabe einschätzt. Ein Experte aus der Forschung hebt das Risiko hervor, dass man „Landwirte verlieren (kann), die sich den digitalen Technologien gegenüber überhaupt nicht gewappnet fühlen“, was wiederum zu Betriebsaufgaben führen kann. Zudem gestaltet sich die Übertragung von (digitalen) Aufgaben an - falls vorhanden- (unqualifizierteres) Personal schwieriger, da die gründliche Einweisung zeitlich sehr aufwändig sei und sich der Aufwand teilweise höher als der Nutzen darstelle.

Im ökonomischen Bereich sehen Experten aus der Industrie, Forschung sowie Agrarverwaltung/Landesanstalten die erschwerten Investitionsbedingungen und Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe in einer kleinteiligen Agrarstruktur als Risiken an. Aufgrund eines geringeren, verfügbaren Investitionsvolumens besteht die Gefahr, dass die Betriebe langfristig nicht wettbewerbsfähig bleiben können und abgehängt werden. Zudem ergänzen die Experten, dass die Betriebsleiter nicht zwangsläufig auf eine überbetriebliche Nutzung von digitalen Technologien abzielen, da diese Konsequenzen für die Nutzung haben. Beispielsweise wird darauf verwiesen, dass der Arbeitsvorgang des Hackens im Sonderkulturbereich zeitlich stark eingegrenzt ist, weshalb eine mangelnde Verfügbarkeit der Hacke zu einem bestimmten Zeitpunkt durch die überbetriebliche Nutzung schädlich für den weiteren Vegetationsverlauf ist. Weitere Gefahren sehen die Experten durch die überbetriebliche Nutzung in der Kompetenzabgabe und Erhöhung der externen Abhängigkeiten sowie „Cyber-Kriminalität“ (Experte aus der Forschung). Die komplette Eigenmechanisierung stellt sich für kleinstrukturierte Betriebe als schwieriger dar, insbesondere die wirtschaftlichen Risiken in Form von schwer erzielbaren Kostendegressionseffekten werden von der Forschungsseite betont. Die Investitionsbedingungen werden gemäß der Experten zusätzlich dadurch erschwert, dass in der kleinstrukturierten Landwirtschaft eine hohe Diversität der Betriebszweige vorliegt, wodurch sich vielseitige Digitalisierungsmöglichkeiten anbieten können. Das birgt das Risiko, dass die Komplexität der möglichen Investitionen ansteigt und entsprechende Anpassungsmöglichkeiten an die Betriebsbedürfnisse fehlen. Teilweise kann dies zu einer „Investitionsverwirrung“ führen, sodass Landwirte Investitionen tätigen, ohne die gekauften Technologien sinnvoll auf den Betrieben integrieren zu können.

Als Chancen des Einsatzes von digitalen Technologien für die kleinstrukturierten Betriebe sehen die Experten ebenfalls mögliche inner- und außerbetriebliche Wirkungen.

Die Experten aus den Bereichen Forschung, Agrarverwaltung/Landesanstalten, Landwirte und Industrie sehen insbesondere im nachgelagerten Bereich (außerbetriebliche) Chancen, die den kleinstrukturierten Betrieben zu Gute kommen können. Dazu gehören die Vermarktung, die Nutzung von neuen Geschäftsmodellen sowie die Erfassung und Weitergabe von Ökosystemdienstleistungen: Beispielsweise argumentiert ein Experte aus der Forschung „Ja, das Risiko ist da ökonomisch, aber ökonomisch sehe ich eben auch das Potential zu neuen Geschäftsmodellen zu kommen, in denen gerade unsere Stärken im Südwesten besonders ausgespielt werden.“ Darüber hinaus sehen insbesondere die Experten aus den Bereichen Landwirte und Forschung erhebliche Chancen in der gesamten Transparenz und Imagedarstellung entlang der Wertschöpfungskette sowie im Marketing. Die Industrie zeigt hingegen strukturelle Chancen auf, sodass kleinstrukturierte (Familien-) Betriebe Wachstumsmöglichkeiten nutzen können und der Strukturwandel teilweise abgefangen werden kann. Gleichzeitig hinterfragen Experten jedoch auch die Digitalisierung als Beschleuniger des Strukturwandels.

Auf der innerbetrieblichen Seite gibt es Chancen im ökologischen, ökonomischen und sozialen Bereich. Ökologische Chancen zeigen sich laut der zuvor genannten Experten in der verbesserten Anpassung an die naturräumlichen Gegebenheiten und einer umweltgerechteren und schonenderen Bewirtschaftung. Zusätzlich ließen sich Ökosystemdienstleistungen produzieren und entsprechend dokumentieren, was sich wiederum in kompetitiven Vorteilen äußern kann.

Ökonomische Chancen für kleinstrukturierte Betriebe liegen in dem Bereich der Beschaffung, im Management und in der Produktion. Die Industrie und Forschung sehen Chancen in der Beschaffung von Betriebsmitteln, da dies zeitsparender ist und Zeit einen knappen Faktor auf (Familien-) Betrieben darstellt. Ebenso ergeben sich Vorteile in der Arbeitskraftbeschaffung, da durch den Einsatz von digitalen Technologien Arbeitskräfte eingespart werden können, was dem Arbeitskraftmangel beispielsweise im Gemüsebau (z.B. durch Hack- und Pflückroboter) entgegenwirken kann, so ein Vertreter der Landwirte. Im Bereich des Managements wird durch Experten der Industrie, Forschung, Agrarverwaltung/Landesanstalten und Landwirte deutlich, dass der Einsatz von digitalen Technologien (z.B. FMIS) ein fundiertes Betriebs- und Produktionsmanagement durch mehr Daten, Informationen und Simulationsmöglichkeiten bieten kann. Die Nutzung von externem Wissen durch Dienstleister im Zuge der Nutzung von digitalen Technologien kann sich zudem positiv auf das Betriebsmanagement auswirken. Landwirte hätten somit die Möglichkeit, einzelne Schläge oder Herden in ihrer Heterogenität zu kennen, Arbeitsabläufe gezielt zu optimieren und Ernten präziser zu koordinieren. Die Experten betonen zudem, dass die kleinstrukturierten Betriebe besonders hohe Chancen haben, da die Prozesse in großstrukturierten Betrieben oftmals statischer sind. Darüber hinaus wird betont, dass sich das Management durch eine unterstützte Dokumentation erleichtern lässt, da kleinstrukturierte Betriebe somit einfacher Gesetze, Fristen und Informationsbereitstellungspflichten

einhalten können. Ein oft genanntes Beispiel ist die Einhaltung der Düngeverordnung und der nötigen Dokumentation von vielen, kleinen Schlägen. Produktionsbezogene Chancen für kleinstrukturierte Betriebe ergeben sich aus der Arbeitseffizienzsteigerung und Leistungssteigerung durch gesenkte Kosten und gesteigerter Arbeits- und Produktqualität, beispielsweise in der Außenwirtschaft (Beispiel Aussaat). Die Kosten der Betriebsmittel wie z.B. Pflanzenschutz- und Düngemittel, Saatgut, Tierarztkosten sinken, Arbeitszeit- und Arbeitskraft kann eingespart werden, während Arbeitsprozesse präziser werden. Die genannten Chancen sind nicht grundlegend anders als bei Betrieben in großen Agrarstrukturen, diese sind allerdings aufgrund der limitierten Arbeitszeit und personellen Größe wesentlich für kleinstrukturierte Betriebe. Insbesondere die Arbeitszeiteinsparungen machen sich den Experten zufolge speziell auf kleinen, unförmigen Schlägen ungleich höher als bei großstrukturierten Betrieben bemerkbar, da der Vorgewendeaufwand sinkt und die Maschinenbedienung für die Fahrer entlastet wird. Vertreter der Industrie fügen an, dass dies den Landwirten eine „extreme Leistungssteigerung“ ermöglicht und die „Maschinen effektiver werden, umso kleiner die Fläche ist.“

Die Chancen im sozialen Bereich zeigen sich in der möglichen Verbesserung der Lebensqualität der Landwirte. Vertreter der Industrie, Forschung und Agrarverwaltung/Landesanstalten heben deutlich hervor, dass die flexible Arbeitseinteilung und Freizeitgestaltung durch Arbeitszeiteinsparungen in anderen Prozessen einen Mehrwert bieten. Dieser Mehrwert ist speziell für Familienbetriebe mit begrenzten Ressourcen und niedrigerem Mechanisierungsgrad im Gegensatz zu großstrukturierten Betrieben von großer Bedeutung. Zudem wird die körperliche Entlastung genannt, welche die gesamte Arbeitsbelastung und schlussendlich die Lebensqualität positiv beeinflussen kann.

#### 4.3 Spezifische Anforderungen durch die Kleinstrukturierung

Laut den Experten gibt es technologiebezogene Anforderungen, Anforderungen durch die betriebliche Situation sowie generelle Rahmenanforderungen, die durch die Kleinstrukturierung begründet sind und sich an die Digitalisierung richten.

Technologiebezogene Anforderungen äußern sich in Anforderungen an die technischen sowie finanziellen Merkmale. Bezüglich der technischen Merkmale zeigen die Experten aus der Industrie und den Landesanstalten sowie Landwirte auf, dass die Funktionsvielfalt sowie die Komplexität der Technologien an die Anforderungen der kleinstrukturierten Betriebe angepasst werden sollten, um eine sinnvolle Produktpalette anbieten zu können: „Die Anforderungen sind im Prinzip, dass die Technologien (...) im kleinen Maßstab nutzbar sind“ (Experte der Maschinenringe und Lohnunternehmer) und „wirklich für diese kleinen Strukturen funktionieren“ (Experte aus der Forschung). In diesem Zusammenhang plädiert ein Großteil der Experten für eine zunehmend

praktikablere Handhabung der digitalen Technologien im Arbeitsalltag. In kleinstrukturierten (Familien-) Betrieben ist die Nutzungsdauer der Landtechnik oftmals höher, wodurch angepasste Nachrüstmöglichkeiten notwendig wären. Darüber hinaus zeigen die Experten die Relevanz für kleinere und leichtere Landtechnik mit digitalen Ausrüstmöglichkeiten auf, sodass die Betriebe diese Technik einfacher integrieren können. Auf der finanziellen Seite wird durch Vertreter der Landwirte, Agrarverwaltung sowie Forschungseinrichtungen einheitlich betont, dass es Anpassungen für eine kostengünstige Anschaffung geben muss, um kleinstrukturierte Betriebe in die digitale Transformation integrieren zu können.

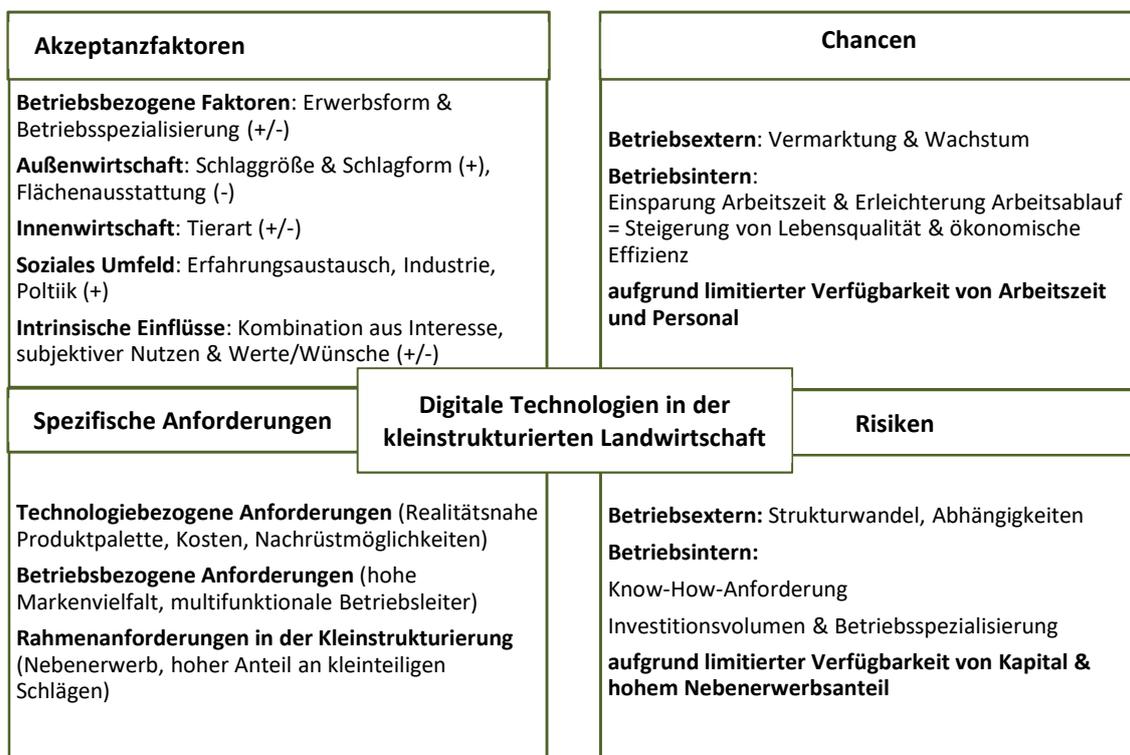
Anforderungen, die aus der Situation und Organisation der kleinstrukturierten Betriebe resultieren, begründen sich zunächst in der vorhandenen Marken- und Herstellervielfalt auf den kleinstrukturierten Betrieben. Denn oft gibt es „keine reinen Betriebsflotten“ (Experte aus der Industrie), sondern „viele verschiedene Hersteller auf den Betrieben“ (Experte der Landesanstalt). Daraus ergeben sich erhöhte Schnittstellen- und Kompatibilitätsansprüche, also Ansprüche an die weitere Entwicklung von Technologien. Bisher seien Technologien teilweise „kompatibel bis zum nächsten Update“, so ein Experte der Landesanstalten. Darüber hinaus fordern die Experten einerseits eine Erhöhung der Angebote von überbetrieblicher Maschinennutzung. Andererseits weisen die Experten auf die gezielte Unterstützung von Betriebsleitern im Entscheidungsfindungsprozess hin. Denn – Experten der Industrie und Forschung zufolge - im Gegensatz zu Betriebsleitern in Betrieben mit großen Strukturen zeichnen sich Leiter kleinstrukturierter (Familien-) Betriebe durch ihre multifunktionale und vielseitige Aufgabenbelastung aus, da es keine „spezialisierten Experten wie in großstrukturierten Betrieben, sondern eben den multifunktionalen Landwirt gibt, der aber auch nicht abgehängt werden darf“ (Experte aus der Forschung). Spezialisierungsvorteile, wie sie im großstrukturierten Betrieb möglich sind, können hier nicht erreicht werden. Somit ist die personelle und zeitliche Ressource äußerst knapp, sodass laut der Experten eine gezielte Unterstützung bei der Wissensgenerierung und Entscheidungsfindung durch weitere Akteure notwendig wird.

Der erhöhte Arbeitszeitaufwand durch viele kleine und unförmige Schläge und der hohe Anteil der Nebenerwerbslandwirtschaft („Hobby und Leidenschaft versus Zeitknappheit“) ergeben weitere spezifische Rahmenanforderungen, die in einer großteiligen Agrarstruktur weniger bedeutend sind. Die beschriebenen betriebsbezogenen (Erwerbsform) sowie außenwirtschaftlichen Akzeptanzfaktoren (Schlaggröße, Schlagform) sind hiermit konsistent (siehe 4.1). Digitale Technologien können hierbei als Hilfsmittel gesehen werden, um Betriebsleiter zu unterstützen und die Betriebe langfristig erhalten zu können.

Aus den obigen Ausführungen ergeben sich weitere Implikationen an verschiedene Akteure im Digitalisierungsprozess der Landwirtschaft, denn: „alles Digitale hilft uns nichts, wenn analog nichts passiert“, so ein Experte aus der Industrie. In den Interviews wird deutlich, dass von politischer Seite

die finanzielle Unterstützung für die Anschaffung, aber auch die konkrete Unterstützung während der Implementierung und Anwendung der Landwirte ausgeweitet werden sollte. Darüber hinaus ist es laut der Experten notwendig, dass die Industrie gezielt Schulungen sowie eine effektive Betreuung und gut erreichbare sowie örtlich verbreitete Supportstellen für die (Erst-) Implementierung anbietet. Hierbei sollte ebenfalls die Tatsache beachtet werden, dass Landwirte oftmals Technologien gebraucht erwerben, sodass beim Kauf über Dritte der direkte Support durch die Herstellerfirmen zunächst ausbleibt.

#### 4.4 Übersicht der Ergebnisse



**Abb. 5: Förderliche (+) und hinderliche (-) Akzeptanzfaktoren, spezifische Anforderungen, Chancen und Risiken digitaler Technologien in der kleinstrukturierten Landwirtschaft**

Abbildung 5 stellt eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Experteninterviews hinsichtlich der Prozesse in der kleinstrukturierten Landwirtschaft durch die Digitalisierung dar, bei den Akzeptanzfaktoren wird zusätzlich die Wirkung in fördernd (+) und hemmend (-) unterschieden.

## 5 Diskussion

Betrachtet man die obigen Ergebnisse vor dem Hintergrund der bisherigen Forschung, werden Übereinstimmungen und Differenzen deutlich. Nachfolgend wird dies näher betrachtet und diskutiert.

### 5.1 Spezifische Akzeptanzfaktoren in kleinstrukturierten Betrieben

Bei den **betriebsbezogenen Akzeptanzfaktoren** spielt die Erwerbsform eine wichtige, differenziert zu betrachtende Rolle. Dies steht im Widerspruch zur bisherigen Literatur, in der die allgemeine These, dass die Haupterwerbsbetriebe adoptionsbereiter sind, weit verbreitet ist (PAUSTIAN UND THEUVSEN 2017; DABERKOW UND MCBRIDE 2003). Darüber hinaus zeigt sich in der vorliegenden Studie, dass die Betriebsspezialisierung im Adoptionsprozess relevant ist. Betrachtet man vergleichend die Literatur, so wird deutlich, dass bisherige Studien aufzeigen, dass die Betriebsspezialisierung eine Rolle spielt, vorwiegend besteht jedoch ein hohes Interesse im Ackerbaubereich (KNIERIM ET AL. 2018; KERNECKER ET AL. 2019) sowie in der Tierhaltung (GROHER ET AL. 2020a). Dadurch, dass der Sonderkulturbereich in der kleinstrukturierten Landwirtschaft, insbesondere aber auch in Baden-Württemberg eine wichtige Rolle spielt, bleibt dieses Ergebnis konsistent. Zudem werden Faktoren wie Alter, Bildung oder Praxiserfahrung nicht explizit für die kleinteilige Agrarstruktur als maßgebliche Faktoren genannt. Auch wird deutlich, dass in der bisherigen Forschung oftmals die mangelnde Mobilfunkabdeckung und Internetbandbreite im ländlichen Raum bezogen auf die betriebliche Situation genannt wird (z.B. GABRIEL UND GANDORFER 2020; ROHLEDER ET AL. 2020), diese Umstände werden allerdings nicht explizit in Verbindung mit der kleinteiligen Agrarstruktur betont oder als spezifische Anforderung im weiteren Verlauf genannt.

Im Bereich der **Außenwirtschaft** identifizieren die Experten die Schlaggröße und Schlagform als wesentliche, fördernde Faktoren. Gleichzeitig wird die geringere Flächenausstattung als hemmender Faktor genannt, allerdings sind sich die Experten nicht eindeutig einig. Auffällig ist somit, dass in der kleinteiligen Agrarstruktur die Relevanz der Schlaggröße aus relativer Sicht höher ist, als die Bedeutung der Flächenausstattung der Betriebe. In der Literatur zeigt sich bisher sehr einstimmig, dass mit steigender Flächenausstattung (Betriebsgröße) die Akzeptanz steigt (PIERPAOLI ET AL. 2013; PAUSTIAN UND THEUVSEN 2017; SHANG ET AL. 2021), wobei aber die Faktoren Schlaggröße oder Schlagform noch nicht in die nähere Betrachtung einbezogen wurden. Die Beachtung der Schlaggröße und -form ist jedoch wesentlich, da diese für die Adoption von spezifischen Technologien wie z.B. Spurführungssysteme oder Lenksysteme von Bedeutung sind. Die Experten zeigen in diesem Kontext auf, dass sich durch die Arbeitswirtschaft bei kleinteiliger Schlaggröße und -form höhere Chancen für kleinstrukturierte Betriebe vermuten lassen. Trotzdem bleibt festzuhalten, dass die Relevanz der Flächenausstattung nicht unbedacht bleiben sollte, da der Zeitaufwand während der (Erst-) Implementierung erhöht ist

und sich in größeren Betrieben anders verteilen und umsetzen lässt als in kleinen Betrieben. Zudem führen die Experten an, dass die Amortisation bei einer zunehmenden Flächenausstattung schneller erreicht werden kann.

In der **Innenwirtschaft** stellt sich die Tierart als wichtigster Faktor heraus. Dass das Interesse abhängig von der gehaltenen Tierart unterschiedlich ist, zeigen z.B. GABRIEL UND GANDORFER (2020) im Rahmen einer aktuellen Befragung von Landwirten in Bayern. Dies lässt sich dadurch begründen, dass sich die Kostendegression und der damit einhergehende Fixkostenanteil je Tierart unterscheiden kann. Zudem sind momentan je nach Tierart unterschiedlich viele digitale Produkte auf dem Markt verfügbar.

Die Relevanz der Tierart steigt somit in Kombination mit dem Faktor Kleinstrukturierung an, bisher zeigt die Literatur, dass der Faktor Herdengröße einen Einfluss ausüben kann (GROHER ET AL. 2020a), aber nicht zwingend muss (LIMA ET AL. 2018). Bisherige Studien im Bereich SLF/PLF betrachten oftmals spezifische Tierarten, Tierhaltungsformen und/oder spezifische digitale Technologien, allerdings ohne dass mehrere Tierarten verglichen werden.

Bezüglich der **Treiber im sozialen Umfeld** zeigt sich die Bedeutung des Erfahrungsaustauschs. Die hohe Relevanz des informellen Austausches zwischen Berufskollegen deutet sich in der bisherigen Forschung bereits an (u.a. MCBRIDE UND DABERKOW 2003; TESSEMA ET AL. 2016; KERNECKER ET AL. 2019) und lässt sich somit für die kleinteilige Agrarstruktur ebenfalls festhalten. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse aber auch, dass z.B. dem finanziellen Förderwesen kein hoher Einfluss zukommt. Auf die teils hemmende Wirkung von wenig transparenten Förderbedingungen wird bereits in verschiedenen Studien wie z.B. GABRIEL ET AL. (2021) hingewiesen.

Hinsichtlich der **intrinsischen Einflüsse** fällt auf, dass die Kombination der Faktoren Interesse, subjektiver Nutzen und eigene Werte und Wünsche wichtig für die Übernahme ist. Die Expertenaussagen bestätigen, dass Aspekte wie die Technikaffinität (z.B. TEY UND BRINDAL 2012; KOLADY ET AL. 2021) oder Innovationsfreudigkeit (TEPIC ET AL. 2012) eine Rolle spielen, was auf generelles Interesse, Bereitschaft sowie Offenheit hindeutet. Auch ist bekannt, dass der wahrgenommene Nutzen einer Technologie Einfluss auf die Nutzungsintention und -bereitschaft der Landwirte hat (MICHELS ET AL. 2019; MICHELS ET AL. 2021). Hinsichtlich des subjektiven Nutzens wird zudem die Relevanz von positiven und negativen Erfahrungen aufgezeigt. Die Bedeutung der positiven Vorerfahrungen beleuchten ROGERS (2003) und GABRIEL ET AL. (2021) ebenfalls, was sich wiederum mit den relevanten, sozialen Treibern (z.B. Erfahrungsaustauschgruppen zur Vermittlung von positiven Erfahrungen) dieser Studie deckt. Bezüglich der eigenen Werte und Wünsche zeigt sich, dass die Forschung dies bisher nicht explizit aufgreift, jedoch deuten einzelne Studien auf die Relevanz von eigenen Werte, Zielen oder der eigenen Motivation hin (SCHEWE UND STUART 2015; LIMA ET AL. 2018; SHANG ET AL. 2021).

## 5.2 Chancen und Risiken der Kleinstrukturierung

In den Expertengesprächen werden die Chancen digitaler Techniken für eine bessere Vermarktung und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle zur Erfüllung gesellschaftlicher Anforderungen hervorgehoben. Ebenfalls tragen digitale Technologien zu effizienter Nutzung knapper Ressourcen (Arbeitszeit, Personal, Kapital) von Familienbetrieben bei. Gleichzeitig führen eben diese knappen Ressourcen aber auch zu erhöhten Risiken. Die Erkenntnis aus vergangenen Studien, dass die hohen Investitionskosten (SCHLEICHER UND GANDORFER 2018; GABRIEL ET AL. 2021) sowie ein niedrigeres Einkommen (z.B. PIERPAOLI ET AL. 2013; GROHER ET AL. 2020b; KOLADY ET AL. 2021) hemmend wirken, stärkt diese Aussage. In Baden-Württemberg zeichnet sich die kleinstrukturierte Landwirtschaft durch einen geringen Spezialisierungsgrad aus, was einerseits viele Ansatzpunkte bietet, andererseits Investitionshürden durch einen hohen Komplexitätsgrad birgt. Die überbetriebliche Nutzung wird hierbei oft als Hilfsmittel zur Kostenbewältigung genannt (GRIEPENTROG ET AL. 2019), gleichzeitig aber auch als Risiko durch Kompetenzabgabe oder externe Abhängigkeiten eingestuft (SCHOLZ ET AL. 2021). Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich die dargestellten Chancen und Risiken hinsichtlich der inhaltlichen Kernpunkte mit der bisherigen Literatur decken (MÜLLER 2016; z.B. WALTER ET AL. 2017; DOLUSCHITZ ET AL. 2018; ROHLER ET AL. 2020; GABRIEL ET AL. 2021). Der Unterschied liegt den Experten zufolge lediglich im Ausmaß und der Wirkung der Chancen und Risiken, da sich dies durch die Ressourcensituation und Organisationsstruktur bei kleinstrukturierten (Familien-) Betrieben anders äußern kann. Somit können sich die positiven Wirkungen der Chancen, aber auch die negativen Wirkungen der Risiken für die Betriebe in der kleinstrukturierten Landwirtschaft deutlich verstärken.

## 5.3 Spezifische Anforderungen an Technologieentwicklung und betriebliche Anpassung

Im Rahmen der spezifischen Anforderungen äußern die Experten technologiebezogene und betriebsbezogene Anforderungen sowie Rahmenanforderungen in der kleinstrukturierten Landwirtschaft.

Die Notwendigkeit der Anpassung der Produktpalette an die Betriebsrealität zeigen TANZMANN UND VOß (2018) bereits in der bisherigen Forschung auf. Dies spiegelt sich in den Anforderungen an die technischen Merkmale wieder. Die bisherige Forschung verweist darauf, dass die fehlende Vereinbarkeit mit der bisherigen technischen Ausstattung auf dem Betrieb neue Investitionen behindert (GABRIEL ET AL. 2021), was durch entsprechende Nachrüstmöglichkeiten behoben werden kann. Die genannten Anforderungen an die Preise der digitalen Technologien decken sich mit der bisherigen Forschung, in der die Investitionshöhe als Hinderungsgrund genannt wird (SCHLEICHER UND GANDORFER 2018; z.B. ROHLER ET AL. 2020; GABRIEL ET AL. 2021) und Kostendegressionseffekte für kleinere Betriebe schwieriger zu erreichen sind.

Bei kleinstrukturierten Betrieben stellen sich insbesondere die hohe Markenvielfalt sowie der geringe Spezialisierungsgrad der Arbeitskräfte („multifunktionale Betriebsleiter“) als Besonderheit dar. Die Berücksichtigung der generellen Markenvielfalt in der gesamten Landwirtschaft und der damit verbundenen nötigen Schnittstellenkompatibilität erfolgt bereits in früheren Forschungen (z.B. SCHLEICHER UND GANDORFER 2018; GABRIEL ET AL. 2021), allerdings ohne einen Fokus auf die einzelbetriebliche Situation in der kleinstrukturierten Landwirtschaft. Darüber hinaus ist die multiple Aufgabenverteilung und Arbeitsbelastung von Betriebsleitern ein Merkmal der kleinstrukturierten Landwirtschaft sowie der Familienbetriebe, welches in bisherigen Studien noch keinen gesonderten Stellenplatz eingenommen hat.

Ausgehend von den obigen Ergebnissen zeigt sich die Relevanz konkreter Handlungsstrategien. Die Notwendigkeit (LÄPPLE ET AL. 2016; VON JEINSEN ET AL. 2018; ROHLEDER ET AL. 2020) und der Mehrwert von gezielten Schulungen (z.B. PAUSTIAN UND THEUVSEN 2017) zeigen bisherige Studien zwar auf, konkrete Ansätze im Kontext der kleinstrukturierten Landwirtschaft werden jedoch nicht deutlich. Gemäß der vorliegenden Studie sollte diesbezüglich die Zusammenarbeit der Politik und Industrie mit dem Bildungs- und Beratungsbereich in der Zukunft erweitert werden.

## 6 Schlussfolgerungen

Die vorgestellte Studie zeigt, dass es bei der Digitalisierung spezifische Einflussfaktoren in der kleinteiligen Agrarstruktur gibt. Konkrete Beispiele stellen die betriebsbezogenen Faktoren sowie die Akzeptanzfaktoren der Innen- und Außenwirtschaft dar: Insbesondere die Rolle der Erwerbsform (v.a. Nebenerwerb) sowie der Betriebsspezialisierung (Sonderkulturen) sind relevant. Auch wird deutlich, dass das Vorhandensein von (Familien-) Arbeitskräften nicht maßgeblich für die Entscheidungsfindung ist. Allerdings sind (Familien-) Arbeitskräfte von hoher Bedeutung für die Umsetzung und Implementierung, woraus sich weitere Chancen, Risiken, aber auch spezifische Anforderungen ergeben. Neben der Flächenausstattung sollte die Beschaffenheit (Schlaggröße/Schlagform) der Flächen betrachtet werden. Die kleinteilige Schlaggröße und -form wirken fördernd, die Flächenausstattung hemmend auf die Akzeptanz von kleinstrukturierten Betrieben. Ebenso zeigt sich im Bereich der Innenwirtschaft die Bedeutung der Tierart ungleich höher als die der Herdengröße eines Betriebes.

Darüber hinaus haben die intrinsischen Einflüsse eines Landwirts in der kleinteiligen Agrarstruktur ebenfalls eine hohe Relevanz, insbesondere das Interesse und die Bereitschaft der Landwirte für Innovationen und digitale Technologien. Zudem sind Wünsche nach Arbeitserleichterungen aufgrund der knappen Ressourcen in kleinstrukturierten (Familien-) Betrieben relevant. Auch bestätigen die Expertengespräche, dass dem sozialen Umfeld als Einflussbereich eine sehr hohe Bedeutung zukommt,

was Hinweise für zukünftige Informationsstrategien der Betriebe gibt. Während der Erfahrungsaustausch zwischen den Landwirten eine wesentliche Rolle spielt, zeigen Fachzeitschriften oder Messen eine geringere Relevanz auf.

Die herausgestellten inner- und außerbetrieblichen Chancen und Risiken für kleinstrukturierte Betriebe sind zunächst nicht neu. Das lässt sich damit begründen, dass digitale Technologien überwiegend bestimmte Wirkungsspektren haben, welche zunächst strukturunabhängig Effekte hervorrufen: z.B. FMIS für ein verbessertes Betriebsmanagement. Allerdings wird deutlich, dass die Experten aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Arbeitszeit, Personal und Kapital sowie einem hohen Nebenerwerbsanteil und regional-spezifischer Flächenstrukturen (Schlaggröße und -form, Anteil von Landschaftselementen) in kleinstrukturierten (Familien-) Betrieben einen ungleich höheren Effekt von Chancen und Risiken als in Betrieben mit großen Strukturen vermuten. Bleibt man beim obigen Beispiel des FMIS, so äußert sich das verbesserte Betriebsmanagement durch positive Effekte wie u.a. die Entlastung der Dokumentation und Zeiteinsparung (viele, kleine Schläge oder Herden), was die Arbeitszeit und -kraft deutlich entlastet.

Ausgehend von den Chancen und Risiken zeigen sich weitere Anforderungen, die z.B. technischer und finanzieller Natur sind oder aus der betrieblichen Situation in der kleinstrukturierten Landwirtschaft resultieren. Mit Blick auf die landwirtschaftliche Praxis sind diese Anforderungen zielführend, denn die Erfüllung dieser Anforderungen kann die weitere Technologieentwicklung und Unterstützung der Landwirte optimieren und die Adoption der Betriebe erhöhen. Daraus ergeben sich weitere Implikationen mit einem Appell an die Politik, Industrie sowie den Bildungs- und Beratungsbereich. Somit sollten zukünftige Weiterbildungsangebote und finanzielle Unterstützung an die Bedürfnisse bzw. Anforderungen der Kleinstrukturierung angepasst sein. Themen wie die adäquaten Technologien für Schlaggrößen und -formen, die vorrangig vorhandenen Tierarten sowie die geringere Betriebsspezialisierung in der kleinstrukturierten Landwirtschaft sind in der Konzeption von Unterstützungsangeboten zu bedenken. Auch sollten das ggf. geringere Investitionsvolumen, knappe zeitliche und personelle Ressourcen sowie die Multifunktionalität der Betriebsleiter und die Nachfolgesicherung bedacht werden. Formate, die einen erhöhten Anklang bei den Landwirten in der kleinteiligen Agrarstruktur finden werden, sind (moderierte oder informelle) Erfahrungsaustauschformate, Arbeitskreise oder unparteiische, professionelle Informationsvermittlungen durch die Industrie.

Im Fokus der Studie stehen die Einflussfaktoren auf die Entscheidungsfindung und Implementierung digitaler Techniken im Zusammenhang mit den Merkmalen einer kleinstrukturierten Landwirtschaft. Dazu bietet die Befragung der relevanten Stakeholder ein probates Mittel, um aus dem Erfahrungswissen und der Einschätzung der befragten Akteure relevante Einflussfaktoren abzuleiten, da die befragten Akteursgruppen größtenteils aktiv im Kaufentscheidungsprozess der Landwirte

involviert sind. Insbesondere bei den Faktoren, die neu hinzugekommen sind oder sich nicht durch die bisherigen Studien bestätigen und erklären, ist noch offen, ob und inwiefern sie sich in der betrieblichen Realität und dem Verhalten der Landwirte bestätigen. Dies kann in einem quantitativen Ansatz beispielsweise für die folgenden Faktoren der Außenwirtschaft (Schlaggröße und -form, Flächenausstattung), der Innenwirtschaft (Herdengröße, Tierart) sowie betriebliche Faktoren (Erwerbsform, Betriebsausrichtung und -spezialisierung, Familienarbeitskräfte) in Baden-Württemberg geprüft werden.

## Finanzierung und Förderung

Die Förderung des Vorhabens DiWenKLa (Digitale Wertschöpfungsketten für eine nachhaltige kleinstrukturierte Landwirtschaft) erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt (bzw. erfolgte) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Förderung der Digitalisierung in der Landwirtschaft mit dem Förderkennzeichen 28DE106B18. Das Vorhaben wird zudem durch das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg unterstützt.

## Zusammenfassung

### Besonderheiten der Implementierung digitaler Technologien in der kleinstrukturierten Landwirtschaft

Bisher ist die Akzeptanz von digitalen Technologien in kleinen Strukturen verhalten. Aktuell liegen nur begrenzt Ergebnisse vor, welche die strukturellen Besonderheiten hinsichtlich der Adoption von digitalen Technologien erläutern und die Bedeutung einer kleinteiligen Agrarstruktur untersuchen. Somit ist unbekannt, welche Einflüsse im kleinstrukturierten Kontext eine Rolle spielen, welche Bedeutung der kleinteiligen Agrarstruktur zukommt und welche spezifischen Chancen und Risiken sich daraus ergeben. Die vorliegende Studie zielt auf die Ermittlung spezifischer Faktoren und Implikationen in der Kleinstrukturierung am Beispiel Baden-Württembergs auf Basis von 38 Experteninterviews, welche mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach MAYRING (2015) analysiert wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass es spezifische Einflussfaktoren in der kleinteiligen Agrarstruktur gibt. Die Experten sehen zudem höhere Chancen im Vergleich mit Betrieben in größeren Strukturen z.B. aufgrund der limitierten Verfügbarkeit von Arbeitszeit und Personal. Gleichzeitig stufen diese die Risiken höher ein als bei Betrieben in großen Strukturen, da die finanziellen Ressourcen geringer sind und technologiespezifische Skaleneffekte weniger stark wirken können. Zudem stellt die Kleinstrukturierung spezifische technologiebezogene Anforderungen, Anforderungen ausgehend von

der betrieblichen Situation sowie Rahmenanforderungen. Daraus ergeben sich weitere Implikationen mit einem deutlichen Appell an die Politik, Industrie sowie den Bildungs- und Beratungsbereich. Die Studie fokussiert auf die Beziehung zwischen der Entscheidungsfindung und Implementierung hinsichtlich des Faktors der Kleinstrukturierung. Es besteht ein weiterer Forschungsbedarf zur Absicherung der qualitativen Ergebnisse in einem quantitativen Rahmen.

## Summary

### Specifics of the implementation of digital technologies in small-scale agriculture

So far, small structures adopt digital technologies with some reservation. Currently, there are only limited results available to explain the structural characteristics regarding the adoption of digital technologies and examine the importance of a small-scale agricultural structure. Thus, influences, which play a role in the small-scale context and the importance of small-scale agricultural structures are as unknown as are the specific opportunities and risks, which result from both. This study aims to clarify these specific factors and implications of small-scale structures, using the example of Baden-Württemberg, based on 38 expert interviews, analyzed by means of qualitative content analysis according to MAYRING (2015). The results reveal specific influencing factors in the small-scale agricultural structure. The experts also see higher opportunities than on farms in large structures, for example, due to the limited availability of working time and personnel. At the same time, they rate the risks higher than on farms in large structures because financial resources are lower and technology-specific economies of scale have less effect. In addition, small-scale structuring poses specific technology-related requirements, requirements based on the operational situation and framework requirements. This results in further implications with a clear appeal to politics, industry and the education and consulting sector. The study focuses on the relationship between decision-making and implementation regarding the factor of small-scale structuring. Therefore, there is a need for further research to validate the qualitative findings in a quantitative framework.

## Literatur

1. AUBERT, BENOIT A.; SCHROEDER, ANDREAS; GRIMAUDDO, JONATHAN (2012): IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. In: *Decision Support Systems* 54 (1), S. 510–520. DOI: 10.1016/j.dss.2012.07.002.
2. AUERNHAMMER, H.; DEMMEL, M.; ROTHMUND, M. (2001): Gewannebewirtschaftung im Projekt Zeilitzheim 56 (3/2001), S. 136–137.
3. BALAFOUTIS, ATHANASIOS T.; BECK, BERT; FOUNTAS, SPYROS; TSIROPOULOS, ZISIS; VANGEYTE, JÜRGEN; VAN DER WAL, TAMME; SOTO-EMBODAS, I.; GÓMEZ-BARBERO, MANUEL; PEDERSEN, SØREN MARCUS (2017): Smart Farming Technologies – Description, Taxonomy and Economic Impact. In: Søren Marcus Pedersen und Kim Martin Lind (Hg.): *Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives*. Cham: Springer International Publishing (Progress in Precision Agriculture), S. 21–77.
4. BARNES, A. P.; SOTO, I.; EORY, V.; BECK, B.; BALAFOUTIS, A.; SÁNCHEZ, B.; VANGEYTE, J.; FOUNTAS, S.; VAN DER WAL, T.; GÓMEZ-BARBERO, M. (2019): Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers. In: *Land Use Policy* 80, S. 163–174. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.10.004.
5. BECHTET, NOEMIE (2019): The role of extension services in the adoption of innovation by farmers. The Case of Precision Farming Tools for Fertilization. 24<sup>th</sup> European Seminar on Extension Education. Acireale. Sizilien, Italien, 18.06.2019.
6. BEINERT, MARKUS (2017): Fachliche, methodische und persönlich-soziale Anforderungen an landwirtschaftliche Arbeitskräfte vor dem Hintergrund der zunehmenden Technisierung und Digitalisierung in der Landwirtschaft. In: Edmund-Rehwinkel-Stiftung der Landwirtschaftlichen Rentenbank (Hg.): *Arbeitsmarkt, Ausbildung, Migration: Perspektiven für die Landwirtschaft* (33), S. 7–41.
7. BIRNER, REGINA; DAUM, THOMAS; PRAY, CARL (2021): Who drives the digital revolution in agriculture? A review of supply-side trends, players and challenges. In: *Applied Economic Perspectives and Policy*. DOI: 10.1002/aapp.13145.
8. BLACKMORE, SIMON; GRIEPENTROG; HANS W.; PEDERSEN, SØREN M.; FOUNTAS, SPYROS (2006): Chapter 20: Europe. In: Ancha Srinivasan (Hg.): *Handbook of precision agriculture. Principles and applications*. New York: Food Products Press, S. 567–613.
9. BORGES, FRIEDERIKE; KERNECKER, MARIA; KNIERIM, ANDREA; WURBS, ANGELIKA (2017): Report on factors affecting innovation, adoption and diffusion processes. Unter Mitarbeit von Claudia Trouillier. smart AKIS. Müncheberg, zuletzt geprüft am 11.03.2022.
10. BRIGGS, C.; MAKICE, K.; BUCHANAN, L. (2012): *Digital Fluency: Building Success in the Digital Age: Digital Fluency*.
11. BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2017): *Daten und Fakten. Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft mit Fischerei und Wein- und Gartenbau*. Online verfügbar unter [www.bmel.de/publikationen](http://www.bmel.de/publikationen), zuletzt geprüft am 11.03.2022.
12. BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2020): *Arbeitsmarkt Landwirtschaft in Deutschland. Aktuelle und zukünftige Herausforderungen an die Berufsbildung. Abschlussbericht*. Unter Mitarbeit von Otto. A. Strecker, Volker Ebert, Margit Paustian, Elisabeth Gerwing, Marcel Helfmeier, Dietrich Engels et al. Hg. v. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Referat 814 - Grüne Berufe, Bildung.
13. BUSSE, M.; DOERNBERG, A.; SIEBERT, R.; KUNTOSCH, A.; SCHWERDTNER, W.; KÖNIG, B.; BOKELMANN, W. (2014): Innovation mechanisms in German precision farming. In: *Precision Agric* 15 (4), S. 403–426. DOI: 10.1007/s11119-013-9337-2.
14. CASTLE, M. H.; LUBBEN; B.D; LUCK, J. D. (2016): Factors Influencing the Adoption of Precision Agriculture Technologies by Nebraska Producers. In: *UNL Digital Commons*.

15. DABERKOW, S. G.; MCBRIDE, W. (1999): Adoption of precision agriculture technologies by U.S. corn producers. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture 4*, S. 1821–1831.
16. DABERKOW, STAN G.; MCBRIDE, WILLIAM D. (2003): Farm and Operator Characteristics Affecting the Awareness and Adoption of Precision Agriculture Technologies in the US. In: *Precision Agric 4* (2), S. 163–177. DOI: 10.1023/A:1024557205871.
17. DIEDEREN, PAUL; VAN, HANS; ARJAN, MEIJL; KATARZYNA, WOLTERS; MEIJL, HANS; WOLTERS, ARJAN; BIJAK, KATARZYNA (2003): Innovation Adoption in Agriculture: Innovators, Early Adopters and Laggards. In: *Cahiers d'economie et sociologie rurales 67* (2003) 67.
18. DOLUSCHITZ, REINER; ADAMS, ISABEL; BREUNING, SENTA; GINDELE, NICOLA; JENSEN-AUVERMANN, TESSA (2018): Status quo der Digitalisierung in ausgewählten Organisationen des Agrar- und Ernährungssektors. In: Arno Ruckelshausen (Hg.): *Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Fokus: Digitale Marktplätze und Plattformen: Referate der 38. GIL-Jahrestagung 26.-27. Februar 2018, Kiel, Germany, Bd. 38*. Bonn: Köllen Druck & Verlag GmbH (Referate der ... GIL-Jahrestagung, 38), S. 63.
19. DRESING, THORSTEN; PEHL, THORSTEN (Hg.) (2017): *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende*. 7. Auflage. Marburg: Eigenverlag.
20. FREEMAN, R. EDWARD (1984): *Strategic management. A stakeholder approach*. [Nachdr.]. Boston, Mass.: Pitman (Pitman series in business and public policy).
21. GABRIEL, ANDREAS; GANDORFER, MARKUS (2020): Landwirte Befragung 2020 Digitale Landwirtschaft Bayern. Ergebnisübersicht (n=2390). Hg. v. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Online verfügbar unter [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/ilt6\\_praesentation\\_by\\_2390\\_27082020.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/ilt6_praesentation_by_2390_27082020.pdf), zuletzt geprüft am 11.03.2022.
22. GABRIEL, ANDREAS; GANDORFER, MARKUS; SPYKMAN, OLIVIA (2021): Nutzung und Hemmnisse digitaler Technologien in der Landwirtschaft. Sichtweisen aus der Praxis und in den Fachmedien. In: *Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* 99 (1), S. 1–27. DOI: 10.12767/buel.v99i1.328.
23. GANDORFER, MARKUS; SCHLEICHER, SEBASTIAN; HEUSER, SEBASTIAN; PFEIFFER, JOHANNA; DEMMEL, MARKUS (2017): Landwirtschaft 4.0 - Digitalisierung und ihre Herausforderungen. In: Georg Wendl (Hg.): *Ackerbau – technische Lösungen für die Zukunft. Landtechnische Jahrestagung 2017*. Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft), S. 9–19. Online verfügbar unter [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/ackerbau-technische-loesungen-zukunft-landtechnische-jahrestagung-2017\\_lfl-schriftenreihe.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/ackerbau-technische-loesungen-zukunft-landtechnische-jahrestagung-2017_lfl-schriftenreihe.pdf), zuletzt geprüft am 11.03.2022.
24. GRIEPENTROG, HANS W.; DLG (2019): Digitalisierung in der Landwirtschaft. Wichtige Zusammenhänge kurz erklärt. Hg. v. DLG e.V. Frankfurt am Main (DLG-Merkblatt, 447). Online verfügbar unter <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/technik/digitalisierung-arbeitswirtschaft-und-prozesstechnik/dlg-merkblatt-447>, zuletzt aktualisiert am 03.09.2020, zuletzt geprüft am 11.03.2022.
25. GRIEPENTROG, HANS W.; WEIS, MARTIN; WEBER, HANSJÖRG; SCHNEIDER, WOLFGANG (2019): Maschinenring Digital (MR digital). In: Andreas Meyer-Aurich, Markus Gandorfer, Norbert Barta, Andreas Gronauer, Jochen Kantelhardt und Helga Floto (Hg.): *39. GIL-Jahrestagung, Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen - ein Widerspruch in sich?* Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 65–70.
26. GROHER, T.; HEITKÄMPER, K.; UMSTÄTTER, C. (2020a): Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. In: *Animal: an international journal of animal bioscience*, S. 1–10. DOI: 10.1017/S1751731120001391.

27. GROHER, TANJA; HEITKÄMPER, KATJA; WALTER, ACHIM; LIEBISCH, FRANK; UMSTÄTTER, CHRISTINA (2020b): Status quo of adoption of precision agriculture enabling technologies in Swiss plant production. In: *Precision Agric* 21 (6), S. 1327–1350. DOI: 10.1007/s11119-020-09723-5.
28. GROTHKOPF, C.; HELLMUTH, U.; SCHULZE, H. (2021): Empirische Analyse der Einflussfaktoren auf die Digitalisierung der Milchviehhaltung. In: Hochschulforum-Ökonomie und Innovation in der Agrar- und Ernährungswirtschaft (Hg.): Proceedings zum 6. Hochschulforum „Vielfältige Strukturen in der Landwirtschaft - Herausforderungen und Perspektiven“, 06.05.2021. Online verfügbar unter [www.deutsches-hochschulforum.de/wp-content/uploads/2021/05/DHF2021\\_S2-1\\_Grothkopf\\_Abstract.pdf](http://www.deutsches-hochschulforum.de/wp-content/uploads/2021/05/DHF2021_S2-1_Grothkopf_Abstract.pdf).
29. HIGGINS, VAUGHAN; BRYANT, MELANIE; HOWELL, ANDREA; BATTERSBY, JANE (2017): Ordering adoption: Materiality, knowledge and farmer engagement with precision agriculture technologies. In: *Journal of Rural Studies* 55, S. 193–202. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2017.08.011.
30. JENSEN, HANS GRINSTED; JACOBSEN, LARS-BO; PEDERSEN, SØREN MARCUS; TAVELLA, ELENA (2012): Socioeconomic impact of widespread adoption of precision farming and controlled traffic systems in Denmark. In: *Precision Agric* 13 (6), S. 661–677. DOI: 10.1007/s11119-012-9276-3.
31. JUNGBLUTH, THOMAS (2017): Smart Livestock Farming. In: *landinfo - Informationen für die Landwirtschaftsverwaltung* (3), S. 15–16.
32. KERNECKER, M.; KNIERIM, A.; WURBS, A. (2016): Common framework on innovation processes and farmers' interests. (WP 2, Deliverable 2.1, Smart-AKIS project).
33. KERNECKER, MARIA; KNIERIM, ANDREA; WURBS, ANGELIKA; KRAUS, TERESA; BORGES, FRIEDERIKE (2019): Experience versus expectation: farmers' perceptions of smart farming technologies for cropping systems across Europe. In: *Precision Agric* 21 (1), S. 34–50. DOI: 10.1007/s11119-019-09651-z.
34. KLERKX, LAURENS; AARTS, NOELLE; LEEUWIS, CEES (2010): Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. In: *Agricultural Systems* 103 (6), S. 390–400. DOI: 10.1016/j.agsy.2010.03.012.
35. KLERKX, LAURENS; JAKKU, EMMA; LABARTHE, PIERRE (2019): A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. In: *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 90-91, S. 100315. DOI: 10.1016/j.njas.2019.100315.
36. KNIERIM, ANDREA; BORGES, FRIEDERIKE; KERNECKER, MARIA; KRAUS, TERESA; WURBS, ANGELIKA (2018): What drives adoption of smart farming technologies? Evidence from a cross-country study. In: International Farming Systems Association (Hg.): 13<sup>th</sup> European International Farming Systems Association (IFSA) Symposium. Chania, 1-5 July 2018, S. 1–14.
37. KNIERIM, ANDREA; KERNECKER, MARIA; ERDLE, KLAUS; KRAUS, TERESA; BORGES, FRIEDERIKE; WURBS, ANGELIKA (2019): Smart farming technology innovations – Insights and reflections from the German Smart-AKIS hub. In: *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 90-91, S. 100314. DOI: 10.1016/j.njas.2019.100314.
38. KOLADY, DEEPTHI E.; VAN DER SLUIS, EVERT; UDDIN, MD MAHI; DEUTZ, ALLEN P. (2021): Determinants of adoption and adoption intensity of precision agriculture technologies: evidence from South Dakota. In: *Precision Agric* 22 (3), S. 689–710. DOI: 10.1007/s11119-020-09750-2.
39. KÖNIG, BETTINA; KUNTOSCH, ANETT; BOKELMANN, WOLFGANG; DOERNBERG, ALEXANDRA; SCHWERDTNER, WIM; BUSSE, MARIA; SIEBERT, ROSEMARIE; KOSCHATZKY, KNUIT; STAHLLECKER, THOMAS (2012): Nachhaltige Innovationen in der Landwirtschaft: Komplexe Herausforderungen im Innovationsystem. In: *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung* 81 (4), S. 71–91. DOI: 10.3790/vjh.81.4.71.
40. KRICK, THOMAS; FORSTATER, MAYA; MONAGHAN, PHILIP; SILLANPÄÄ, MARIA (Hg.) (2005): From Words to Action: The Stakeholder Engagement Manual. The stakeholder engagement manual. Volume 2: The practitioner's handbook on stakeholder engagement. Unter Mitarbeit von Cornis van der Lugt, Katharine Partridge, Charles Jackson und Asaf Zohar. AccountAbility, United Nations Environment Programme, Stakeholder Research Associates Canada Inc. (2).
41. KUCKARTZ, UDO (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. [überarbeitete] Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden).

42. KUCZERA, CARMEN (2006): Der Einfluss des sozialen Umfeldes auf betriebliche Entscheidungen von Landwirten.
43. KUTTER, T.; TIEMANN, S.; SIEBERT, R.; FOUNTAS, S. (2011): The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming. In: *Precision Agric* 12 (1), S. 2–17. DOI: 10.1007/s11119-009-9150-0.
44. LAMBERT, DAYTON M.; ENGLISH, BURTON; HARPER, DAVID; LARKIN, SHERRY L.; LARON, JAMES; MOONEY, DANIEL F.; ROBERTS, ROLAND; VELANDIA, MARGARITA; REEVES, JEANNE (2014): Corrigendum to “Adoption and Frequency of Precision Soil Testing in Cotton Production”.
45. LÄPPLÉ, DORIS; RENWICK, ALAN; CULLINAN, JOHN; THORNE, FIONA (2016): What drives innovation in the agricultural sector? A spatial analysis of knowledge spillovers. In: *Land Use Policy* 56, S. 238–250. DOI: 10.1016/j.landusepol.2016.04.032.
46. LÄPPLÉ, DORIS; RENWICK, ALAN; THORNE, FIONA (2015): Measuring and understanding the drivers of agricultural innovation: Evidence from Ireland. In: *Food Policy* 51, S. 1–8. DOI: 10.1016/j.foodpol.2014.11.003.
47. LAWSON, LARTEY G.; PEDERSEN, SØREN MARCUS; SØRENSEN, CLAUS GRØN; PESONEN, LIISA; FOUNTAS, SPYROS; WERNER, ARMIN; OUDSHOORN, FRANK W.; HEROLD, LUZIA; CHATZINIKOS, THANOS; KIRKETERP, INGER MARIE; BLACKMORE, SIMON (2011): A four nation survey of farm information management and advanced farming systems: A descriptive analysis of survey responses. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 77 (1), S. 7–20. DOI: 10.1016/j.compag.2011.03.002.
48. LIMA, ELIANA; HOPKINS, THOMAS; GURNEY, EMMA; SHORTALL, ORLA; LOVATT, FIONA; DAVIES, PEERS; WILLIAMSON, GEORGE; KALER, JASMEET (2018): Drivers for precision livestock technology adoption: A study of factors associated with adoption of electronic identification technology by commercial sheep farmers in England and Wales. In: *PLoS ONE* 13 (1), e0190489. DOI: 10.1371/journal.pone.0190489.
49. LINDEMANN, G. (1969): Mechanisierung und Fragen der Schlaggestaltung unter den Bedingungen kooperativer Feldwirtschaft. In: *Deutsche Agrartechnik* 19 (12), S. 569–571. Online verfügbar unter [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjGtKHJvtbzAhVUPcAKHQ--CAQFnoECAMQAQ&url=https%3A%2F%2F40ejournals.uni-hohenheim.de%2Findex.php%2Fde\\_agrartechnik%2Farticle%2Fview%2F7851%2F7546&usq=AOvVaw0rX-IAQ8-XkOkygppTco7](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjGtKHJvtbzAhVUPcAKHQ--CAQFnoECAMQAQ&url=https%3A%2F%2F40ejournals.uni-hohenheim.de%2Findex.php%2Fde_agrartechnik%2Farticle%2Fview%2F7851%2F7546&usq=AOvVaw0rX-IAQ8-XkOkygppTco7).
50. MAYRING, PHILIPP (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., überarbeitete Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Verlag (Beltz Pädagogik). Online verfügbar unter [http://content-select.com/index.php?id=bib\\_view&ean=9783407293930](http://content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783407293930).
51. MCBRIDE, WILLIAM D.; DABERKOW, STAN G. (2003): Information and the adoption of precision farming technologies. In: *Journal of Agribusiness* (21,1), S. 21–38. DOI: 10.22004/AG.ECON.14671.
52. MEUSER, MICHAEL; NAGEL, ULRIKE (2009): Das Experteninterview — konzeptionelle Grundlagen und methodische Anlage. In: Susanne Pickel, Gert Pickel, Hans-Joachim Lauth und Detlef Jahn (Hg.): Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft: Neue Entwicklungen und Anwendungen. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 465–479.
53. MICHEELS, ERIC T.; NOLAN, JAMES F. (2016): Examining the effects of absorptive capacity and social capital on the adoption of agricultural innovations: A Canadian Prairie case study. In: *Agricultural Systems* 145, S. 127–138. DOI: 10.1016/j.agsy.2016.03.010.
54. MICHELS, MARIUS; BONKE, VANESSA; MUSSHOF, OLIVER (2019): Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. In: *Journal of dairy science* 102 (10), S. 9422–9434. DOI: 10.3168/jds.2019-16489.
55. MICHELS, MARIUS; HOBE, CORD-FRIEDRICH VON; WELLER VON AHLEFELD, PAUL JOHANN; MUSSHOF, OLIVER (2021): The adoption of drones in German agriculture: a structural equation model. In: *Precision Agric*. DOI: 10.1007/s11119-021-09809-8.

56. MOHR, SVENJA; KÜHL, RAINER (2021): Acceptance of artificial intelligence in German agriculture: an application of the technology acceptance model and the theory of planned behavior. In: *Precision Agric* 22 (6), S. 1816–1844. DOI: 10.1007/s11119-021-09814-x.
57. MÖLLER, ANDREAS; KORNWACHS, KLAUS; RENN, ORTWIN (2011): Akzeptanz von Technik und Infrastrukturen. Anmerkungen zu einem aktuellen gesellschaftlichen Problem. Berlin, Heidelberg: Springer (Acatech bezieht Position, Nr. 9). Online verfügbar unter [https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/ausschuesse\\_facharbeit/DLG\\_Position\\_Digitalisierung.pdf](https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/ausschuesse_facharbeit/DLG_Position_Digitalisierung.pdf).
58. MÖSER, J. (1996): Zur Wirtschaftlichkeit der gemeinschaftlichen Flächennutzung in zersplitterten Feldfluren. Dissertation. Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen. Fachbereich Agrarwissenschaften und Umweltsicherung.
59. MÜLLER, HENNING (2016): Digitalisierung - Wohin geht die Reise? In: *DLG-Mitteilungen* (10), S. 14–17.
60. PATHAK, HARI SHARAN; BROWN, PHILIP; BEST, TALITHA (2019): A systematic literature review of the factors affecting the precision agriculture adoption process. In: *Precision Agric* 20 (6), S. 1292–1316. DOI: 10.1007/s11119-019-09653-x.
61. PAUSTIAN, MARGIT; THEUVSEN, LUDWIG (2017): Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers. In: *Precision Agric* 18 (5), S. 701–716. DOI: 10.1007/s11119-016-9482-5.
62. PEDERSEN, S. M.; FOUNTAS, S.; BLACKMORE, B. S.; GYLLING, M.; PEDERSEN, J. L. (2004): Adoption and perspectives of precision farming in Denmark. In: *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science* 54 (1), S. 2–8. DOI: 10.1080/09064710310019757.
63. PIERPAOLI, EMANUELE; CARLI, GIACOMO; PIGNATTI, ERIKA; CANAVARI, MAURIZIO (2013): Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review. In: *Procedia Technology* 8, S. 61–69. DOI: 10.1016/j.protcy.2013.11.010.
64. PORTER, MICHAEL E.; HEPPELMANN, JAMES E. (2014): How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. In: *Havard Business Review* 92 (11), S. 64–88.
65. REICHARDT, M.; JÜRGENS, C. (2009): Adoption and future perspective of precision farming in Germany: results of several surveys among different agricultural target groups. In: *Precision Agric* 10 (1), S. 73–94. DOI: 10.1007/s11119-008-9101-1.
66. REICHARDT, M.; JÜRGENS, C.; KLÖBLE, U.; HÜTER, J.; MOSER, K. (2009): Dissemination of precision farming in Germany: acceptance, adoption, obstacles, knowledge transfer and training activities. In: *Precision Agric* 10 (6), S. 525–545. DOI: 10.1007/s11119-009-9112-6.
67. ROBERTS, ROLAND K.; ENGLISH, BURTON C.; LARSON, JAMES A.; COCHRAN, REBECCA L.; GOODMAN, W. ROBERT; LARKIN, SHERRY L.; MARRA, MICHELE C.; MARTIN, STEVEN W.; SHURLEY, W. DONALD; REEVES, JEANNE M. (2004): Adoption of Site-Specific Information and Variable-Rate Technologies in Cotton Precision Farming. In: *J. Agric. Appl. Econ.* 36 (1), S. 143–158. DOI: 10.1017/S107407080002191X.
68. ROBERTSON, MICHAEL; ISBISTER, BINDI; MALING, IAN; OLIVER, YVETTE; WONG, MIKE; ADAMS, MATT; BOWDEN, BILL; TOZER, PETER (2007): Opportunities and constraints for managing within-field spatial variability in Western Australian grain production. In: *Field Crops Research* 104 (1-3), S. 60–67. DOI: 10.1016/j.fcr.2006.12.013.
69. ROGERS, EVERETT M. (2003): Diffusion of innovations. 5<sup>th</sup> ed. 5. Aufl. New York: Free Press.
70. ROHLER, BERNHARD; KRÜSKEN, BERNHARD; REINHARDT, HORST (2020): Digitalisierung in der Landwirtschaft 2020. Hg. v. Bitkom Reserach. bitkom; DBV; Landwirtschaftliche Rentenbank. Online verfügbar unter [https://www.bitkom-research.de/system/files/document/200427\\_PK\\_Digitalisierung\\_der\\_Landwirtschaft.pdf](https://www.bitkom-research.de/system/files/document/200427_PK_Digitalisierung_der_Landwirtschaft.pdf), zuletzt geprüft am 11.03.2022.
71. SCHEWE, REBECCA L.; STUART, DIANA (2015): Diversity in agricultural technology adoption: How are automatic milking systems used and to what end? In: *Agriculture and Human Values* 32 (2), S. 199–213. DOI: 10.1007/s10460-014-9542-2.

72. SCHIMMELPFENNIG, DAVID (2016): Farm Profits and Adoption of Precision Agriculture. Hg. v. United States Department of Agriculture. Economic Research Service (Economic Research Service Report, 217).
73. SCHLEICHER, SEBASTIAN; GANDORFER, MARKUS (2018): Digitalisierung in der Landwirtschaft: Eine Analyse der Akzeptanzhemmnisse. In: Arno Ruckelshausen (Hg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Fokus: Digitale Marktplätze und Plattformen: Referate der 38. GIL-Jahrestagung 26.-27. Februar 2018, Kiel, Germany. Bonn: Köllen Druck & Verlag GmbH (Referate der GIL-Jahrestagung, 38), S. 203–206.
74. SCHOLZ, ROLAND W.; BECKEDAHL, MARKUS; NOLLER, STEPHAN; RENN, ORTWIN (Hg.) (2021): DiDaT Weißbuch: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
75. SHANG, LINMEI; HECKELEI, THOMAS; GERULLIS, MARIA K.; BÖRNER, JAN; RASCH, SEBASTIAN (2021): Adoption and diffusion of digital farming technologies - integrating farm-level evidence and system interaction. In: *Agricultural Systems* 190, S. 103074. DOI: 10.1016/j.agsy.2021.103074.
76. STATISTISCHES AMT MECKLENBURG-VORPOMMERN (2021): Land- & Forstwirtschaft, Fischerei. Zahlen & Fakten. Landwirtschaftszählung 2020. Online verfügbar unter <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Statistik/Dateien/Publikationen/X%20Zahlen%20&%20Fakten%20kompakt/Land-&%20Forstwirtschaft%2c%20Fischerei%20-%20Zahlen%20&%20Fakten%20-%20Online.pdf>.
77. STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (2020a): Betriebe und Tiere seit 1979 nach Tierarten. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Viehwirtschaft/0503503x.tab?R=LA>, zuletzt aktualisiert am 09.12.2020, zuletzt geprüft am 11.03.2022.
78. STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (2020b): Betriebswirtschaftliche Ausrichtung seit 1979. Agrarstruktur. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Agrarstruktur/05015028.tab?R=LA>, zuletzt aktualisiert am 09.12.2020, zuletzt geprüft am 11.03.2022.
79. STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (2021a): Entwicklung der Haupt- und Nebenerwerbsbetriebe. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Agrarstruktur/Betriebe-LR.jsp>; [https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistik\\_AKTUELL/803421006.pdf](https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistik_AKTUELL/803421006.pdf), zuletzt geprüft am 11.03.2022.
80. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2021b): Erste Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2020. Strukturwandel in Baden-Württemberg mit vielen Facetten. Stuttgart. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2021015>, zuletzt geprüft am 11.03.2022.
81. STURM, BARBARA; NASIRAHMADI, A.; MÜLLER, SIMONE; KULIG, B. (2020): Smart Livestock Farming - Eine Bestandsaufnahme. In: *Züchtungskunde* 92 (6), S. 433–450.
82. TANZMANN, STIG; VOß, BERND (2018): Digitalisierung der Landwirtschaft. Entwicklungspolitische und bäuerliche Perspektiven auf die Zukunft der Landwirtschaft im globalen Süden und Norden. In: *Der kritische Agrarbericht 2018*, zuletzt geprüft am 11.03.2022.
83. TEPIC, M.; TRIENEKENS, J. H.; HOSTE, R.; OMTA, S.W.F. (2012): The Influence of Networking and Absorptive Capacity on the Innovativeness of Farmers in the Dutch Pork Sector. In: *International Food and Agribusiness Management Review* 15 (3), S. 1–34. Online verfügbar unter <https://edepot.wur.nl/242594>.
84. TESSEMA, YOHANNIS MULU; ASAFU-ADJAYE, JOHN; KASSIE, MENALE; MALLAWAARACHCHI, THILAK (2016): Do neighbours matter in technology adoption? The case of conservation tillage in northwest Ethiopia. *African Journal of Agriculture and Resource Economics*.
85. TEY, YEONG SHENG; BRINDAL, MARK (2012): Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. In: *Precision Agric* 13 (6), S. 713–730. DOI: 10.1007/s11119-012-9273-6.

86. VON JEINSEN, THERESA V.; HEPPE, HELMUT; THEUVSEN, LUDWIG (2018): Determinanten der Akzeptanz technischer Innovationen in der Landwirtschaft. In: Arno Ruckelshausen (Hg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Fokus: Digitale Marktplätze und Plattformen: Referate der 38. GIL-Jahrestagung 26.-27. Februar 2018, Kiel, Germany. Bonn: Köllen Druck & Verlag GmbH (Referate der GIL-Jahrestagung, 38), S. 127–130.
87. WALTER, ACHIM; FINGER, ROBERT; HUBER, ROBERT; BUCHMANN, NINA (2017): Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114 (24), S. 6148–6150. DOI: 10.1073/pnas.1707462114.

## Anschrift der Autoren

Sara Anna Pfaff, M.Sc., HfWU- Korrespondierender Autor  
E-Mail-Adresse: sara.pfaff@hfwu.de

Michael Paulus, M.Sc., UHOH  
E-Mail-Adresse: m.paulus@uni-hohenheim.de

Prof. Dr. Heinrich Schüle, HfWU  
E-Mail-Adresse: heinrich.schuele@hfwu.de

Dr. sc. agr Angelika Thomas, HfWU  
E-Mail-Adresse: angelika.thomas@hfwu.de

Prof. Dr. Andrea Knierim, UHOH  
E-Mail-Adresse: andrea.knierim@uni-hohenheim.de

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (**HfWU**): Institut für Angewandte Agrarforschung, Hechinger Str. 12, 72622 Nürtingen

Universität Hohenheim (**UHOH**): Fachgebiet Kommunikation und Beratung in ländlichen Räumen (430a), Schloss Hohenheim 1C, 70599 Stuttgart