

**Digitalisierung in der Landwirtschaft –  
Empirische Untersuchungen zur Nutzung von Smartphones**

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. sc. agr)  
der Fakultät für Agrarwissenschaften  
der Georg-August-Universität Göttingen



vorgelegt von

**Marius Michels**

geboren am 08.06.1990 in Volkmarsen

Göttingen, im Dezember 2019

## **D7**

1. Gutachter: Professor Dr. Oliver Mußhoff
2. Gutachter: Professor Dr. Stephan von Cramon-Taubadel
3. Gutachter: Professor Dr. Jan-Henning Feil

Tag der mündlichen Prüfung: 05. Februar 2020

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mich während der Promotionszeit begleitet und unterstützt haben. Einigen Personen möchte ich besonders hervorheben.

Einen besonderen Dank richte ich an Herrn Prof. Dr. Oliver, der mich während der Promotionszeit jederzeit sehr engagiert und mit großem Interesse und Zuspruch für meine Forschung unterstützt hat. Des Weiteren gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Stephan von Cramon-Taubadel sowie Herrn Prof. Dr. Jan-Henning Feil, die sich bereit erklärt haben, das zweite und dritte Korreferat meiner Dissertation zu übernehmen.

Ebenfalls möchte ich meinen Arbeitskollegen und Arbeitskolleginnen des Lehrstuhls für Landwirtschaftliche Betriebslehre für die gemeinsame Zeit in den letzten Jahren danken. Eure Ratschläge und die fachlichen Diskussionen haben zum Erfolg der Promotion beigetragen.

Außerdem möchte ich allen meinen Freunden danken, die mich in dieser Zeit unterstützt haben. Insbesondere möchte ich bei Paul, Konrad, Lukas und Stephan für ihre stetige Unterstützung in dieser Zeit und darüber hinaus bedanken.

Den größten Dank möchte ich an meine Eltern richten, die mich jederzeit unterstützt haben und ohne die es mir niemals möglich gewesen wäre, den Weg Richtung Promotion zu Ende zu gehen.

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>I</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
	Literatur .....	10
<b>II</b>	<b>Smartphone adoption and use in agriculture – Empirical evidence from Germany .....</b>	<b>15</b>
<b>III</b>	<b>Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management .....</b>	<b>16</b>
<b>IV</b>	<b>Willingness to pay for smartphone apps facilitating sustainable crop protection .....</b>	<b>18</b>
<b>V</b>	<b>Understanding the adoption of smartphone apps in crop protection – An application of the unified theory of acceptance and use of technology .....</b>	<b>20</b>
<b>VI</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....</b>	<b>21</b>
	Literatur .....	28
	<b>Publikationsliste .....</b>	<b>II</b>
	<b>Auszeichnungen .....</b>	<b>V</b>
	<b>Erklärung über den geleisteten Eigenanteil an der Arbeit .....</b>	<b>VI</b>
	<b>Eidesstattliche Erklärungen.....</b>	<b>VIII</b>

## I Einleitung

„Die ganze Welt in der Hosentasche – Wie das Smartphone uns verändert hat“

Diese Rubrik des öffentlich-rechtlichen Radiosenders Deutschlandfunk Kultur widmet sich ausschließlich dem Einfluss des Smartphones auf unser Alltags- und Berufsleben (Deutschlandfunk Kultur, 2019). Der Titel der Rubrik verdeutlicht, dass Smartphones für viele Menschen ein wichtiger Bestandteil des Alltagslebens geworden sind. Weltweit besaßen im Jahr 2016 2,49 Milliarden Menschen ein Smartphone; 2018 waren es 2,9 Milliarden Menschen. In Deutschland nutzten im Jahr 2014 etwa 40 Millionen Menschen (ab 14 Jahren) ein Smartphone. Die Anzahl der Nutzer ist bis 2018 auf 57 Millionen angestiegen (Statistia 2019a, 2019b). Smartphones zählen zu den Informations- und Kommunikationstechnologien (engl. information and communications technologies; ICT) und lassen sich als portable, internet-fähige Computer definieren, die mit einer Vielzahl von Sensoren und Funktionen ausgestattet sind. Dazu gehören der Zugriff auf Kameraanwendungen, auf das globale Positionsbestimmungssystem (GPS) sowie Geoinformationssystem (GIS) sowie die Möglichkeit zur schnellen Installation und Deinstallation von mobilen Applikationen (Apps). In diesem Rahmen vereinen moderne Smartphones, mit computerähnlichen Funktionen und Datenverarbeitungskapazitäten, Funktionen eines Mobiltelefons und eines Personal Digital Assistants (PDA) in einem Gerät (Butler, 2011; Jin et al., 2013; Teacher et al., 2013).

Von ICT wie Smartphones, Mobiltelefonen und dem Internet wird sich ein wichtiger Beitrag zur Erreichung der drei Dimensionen (ökonomisch, ökologisch und sozial) eines nachhaltigen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wachstums versprochen. Dabei zeigten sich ICT in den Bereichen des Gesundheitswesens, der Bildung, des Handels und vielen weiteren Feldern als wichtige Instrumente zur Informationsbereitstellung und Erhöhung der Transparenz (FAO, 2018). Darüber hinaus ist es ein Ziel der Europäischen Kommission das Potential der ICT im Rahmen der Digitalen Agenda für Europa, welche eine der sieben Leitlinien der Strategie Europa 2020 ist, weiter auszuschöpfen. Ein weiteres Ziel dieser Leitlinie ist es, den Zugang zu digitalen Waren und Dienstleistungen für Verbraucher in ganz Europa zu verbessern (Europäisches Parlament, 2019).

In der Landwirtschaft gehören digitale Technologien bzw. ICT zu den Treibern der Weiterentwicklung landwirtschaftlicher Prozesse (OECD, 2019). Aker et al. (2016) beschreiben explizit für die Akteure in der Landwirtschaft, dass ICT zu einer verbesserten Vernetzung der Landwirte, einem besseren und schnelleren Zugang zu Informationen und somit zu einer Erleichterung der Datenerfassung beitragen können. Insbesondere die Nutzung von Smartphones lässt ganz neue Möglichkeiten zur Erfassung, Verarbeitung, Vermittlung und Nutzung von Daten und Informationen in der Landwirtschaft zu (Aker et al., 2016, Fulton und Port, 2018). Dementsprechend ist es nicht verwunderlich, dass Smartphones im Rahmen der Digitalisierung in der Landwirtschaft auch zunehmend Anwendung in den Arbeitsabläufen auf den landwirtschaftlichen Betrieben finden. Tatsächlich können Smartphones aufgrund ihrer hohen Datenverarbeitungskapazitäten, ihrer Multifunktionalität und Mobilität einen entscheidenden Einfluss auf die Produktionsprozesse in der Primärproduktion nehmen.

In Deutschland nutzen laut der Studie „Informationsverhalten von Landwirten in Deutschland“ der AgriDirect Deutschland GmbH (2016) bereits im Jahr 2016 etwa 60 % der Landwirte ein Smartphone. Darüber hinaus verwenden wiederum mehr als 50 % der Landwirte, die ein Smartphone besitzen, auch eine App mit landwirtschaftlichem Kontext (AgriDirect Deutschland GmbH, 2016). Landwirtschaftliche Apps können dabei in den verschiedensten Bereichen der landwirtschaftlichen Produktion, wie z. B. dem Pflanzenschutz oder dem Herdenmanagement von Milchkühen, integriert werden. Ebenso können sie der Informationsbeschaffung sowie -verarbeitung dienen. Weiterhin können sie den Landwirt im Tagesgeschäft z. B. bei Vermarktung von landwirtschaftlichen Erzeugnissen oder dem Einkauf von Betriebsmitteln unterstützen (Hoffmann et al., 2013, 2014; Rose et al., 2016; Pickard-Whitehead, 2019). Damit lässt sich der Einsatz von Smartphones in der Landwirtschaft im Allgemeinen der digitalen Landwirtschaft (Digital Farming<sup>1</sup>) zuordnen, im Rahmen derer digitale Endgeräte genutzt werden können, um Daten zu sammeln, zu verarbeiten und zu übermitteln (Purdue University, 2019).

Vor dem Hintergrund der vielseitigen Nutzungsmöglichkeiten und -potentiale von Smartphones in der Landwirtschaft ist es von zentraler Bedeutung für die agrarökonomische

---

<sup>1</sup> Digital Farming umfasst dabei aber nicht nur die Primärproduktion sondern die gesamte Wertschöpfungskette bis zum Verbraucher. Präzisionslandwirtschaft mit Fokus auf die Primärproduktion lässt sich somit genauso wie das Smart Farming als Teil des Digital Farming sehen, wobei Smart Farming auf die teil- und vollautomatisierte Informationsverarbeitung durch Datenfusion und -analyse fokussiert (DLG, 2018).

Forschung, ein tieferes Verständnis für die Faktoren, die die Smartphone-Nutzungsentscheidung sowie die Smartphone-Nutzung in der Landwirtschaft beeinflussen, zu erlangen. Ein tiefergehendes Verständnis dieser Einflussfaktoren ist von Nöten, um Smartphones und insbesondere Apps bedarfsgerecht weiterentwickeln und verbessern zu können. Diese Informationen sollen eine Anpassung von Smartphones und den dazugehörigen Apps ermöglichen, um eine nachhaltige Integration in die betrieblichen Strukturen und Arbeitsabläufe landwirtschaftlicher Betriebe zu fördern. Die Erfassung des Status Quo der Nutzung von Smartphones und Apps sowie der Bewertung von Bedeutung und Nützlichkeit einzelner Funktionen liefert darüber hinaus wichtige Informationen für verschiedene Interessensgruppen. Dies hilft, den zukünftigen Bedarf sowie die Entwicklungen in diesem dynamischen, sich schnell entwickelnden Bereich abschätzen zu können. Insbesondere Unternehmen des vor- und nachgelagerten Bereichs können - ebenso wie direkte Anbieter und Hersteller von Smartphones und Apps, die Smartphone-kompatible Dienstleistungen oder Produkte entwickeln - von diesen Erkenntnissen profitieren. Des Weiteren profitieren politische Entscheidungsträger im Bereich der Digitalisierung in der Landwirtschaft und der Entwicklung ländlicher Räume von diesen Informationen, da diese erste Erkenntnisse über das Nutzungsverhalten liefern. Die vorliegende kumulative Dissertation knüpft mit ihren vier Beiträgen an diesem Punkt an, indem unterschiedliche Fragestellungen zur Nutzung von Smartphones in der Landwirtschaft beantwortet werden. Dabei liegt der Fokus sowohl auf der allgemeinen Nutzungsentscheidung für Smartphones als auch auf dem Einsatz von Smartphones im Herdenmanagement von Milchkühen und im Pflanzenschutz. Die vier Beiträge werden im Folgenden näher beschrieben.

Kapitel II beinhaltet den Beitrag „*Smartphone adoption and use in agriculture – Empirical evidence from Germany*“ (erschieden in: *Precision Agriculture*), welcher die Faktoren, die die Nutzungsentscheidung für ein Smartphone beeinflussen, untersucht. Smartphones können aufgrund ihrer hohen Multifunktionalität zur Unterstützung in der Präzisionslandwirtschaft eingesetzt werden. Technologien der Präzisionslandwirtschaft wiederum können - z. B. durch Reduzierung des Inputverbrauchs - dazu beitragen, die Produktionsprozesse auf landwirtschaftlichen Betrieben zu verbessern. Gleichzeitig reduzieren sich durch die Verbesserung des Faktoreinsatzes auch die negativen Externalitäten der landwirtschaftlichen Produktion (Borghetti et al., 2016; Tamirat et al., 2018). Die Nutzung von Technologien der Präzisionslandwirtschaft verlangt dabei das Sammeln und Verarbeiten von Daten, welche dann in der praktischen Landwirtschaft bzw. der

Primärproduktion zur Anwendung kommen (Tey & Brindal, 2012). Arbeitsschritte hinsichtlich des Datentransfers, -managements und der Datenverarbeitung können durch eine Integration von Smartphones vereinfacht werden (Fulton & Port, 2018). Zudem sind Smartphones mit ihren eingebauten Sensoren in der Lage, Technologien der Präzisionslandwirtschaft bis zu einem gewissen Grad zu geringeren Kosten zu substituieren. So sind Smartphone Apps bspw. in der Lage, Unkräuter sowie Infektionen von Pflanzen mit Krankheiten zu erkennen. Darauf aufbauend können Smartphones dazu beitragen, bedarfsgerechte Pflanzenschutzmittelapplikationsmengen zu berechnen. Die berechneten Aufwandmengen sowie die anschließende Ausbringung können dann für weitere Dokumentationszwecke gespeichert werden. Weiterhin ermöglichen Smartphones mittels der Kamerafunktion eine Unterstützung des Landwirts bei der Identifikation von Nährstoffmangelsymptomen. Dies kann helfen, durch eine bedarfsgerechtere Düngung den Nährstoffmangel auszugleichen. Ebenso kann auf Basis des Ertrags einer spezifischen Kultur der Nährstoffentzug aus dem Boden berechnet werden, um einer bedarfsgerechten Nährstoffnachlieferung Sorge tragen zu können (z. B. Pongnumkul et al., 2015; Pickard-Whitehead, 2019). Smartphones können somit einen wichtigen Baustein zur Zielerreichung im Rahmen der Präzisionslandwirtschaft darstellen.

Beiträge in der Literatur, die sich explizit mit der empirischen Bestimmung der Einflussfaktoren auf die Nutzungsentscheidung für Smartphones befassen gibt es bislang nicht. Weiterhin liefert die Literatur keine Informationen zum Status Quo der Smartphone Nutzung in der Landwirtschaft hinsichtlich der Verwendung von Apps und Funktionen des Smartphones. Demzufolge nimmt sich der Beitrag folgender Forschungsfragen an:

- *Welche Faktoren beeinflussen die Nutzungsentscheidung für Smartphones in der Landwirtschaft?*
- *Welche Funktionen und Apps werden von den Landwirten verwendet?*

Die *New Media Tracker* Studie der *Kleffmann Group* aus dem Jahr 2016 bildet dabei die Grundlage für die Beantwortung der Forschungsfragen. Von der *Kleffmann Group* wurden dazu 829 Landwirte so ausgewählt und befragt, dass die Stichprobe hinsichtlich des Alters, der Betriebsgröße und -diversifikation sowie der regionalen Verteilung repräsentativ für die deutsche Landwirtschaft ist. Die Ergebnisse ermöglichen es somit, einen repräsentativen Blick auf die Nutzungsentscheidung und Nutzung von Smartphones in der deutschen Landwirtschaft zu werfen.



In Kapitel III wird der zweite Beitrag „*Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management*“ (erschienen in: *Journal of Dairy Science*) vorgestellt. Dieser Beitrag stützt sich auf den ersten Beitrag (Kapitel II), indem die Anwendung und Akzeptanz von Smartphones und Apps im Herdenmanagement von Milchkühen beleuchtet wird. Das Herdenmanagement von Milchkühen hat eine essentielle Bedeutung für die Produktivität der Milchviehbetriebe (Borchers, 2015). Ein ineffektives Herdenmanagement kann dementsprechend sowohl die Profitabilität des Betriebes als auch Tiergesundheit und Tierwohl gefährden (Casamiglia et al., 2015). Apps zur Unterstützung im Herdenmanagement von Milchkühen können dabei als Smartphone-basierte Entscheidungsunterstützungssysteme (engl. Decision Support Tools, DST) verstanden werden (Rose et al., 2016). Ein effektives Herdenmanagement kann durch Apps unterstützt werden, da Apps z. B. die Dokumentation, den Abruf und die Einsicht tierindividueller Daten über das Smartphone vereinfachen. Zudem können Apps durch Integration mit Sensortechnologien in der Milchviehhaltung das Monitoring vom Ablege-, Fress-, Fortpflanzungs- und Bewegungsverhalten vereinfachen und somit zur Verbesserung des Herdenmanagements beitragen (Herd 2014; Kamiliaris und Pitsillides, 2016, Debauche et al., 2018).

Während Einflussfaktoren auf den Technologie- und Elektronikeinsatz in der Milchviehhaltung (Precision Dairy Farming) bereits untersucht sind (z. B. Gargiulo et al., 2018), lässt sich in der Literatur kein Beitrag finden, der die Einflussfaktoren auf die Nutzung von Apps im Herdenmanagement von Milchkühen betrachtet. Da die Entscheidung für die Nutzung einer Technologie nicht allein auf ökonomische Überlegungen zurückzuführen ist (McDonald et al., 2016; Kuehne et al., 2017), werden latente Einflussfaktoren im Rahmen eines erweiterten Technologieakzeptanzmodells (Technology Acceptance Model; TAM) ermittelt. Das TAM besteht aus den Konstrukten „Wahrgenommener Nutzen“ (Perceived Usefulness; PU) und „Wahrgenommene Bedienungsfreundlichkeit“ (Perceived Ease of Use; PEOU), welche gemäß dem Modell die „Intention zur Nutzung“ (Intention to Use, ITU) und damit folglich auch die real beobachtbare Nutzungsentscheidung beeinflussen sollen. Die bestehende Literatur liefert außerdem keinen Hinweis darauf, welche Funktionen bzw. Funktionsbereiche von Herdenmanagement Apps als nützlich empfunden werden. Zusammenfassend liefert das Kapitel folgenden Beitrag zur Literatur:

- *Identifikation von Einflussfaktoren auf die Herdenmanagement App Nutzungsin-  
tensität im Rahmen eines erweiterten Technologieakzeptanzmodells*
- *Bewertung der Nützlichkeit der Funktionsbereiche aktuell angebotener Herden-  
management Apps*

Zu diesem Zweck wurde im Jahr 2018 eine Online-Umfrage durchgeführt, die ausschließ-  
lich an deutsche Milchviehhalter gerichtet war. Insgesamt konnten 280 vollständige Fra-  
gebögen verwendet werden. Die Landwirte wurden gebeten, Statements für die Schät-  
zung des Technologieakzeptanzmodells zu bewerten sowie Angaben zur Nutzung von  
Herdenmanagement Apps und zur wahrgenommenen Nützlichkeit verschiedener Herden-  
management App Funktionsbereiche zu machen. Um ein tieferes Verständnis über die  
Nutzung der Herdenmanagement Apps zu erhalten, wurde nicht die Nutzungsentschei-  
dung sondern die Frequenz der Nutzung von Herdenmanagement Apps abgefragt und in  
das TAM integriert. Des Weiteren wurden Informationen zu soziodemographischen so-  
wie betrieblichen Charakteristika erhoben.

Mit dem dritten Beitrag (Kapitel IV) „*Willingness to pay for smartphone apps facilitating  
sustainable crop protection*“ (erschieden in: *Agronomy for Sustainable Development*)  
wird das Forschungsgebiet auf die Nutzung von Smartphones im Pflanzenschutz erwei-  
tert. Nachhaltigkeitsgedanken, Skepsis der Verbraucher gegenüber Pflanzenschutzmit-  
teln sowie die Reduktion negativer externer Effekte beim Einsatz von Pflanzenschutzmit-  
teln gewinnen für die konventionelle landwirtschaftliche Produktion zunehmend an Be-  
deutung. Gleichzeitig steht die Landwirtschaft vor der Herausforderung die global wach-  
sende Nahrungsmittelnachfrage zu bedienen (Saba und Messina, 2003; EU SCAR, 2012).  
Insbesondere um die Nachhaltigkeit im Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu verbessern,  
hat die Europäische Union verbindliche Auflagen zum integrierten Pflanzenschutz für die  
Landwirte erlassen (Europäisches Parlament, 2009). Allerdings können Landwirte auch  
aktiv durch ihre Produktionsweise zum Umwelt- und Ressourcenschutz beitragen. Insbe-  
sondere Apps können nachhaltige Entwicklungen im Pflanzenschutz durch zielgerichtete  
Entscheidungsunterstützung für Landwirte begünstigen.

Um die Funktionen von Pflanzenschutz Apps als Smartphone-basierte DST anwenderge-  
recht weiterzuentwickeln, sollten Landwirte in die Entwicklung der DST eingebunden  
werden (Matthews et al., 2008; Rose et al., 2018). Allerdings gibt es in der Literatur bisher  
keine Hinweise darauf, welche Funktionen von Pflanzenschutz Apps durch Landwirte als

nützlich empfunden werden. Je komplexer die Funktionen der DST und je weitreichender die Anwendungsgebiete, desto teurer sind die Entwicklungs- als auch Wartungskosten. Aus diesem Grund können die DST nicht kostenlos zur Verfügung gestellt werden und Entwickler verlangen eine entsprechende Zahlung für die Verwendung vom Endnutzer. Da Kosten von computergestützten DST als mögliche Nutzungsbarriere seitens der Landwirte identifiziert wurden (Matthews et al., 2008), ist die Erfassung der generellen Zahlungsbereitschaft von Landwirten ein wichtiger Indikator für die zukünftige Entwicklung Smartphone-basierter DST und für die generelle Nutzungsabsicht kostenpflichtiger Systeme. Jedoch liefert die Literatur bisher keine Hinweise darüber, ob Landwirte eine generelle Zahlungsbereitschaft für Pflanzenschutz Apps besitzen. Dementsprechend beantwortet der Beitrag die folgenden Forschungsfragen:

- *Welchen Funktionen einer Pflanzenschutz App werden von den Landwirten als nützlich empfunden?*
- *Welche Faktoren beeinflussen die generelle Zahlungsbereitschaft für eine Pflanzenschutz App?*

Zur Beantwortung der Forschungsfragen dient ein online erfasster Datensatz mit 174 Landwirten aus dem Jahr 2017, in dem die Landwirte gebeten wurden anzugeben, welche Funktionen einer Pflanzenschutz App sie als nützlich empfinden. Zudem wurde gefragt, ob sie im Allgemeinen bereit wären, jährlich für eine Pflanzenschutz App zu bezahlen. Des Weiteren wurden Informationen zu soziodemographischen sowie betrieblichen Charakteristika erhoben.

Der vierte Beitrag (Kapitel V) „*Understanding the adoption of smartphone apps in crop protection – An application of the unified theory of acceptance and use of technology*“ (erschieden in einer vorläufigen Version als DARE Diskussionspapier Nr. 1905; aktuelle Version eingereicht in: *Precision Agriculture* am 29.07.2019; Resubmitted nach Minor Revision am 27.11.2019) befasst sich ebenfalls mit der Nutzung von Apps im Pflanzenschutz und knüpft somit inhaltlich an den in Kapitel IV dargestellten Beitrag an und erweitert bzw. ergänzt diesen um einige wichtige Aspekte.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass zurzeit noch viele Apps kostenlos zur Verfügung stehen, sollten die latenten Faktoren, wie die Einstellung und Motive der Entscheider gegenüber den Apps, explizit in Betracht gezogen werden. Jedoch wurden in

bestehenden Untersuchungen bislang noch keine latenten Einflussfaktoren identifiziert, welche in Zusammenhang mit der Nutzungsentscheidung für eine Pflanzenschutz App stehen. Um ein weiterführendes Verständnis darüber zu erlangen, ob, und welche, latenten Faktoren einen Einfluss auf die Nutzungsentscheidung haben, wird die Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003) angewendet. Die UTAUT besteht aus den Konstrukten „Leistungserwartung“ (Performance Expectancy; PE), „Aufwandserwartung“ (Effort Expectancy; EE) sowie „Sozialer Einfluss“ (Social Influence, SI) und „Unterstützende Bedingungen“ (Facilitating Conditions; FC), welche gemäß der Theorie die „Verhaltensintention zur Nutzung“ (Behavioral Intention to Use; BI) und dann letztendlich das tatsächliche Nutzungsverhalten erklären soll. Des Weiteren zeigten Hoffmann et al. (2013, 2014), dass die Nutzungsraten für Apps in der Landwirtschaft hinter den Erwartungen zurück liegen. Um die Akzeptanz und Nutzung für DST zu erhöhen, sollten auch die Endnutzer mit in den Entwicklungsprozess einbezogen werden (Matthews et al., 2008; Rose et al., 2018). Jedoch wurde bislang noch nicht simultan untersucht, welche Funktionen von Apps als nützlich erachtet werden und welche auch tatsächlich genutzt werden.

Der Beitrag ergänzt den Beitrag in Kapitel IV und beschäftigt sich nicht mit der Zahlungsbereitschaft sondern mit der generellen Nutzungsentscheidung und den damit einhergehenden latenten Einflussfaktoren für Apps im Pflanzenschutz. Zudem erweitert er den dritten Beitrag in Kapitel IV, indem neben der wahrgenommenen Nützlichkeit einzelner Funktionen von Pflanzenschutz Apps auch die tatsächliche Nutzung dieser Funktionen erfasst und der wahrgenommenen Nützlichkeit gegenübergestellt werden. Das Kapitel leistet damit folgenden Beitrag zur Literatur:

- *Identifikation von Einflussfaktoren auf die Nutzungsentscheidung für eine Pflanzenschutz App im Rahmen des UTAUT Modells*
- *Bewertung der Nützlichkeit sowie Angabe der tatsächlichen Nutzung von Pflanzenschutz Apps*

Dazu wurde im Jahr 2019 mittels einer Online-Umfrage ein Datensatz mit 207 Landwirten erhoben. Zum einen wurden die Landwirte gebeten, Statements zu bewerten, die als Indikatoren für die Schätzung eines Modells der UTAUT genutzt werden. Zum anderen wurden die Landwirte gefragt, welche Funktionen einer App sie im Pflanzenschutz als

nützlich empfinden und ob sie bereits eine App mit dieser Funktion verwenden. Des Weiteren wurden Informationen zu soziodemographischen sowie betrieblichen Charakteristika erhoben.

Diese kumulative Dissertation setzt sich dementsprechend aus vier Beiträgen zusammen, die sich mit verschiedenen Fragestellungen zur Nutzung von Smartphones und Apps in der Landwirtschaft auseinandersetzen. Dabei wird das Entscheidungsverhalten von deutschen Landwirten im Hinblick auf die Verwendung eines Smartphones im Allgemeinen und für die Nutzung von Apps im Herdenmanagement von Milchkühen untersucht. Zudem beleuchten zwei weitere Beiträge das Entscheidungsverhalten der Landwirte bezüglich der Nutzung und Zahlungsbereitschaft für Apps zur Unterstützung im Pflanzenschutz. Jeder der vier Beiträge der vorliegenden kumulativen Dissertation führt zu einem verbesserten Verständnis des Smartphone Nutzungsverhaltens von Landwirten, welches für einen weiten Adressatenkreis von hoher Relevanz ist. Nachstehend werden in den einzelnen Kapiteln die Beiträge ausführlich dargestellt, bevor die vorliegende Dissertation in Kapitel VI mit einer Zusammenfassung und den Schlussfolgerungen schließt.

## Literatur

- AgriDirect Deutschland GmbH (2016). App-Nutzung unter den deutschen Landwirten liegt bei mehr als fünfzig Prozent. Online verfügbar unter: <https://www.agridirect.de/neuigkeiten/app-nutzung-unter-den-deutschen-landwirten-liegt-bei-mehr-als-funfzig-prozent>, abgerufen am 14.07.2019.
- Aker, J. C., Ghosh, I. & Burrell, J. (2016). The promise (and pitfalls) of ICT for agriculture initiatives. *Agricultural Economics*, 47(S1), 35–48.
- Borchers, M. R. (2015). An evaluation of precision dairy farming technology adoption, perception, effectiveness, and use. Univ. Kentucky, Lexington. [https://uknowledge.uky.edu/animalsci\\_etds/45](https://uknowledge.uky.edu/animalsci_etds/45). Abgerufen am 14.07.2019.
- Borghi, E., Avanzi, J. C., Bortolon, L., Junior, A. L. & Bortolon, E. S. O. (2016). Adoption and use of precision agriculture in Brazil: Perception of growers and service dealership. *Journal of Agricultural Science*, 8(11), 89–104.
- Butler, M. (2011). Android: Changing the mobile landscape. *IEEE Pervasive Computing*, 10(1), 4–7
- Calsamiglia, S., Astiz, S., Baucells, J. & Castillejos, L. (2018). A stochastic dynamic model of a dairy farm to evaluate the technical and economic performance under different scenarios. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 7517–7530
- Debauche, O., Mahmoudi, S., Andriamandroso, A. L. H., Manneback, P., Bindelle, J. & Lebeau, F. (2018). Cloud services integration for farm animals' behavior studies based on smartphones as activity sensors. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1–12
- Deutschlandfunk Kultur (2019). Die ganze Welt in der Hosentasche. <https://www.deutschlandfunkkultur.de/die-ganze-welt-in-der-hosentasche.2891.de.html>. Abgerufen am 14.07.2019.

- DLG (2018). Digitale Landwirtschaft – Chance. Risiken. Akzeptanz. Ein Positionspapier der DLG. <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/technik/digitalisierung-arbeitswirtschaft-und-prozesstechnik/digitale-landwirtschaft/>. Abgerufen am 18.11.2019.
- Europäisches Parlament (2019). Digitale Agenda für Europa. <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/64/digitale-agenda-fur-europa>. Abgerufen am 18.11.2019.
- Europäisches Parlament (2009). Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve sustainable use of pesticides. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0128&from=EN>. Abgerufen am 14.07. 2019.
- EU SCAR (2012). Agricultural knowledge and innovation systems in transition – a reflection paper. Brüssel, Belgien.
- FAO (2018). Status of Implementation of e-Agriculture in Central and Eastern Europe and Central Asia - Insights from selected countries in Europe and Central Asia. ISBN 978-92-5-130091-6
- Fulton, J. P. & Port, K. (2018). Precision agriculture data management. In K. Shannon, D.E. Clay and N.R. Kitchen (Hrsg.): Precision Agriculture Basics (S. 169–188). Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America.
- Gargiulo, J. I., Eastwood, C. R., Garcia, S. C. & Lyons, N. A. (2018). Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 5466–5473.
- Herd, D. (2014). Network systems and cloud applications in livestock farming. *LANDTECHNIK - Agricultural Engineering*, 69(5), 245–248.
- Hoffmann, C., Grethler, D. & Doluschitz, R. (2013). Mobile Business: gute Voraussetzungen in landwirtschaftlichen Betrieben. *LANDTECHNIK - Agricultural Engineering*, 68(1), 18–21.

- Hoffmann, C., Al Askari, A., Hoang, K. & Doluschitz, R. (2014). Entwicklungstrends bei landwirtschaftlichen Applikationen-ein Zwischenfazit. *LANDTECHNIK - Agricultural Engineering*, 69(5), 250–255.
- Jin, B. S., Yoon, S. H. & Ji, Y. G. (2013). Development of a continuous usage model for the adoption and continuous usage of a smartphone. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 29(9), 563–581.
- Kamilaris, A., & Pitsillides, A. (2016): Mobile phone computing and the internet of things: A survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 3(6), 885–898.
- Kuehne, G., Llewellyn, R., Pannell, D. J., Wilkinson, R., Dolling, P., Ouzman, J. & Ewing, M. (2017). Predicting farmer uptake of new agricultural practices: A tool for research, extension and policy. *Agricultural Systems*, 156(September 2017), 115–125.
- Matthews, K. B., Schwarz, G., Buchan, K., Rivington, M. & Millder, D. (2008). Wither agricultural DSS?. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61(2), 149–159.
- McDonald, R., Heanue, K., Pierce, K. & Horan, B. (2016). Factors influencing new entrant dairy farmer's decision-making process around technology adoption. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 22(2), 163–177.
- OECD (2019): Technology and digital in agriculture - New technologies and digitalization are transforming agriculture and offering new opportunities to improve policy. <http://www.oecd.org/agriculture/topics/technology-and-digital-agriculture/>. Abgerufen am 18.11.2019.
- Rose, D.C, Parker, C., Fodey, J., Park, C., Sutherland, W.J. & Dicks, L.V. (2018). Involving stakeholders in agricultural decision support systems: Improving user-centered design. *International Journal of Agricultural Management*, 6(3-4), 80–89.
- Rose, D. C., Sutherland, W. J., Parker, C., Lobley, M., Winter, M., C., Morris, S., Twinning, Ffoulkes, C., Amano, T. & Dicks, L.V. (2016). Decision support tools for agriculture: Towards effective design and delivery. *Agricultural Systems*, 149(November 2016), 165–174.



- Pickard-Whitehead, G. (2019). 20 Agricultural Apps for Your Farm Business. <https://smallbiztrends.com/2018/09/agricultural-apps.html>. Abgerufen am 18.11.2019.
- Pongnumkul, S., Chaovalit, P. & Surasvadi, N. (2015): Applications of smartphone-based sensors in agriculture: A systematic review of research. *Journal of Sensors*, 1–18.
- Purdue University (2019). Purdue University Digital Agriculture. Online verfügbar unter: <https://ag.purdue.edu/digitalag/>. Abgerufen am 18.11.2019.
- Saba, A. & Messina, F. (2003). Attitudes towards organic foods and risk/benefit perception associated with pesticides. *Food Quality and Preference*, 14(8), 637–645.
- Statista (2019a): Anzahl der Smartphone-Nutzer weltweit von 2016 bis 2018 und Prognose für 2019 (in Milliarden). <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/309656/umfrage/prognose-zur-anzahl-der-smartphone-nutzer-weltweit/>. Abgerufen am 18.11.2019.
- Statista (2019b): Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2018 (in Millionen). <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/198959/umfrage/anzahl-der-smartphonenuutzer-in-deutschland-seit-2010/>. Abgerufen am 18.11.2019.
- Tamirat, T. W., Pedersen, S. M. & Lind, K. M. (2018). Farm and operator characteristics affecting adoption of precision agriculture in Denmark and Germany. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 68(4), 349–357.
- Teacher, A. G., Griffiths, D. J., Hodgson, D. J. & Inger, R. (2013). Smartphones in ecology and evolution: a guide for the app-rehensive. *Ecology and Evolution*, 3(16), 5268–5278.
- Tey, Y. S. & Brindal, M. (2012). Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: A review for policy implications. *Precision Agriculture*, 13(6), 713–730.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.

## **II Smartphone adoption and use in agriculture – Empirical evidence from Germany**

**Autoren: Marius Michels, Wilm Fecke, Jan-Henning Feil, Oliver Mußhoff, Johanna Pigisch und Saskia Krone**

Erschienen in: *Precision Agriculture*

<https://doi.org/10.1007/s11119-019-09675-5>

### **Abstract**

Smartphone technology is promising for the future development of agriculture, as it can facilitate and improve many operational procedures and can also be combined with precision agriculture technologies. Yet, existing research on smartphone adoption in agriculture is scarce. Therefore, this paper empirically explores the factors influencing smartphone adoption by German farmers. The relationship between farmers, farm characteristics and smartphone adoption was analysed using a binomial logit model. The dataset, collected in 2016, consists of 817 German farmers and is representative in terms of age, farm size and diversification as well as regional distribution across the study area. The results indicate that, among other factors, farmers' age, education, and farm size are determinants of smartphone adoption. Furthermore, the paper provides descriptive information about the usage of smartphone functions and agriculture-related app functions. Thus, this paper contributes to the literature by identifying key determinants of smartphone adoption in agriculture. The findings may be of interest for policy makers, researchers in the field of precision agriculture technologies as well as developers and providers of farm equipment and precision agriculture technologies that integrate with smartphones, since the paper includes information concerning smartphone use and key factors influencing smartphone adoption.

**Keywords:** Technology Adoption, Smartphone Adoption, German Farmers, Digitalisation, Innovation

### **III Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management**

**Autoren: Marius Michels, Vanessa Bonke und Oliver Mußhoff**

Erschienen in: *Journal of Dairy Science*, 102 (10), 9422-9434

<https://doi.org/10.3168/jds.2019-16489>

#### **Abstract**

There has been a steady increase in decision support tools available for farmers including dairy herd management smartphone apps. The existing literature does not yet cover topics concerning the adoption and use of herd management smartphone apps or which specific functions of such apps are perceived as most useful by dairy farmers. It is unclear if technology adoption can only be explained by economic reasoning, as the beliefs about a technology also play a role in decision making. Therefore, this study seeks to determine whether an extended Technology Acceptance Model can explain adoption and use of herd management smartphone apps. Results about the adoption and use of dairy herd management smartphone apps are derived from an online survey conducted in 2018 with 280 German dairy farmers. To model farmers' frequency of herd management smartphone app use, we applied partial least squares structural equation modelling and an ordered logit model. Our results show that 93% of the dairy farmers in our sample use a smartphone and 61% already use a herd management smartphone app. Daily use is reported by 38% of the adopters. Dairy farmers rated functions related to the observation of animal health, reproduction management and data gathering as most useful, which should be in focus by developer and providers for future development. The key attitudinal components of the Technology Acceptance Model, namely perceived ease of use and perceived usefulness, both positively influence the intention to use such apps. This ultimately has a positive effect on the actual usage behavior. Besides other factors, dairy farmers' education and knowledge of herd management smartphone apps have a positive effect on perceived ease of use. Our model explains 33% of the variance in the actual usage behavior related to herd management smartphone apps. Since perceived ease of use and perceived usefulness positively influence the intention to use such apps and ultimately the actual usage behavior, developers and providers should highlight the benefits

of using herd management smartphone apps and also keep the interface of the apps as simple as possible.

**Key Words:** herd management smartphone app; German dairy farmer; partial least squares structural equation modelling; technology acceptance model; smartphone

## **IV Willingness to pay for smartphone apps facilitating sustainable crop protection**

**Autoren: Vanessa Bonke, Wilm Fecke, Marius Michels und Oliver Mußhoff**

Erschienen in: *Agronomy for Sustainable Development*, 38 (5), Article 51

<https://doi.org/10.1007/s13593-018-0532-4>

### **Abstract**

By providing additional information and simulating results, decision support tools are one of the methods to enhance a farmer's decision-making process in order to achieve more sustainable practices. With the latest developments in smartphone technology, new possibilities to integrate decision support tools into the daily work process have been emerging and smartphone apps related to crop protection have been developed. However, little is known about the utilization of smartphones by farmers in general, and specifically with regard to crop protection. In order to gather first insights into the factors that could affect the decision of farmers to integrate smartphones and crop protection-related apps in particular, into their work process, we conducted an online survey with 174 technologically experienced German farmers in 2017. We gained insights about the current use of smartphones from the surveyed German farmers, explored which topics farmers perceive as useful in the form of an app for crop protection, and which factors influence the willingness to pay for these apps. Our results show that 93% of the respondents use smartphones for agricultural purposes. Weather forecasts, tools to identify pests, diseases and weeds as well as related forecasts are perceived as useful by the majority of respondents. Eighty-two percent of the respondents are generally willing to pay for crop protection apps. Using a probit model, we found that the farmer's age, farm size, knowledge about specific crop protection apps, potential for cost reduction, and potential to reduce negative environmental effects have an influence on the general willingness to pay. Overall, this is the first study to explore factors influencing the willingness to pay for crop protection apps and assess which types of apps are perceived as useful by technologically experienced German farmers.

**Keywords:** Smartphone; Crop protection apps; Willingness to pay; Perceived usefulness; Probit model; German farmers

**V Understanding the adoption of smartphone apps in crop protection – An application of the unified theory of acceptance and use of technology**

**Autoren: Marius Michels, Vanessa Bonke und Oliver Mußhoff**

Erschienen als *DARE Diskussionspapier Nr. 1905*.

**Abstract**

There is a steady increase in smartphone apps available to improve farmers' decision making with respect to crop protection. While current studies have focused on smartphone adoption in general and farmers' general willingness to pay for crop protection smartphone apps, none have focused on the initial adoption decision. Furthermore, it has not been studied yet which app functions are perceived as useful and which are actually used by farmers. Based on an online survey conducted in 2019 with 207 German farmers, this study investigates farmers' adoption decision for crop protection smartphone apps based on the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) framework applying partial least squares structural equation modelling and a binary logit model. Descriptive results show that 95 % of the surveyed farmers use a smartphone, but only 71 % use a crop protection smartphone app. Apps providing information about weather, pest scouting and infestations forecasts are perceived as most useful by the majority of farmers. However, reported use fell short of reported usefulness. With respect to the model for the UTAUT, 73 % of the variation in the behavioral intention to use a crop protection smartphone app and 50 % of the variation in the actual adoption is explained by the model. The results are of interest for policy makers in the field of digitalization in agriculture as well as providers and developers of crop protection smartphone apps since they include information which can be used for further development of apps and policies regarding digitalization.

**Keywords:** crop protection, partial least squares structural equation modelling, precision agriculture, smartphone, smartphone apps, unified theory of acceptance and use of technology



## VI Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Smartphones sind aufgrund ihrer vielfältigen Einsatzmöglichkeiten aus dem Alltagsleben nicht mehr wegzudenken. Mittlerweile haben Smartphones im Rahmen der Digitalisierung in der Landwirtschaft zudem die landwirtschaftlichen Betriebe erreicht, sodass der Gebrauch von Smartphones für viele Landwirte nun nicht mehr auf den privaten Gebrauch beschränkt ist, sondern auch Einzug in den beruflichen Alltag gehalten hat. Insbesondere die hohe Datenverarbeitungskapazität, die mittlerweile an die von Computern heranreichen kann, die Multifunktionalität sowie die Mobilität der Smartphones sowie die Möglichkeit der Installation und Deinstallation von Apps nach eigenem Bedarf machen diese Geräte für den Einsatz in der Landwirtschaft besonders interessant und passfähig. Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen der vorliegenden Dissertation verschiedene Fragestellungen zum Einsatz von Smartphones in der Landwirtschaft betrachtet. Dabei untersucht der erste Beitrag in Kapitel II die generelle Nutzungsentscheidung von Landwirten für ein Smartphone. Dazu wird evaluiert welche soziodemographischen und betrieblichen Charakteristika die Entscheidung beeinflussen. Der zweite Beitrag in Kapitel III erweitert das Forschungsgebiet auf die Akzeptanz und Nutzung von Smartphones für das Herdenmanagement von Milchkühen. Akzeptanz und Nutzung werden im Rahmen eines Technologieakzeptanzmodells (TAM) untersucht. Im dritten und vierten Beitrag (Kapitel IV und V) liegt der Fokus auf der Nutzungsentscheidung sowie der Zahlungsbereitschaft für Apps im Pflanzenschutz. Dazu wird in Kapitel IV explizit betrachtet, ob die Landwirte generell bereit wären, eine jährliche Zahlung für die Verwendung von Apps im Pflanzenschutz zu leisten. Die Nutzungsentscheidung für Pflanzenschutz Apps wurde im Rahmen der Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) in Kapitel V untersucht. Im Folgenden werden die Ergebnisse und Implikationen aller vier Beiträge dargelegt. Darüber hinaus werden auf Basis der einzelnen Beiträge Anknüpfungspunkte für weitere Studien aufgezeigt.

Der erste Beitrag der Dissertation beschäftigt sich mit soziodemographischen und betrieblichen Einflussfaktoren auf die Nutzungsentscheidung für Smartphones durch Landwirte. Der Beitrag basiert auf einer Datengrundlage von 829 deutschen Landwirten, welche im Rahmen der repräsentativen *New Media Tracker* Studie im Jahr 2016 von der *Kleffmann Group* befragt wurden. 58 % der befragten Landwirte nutzen ein Smartphone, wovon wiederum 50 % auch landwirtschaftliche Apps anwenden. Die Ergebnisse zeigen, dass

jüngere Landwirte mit einem Hochschulabschluss, die im relativen Vergleich größere landwirtschaftliche Betriebe bewirtschaften, mit höherer Wahrscheinlichkeit Smartphones verwenden. Diese Zielgruppe entspricht auch den Kernadressaten von Technologien der Präzisionslandwirtschaft (z. B. Paxton et al., 2011; Tey und Brindal, 2012; Pierapoli et al., 2013). Marketingaktivitäten durch Hersteller und Anbietern von Smartphone und Apps sollten daher gezielt diese Gruppe von Landwirten ansprechen. Des Weiteren könnten Anbieter von Technologien der Präzisionslandwirtschaft, die eine Integration mit Smartphones ermöglichen, diese Funktion herausstellen. Wie bereits angesprochen, erhöht auch der Besitz eines Hochschulabschlusses die Wahrscheinlichkeit, dass ein Landwirt ein Smartphone besitzt. Im Rahmen der Entwicklung von Schulungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten für Landwirte zur Digitalisierung die vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft angestrebt werden, sollten Smartphones sowie deren Möglichkeiten zur Unterstützung des Einsatzes von Technologien der Präzisionslandwirtschaft berücksichtigt werden (BMEL, 2016). Auf diese Weise könnten die Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft von Smartphones und Apps unter den Landwirte gesteigert werden. Ein vermehrter Einsatz von Apps im Pflanzenschutz oder im Herdenmanagement von Milchkühen wiederum könnte der Förderung öffentlicher Interessen, wie z. B. Umwelt- und Ressourcenschutz sowie dem Tierwohl dienlich sein. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse, dass auch der Standort eine Rolle für die Smartphone Nutzungsentscheidung spielt. Somit liefern die Ergebnisse möglicherweise einen Hinweis darauf, dass die mobile Internetabdeckung, die zum Teil zur Nutzung einiger Apps und Funktionen des Smartphones notwendig ist, nicht ausreichend sein könnte, um Smartphones bzw. Apps in vollem Umfang zu nutzen. Dieses Ergebnis untermauert somit die Nachfrage nach schnellerem Internet von Seiten der Landwirte (DBV, 2018) und lässt folglich die Implikation zu, dass der Ausbau der digitalen Infrastruktur in den ländlichen Räumen weiterhin von hoher Bedeutung für die Agrarpolitik sein sollte. Zukünftige Studien sollten daher neben dem Standort auch die Zufriedenheit mit der Internetversorgung in Betracht ziehen. Ein weiterer interessanter könnte sein Forschungsansatz sein, wie Landwirte Apps und Technologien der Präzisionslandwirtschaft im praktischen Einsatz kombinieren. Im Zuge dessen sollten vor allem latente Faktoren wie der wahrgenommene Nutzen der komplementären Nutzung der Technologien berücksichtigt werden.

Im Fokus des zweiten Beitrags der Dissertation steht die Nutzung von Apps im Herdenmanagement von Milchkühen. Zu diesem Zweck wurden 280 deutsche Milchbauern

befragt, von denen 93 % ein Smartphone nutzen. Obwohl 75 % von ihnen Apps zur Unterstützung im Herdenmanagement kennen, verwenden lediglich 61 % der befragten Milchviehhalter auch solch eine App. Anwendungen mit Funktionen zur Überwachung der Tiergesundheit, zur Unterstützung im Reproduktionsmanagement und zur Datenanalyse werden von den befragten Milchviehhaltern als besonders nützlich bewertet. Da nicht alle Landwirte, die Apps zur Unterstützung im Herdenmanagement kennen, diese auch nutzen, besteht noch Potential, die Nutzung von Apps im Herdenmanagement von Milchkühen zu erhöhen. Die voranstehenden Ergebnisse aus der Bewertung der Nützlichkeit der Funktion sowie die folgenden Ergebnissen aus der Schätzung des erweiterten TAM können hierfür verwendet werden. Die TAM-Konstrukte, „wahrgenommene Nützlichkeit“ und „Bedienungsfreundlichkeit“ (Davis, 1989) haben einen positiven Einfluss auf die Intention eine Herdenmanagement App zu verwenden und damit auf die letztendlich real beobachtbare Nutzungsfrequenz. Somit konnte auch die Anwendbarkeit des TAMs für die Nutzung von Herdenmanagement Apps in der Milchviehhaltung bestätigt werden. Des Weiteren haben ein Hochschulabschluss des Milchviehhalters sowie vorherige Kenntnisse über Apps zur Unterstützung im Herdenmanagement einen positiven Einfluss auf die wahrgenommene Bedienungsfreundlichkeit. Die Ergebnisse implizieren, dass die Vorteile der Nutzung einer App für potentielle Anwender erkennbar sein müssen. Zudem sollte auch die Installation sowie Handhabung der App möglichst einfach sein, um unabhängig des Bildungsstandes und der vorherigen Kenntnisse für Landwirte attraktiv zu sein. Die Herdengröße hat keinen Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit, was impliziert, dass Herdenmanagement Apps unabhängig von der Anzahl gehaltener Tiere von den Landwirten als nützlich empfunden werden. Außerdem wurde in diesem Beitrag die Anwendung dieser Apps im Rahmen der Weidehaltung diskutiert. Weidehaltung hatte keinen Einfluss auf die Nutzungsfrequenz, allerdings ist die Integration von Apps mit Sensortechnologien in der Weidehaltung durch unzureichende Übertragungsmöglichkeiten der gesammelten Informationen beschränkt. Zudem birgt die Anwendung von Technologien in der Weidehaltung viele einzigartige Herausforderungen (Shalloo et al., 2018), sodass nicht jede für die Stallhaltung entwickelte Technologie auf die Weidehaltung von Milchvieh übertragbar ist. Dementsprechend könnten sich Folgestudien speziell auf die Nutzung von Apps in der Weidehaltung von Milchkühen fokussieren. Auch die Erfassung der Zahlungsbereitschaft für eine Herdenmanagement App könnte interessante Ergebnisse für Entwickler und Anbieter von Apps liefern. Zwar lieferte die Studie keine

Hinweise darauf, dass die Herdengröße einen Effekt auf die wahrgenommene Nützlichkeit hat, jedoch sollte in Folgestudien auch expliziter unterschieden werden, ob Herdenmanagement Apps unabhängig oder in Verbindung mit anderen Sensortechnologien verwendet werden.

Der dritte Beitrag der Dissertation ist auf die Anwendung von Apps im Pflanzenschutz fokussiert. Dazu wurden 174 deutsche Landwirte befragt. Alle Teilnehmer der Studie besitzen ein Smartphone und 94 % nutzen dieses für landwirtschaftliche Zwecke, wobei 77 % eine App kennen, die im Rahmen des Pflanzenschutzes eingesetzt werden kann. Ein Großteil der Teilnehmer empfindet Wettervorhersagen sowie die Prognose und Bestimmung des Befalls mit Schädlingen und Krankheiten als Funktionen der Apps als sinnvoll. Von den 174 Landwirten der Stichprobe sind zudem 82 % bereit jährlich für eine Pflanzenschutz App zu bezahlen. Die generelle Zahlungsbereitschaft ist dabei abhängig davon, ob Landwirte Kosteneinsparpotentiale mit der Nutzung der App in Verbindung bringen. Weiterhin beeinflusst die Wahrnehmung des Landwirts hinsichtlich der Möglichkeit der Reduzierung negativer externe Effekte durch den Einsatz von Pflanzenschutz Apps die generelle Zahlungsbereitschaft. Die Ergebnisse bestätigen somit die Studien von Evans et al. (2017) sowie Rose et al. (2016), die hinsichtlich der Erhöhung von Nutzung und Akzeptanz besagen, dass die (ökonomischen) Vorteile der Nutzung eines DST für einen potentiellen Anwender klar erkennbar sein sollten. Da Landwirte mit in den Entwicklungsprozess von DST einbezogen werden sollten, um eine anwendergerechte Entwicklung sicherzustellen (Matthews et al. 2008; Rose et al., 2018), kann der Beitrag wichtige Implikationen für die Entwickler von Pflanzenschutz Apps liefern. Zum einen zeigt der Beitrag, welche Funktionen von den Landwirten als nützlich empfunden werden. Auf diese sollte in der Weiterentwicklung der Systeme ein besonderer Wert gelegt werden sollte. Um die Ergebnisse weiter zu validieren, sollte die Studie in anderen Ländern wiederholt werden. Insbesondere die Durchführung der Studie in anderen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union könnte auf Basis eines Ländervergleichs wichtige Implikationen für politische Entscheidungsträger im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik liefern.

Der vierte und letzte Beitrag der Dissertation knüpft als Folgestudie an den dritten Beitrag an und erweitert bzw. ergänzt ihn dadurch, dass im Rahmen der UTAUT (Venkatesh et al., 2003) untersucht wird, welche latenten Einflussfaktoren die Nutzungsentscheidung für eine Pflanzenschutz App beeinflussen. Des Weiteren untersucht der Beitrag welche

Funktionen von Pflanzenschutz Apps sowohl als nützlich empfunden als auch tatsächlich genutzt werden. In der Stichprobe befanden sich 207 Landwirte, von denen 95 % ein Smartphone verwenden und 82 % eine Pflanzenschutz App kennen. 71 % der Landwirte in der Stichprobe, die ein Smartphone besitzen, verwenden auch eine Pflanzenschutz App. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Landwirte insbesondere Apps zur Information über das Wetter, Identifikation von Schädlingen und Infektionsvorhersagen sowie zur Dokumentation als nützlich empfunden. Daher sollten Anbieter und Hersteller sich auf die Weiterentwicklung und Verbesserung dieser Apps fokussieren. Jedoch zeigt die Studie auch, dass die Nutzungsraten der einzelnen Funktionen hinter den Angaben zur empfundenen Nützlichkeit liegen. Dies entspricht auch weiteren Ergebnissen aus der Literatur (Hoffmann et al., 2013, 2014), die besagen, dass die Verwendung von Apps bisher hinter den Erwartungen zurück geblieben ist. Die Ergebnisse aus der Schätzung des UTAUT Modells können genutzt werden, um die Nutzungsrate von Pflanzenschutz Apps zu steigern. Der Nutzen aus der Verwendung der App muss für den Landwirt unmittelbar bei der Betrachtung der App im Download-Store und vor allem beim ersten Gebrauch direkt ersichtlich sein. Optionen zur Personalisierung der App z. B. entsprechend der Bedürfnisse, angebauten Kulturen sowie des Standort des Landwirtes, könnten dabei die Nutzungsrate steigern. Außerdem sollte die Installation, Einrichtung und Nutzung der App möglichst unkompliziert sein. Darüber hinaus sollte die App nach Möglichkeit ohne mobilen Internetempfang in vollem Umfang nutzbar sein, um die Funktionalität auch im Feldeinsatz mit tendenziell schlechterer Netzabdeckung sicherzustellen. Folgestudien könnten sich verstärkt auf einzelne Funktionen fokussieren, um hinsichtlich der Fragestellung, welche Faktoren für welche Funktionen von besonderer Bedeutung sind, präzisere Ergebnisse zu erhalten.

Über die vier Beiträge hinweg zeigt sich, dass Smartphones von deutschen Landwirten bereits genutzt werden und auf einigen Betrieben schon Anwendung im Pflanzenschutz und im Herdenmanagement von Milchkühen finden. Insbesondere die den Kapiteln III, IV und V zugrundeliegenden Stichproben bestätigen die Ergebnisse aus dem Kapitel II, dass vor allem jüngere, relativ gut gebildete Landwirte von größeren Betrieben ein Smartphone besitzen und zum Teil auch betrieblich einsetzen. In den genannten Stichproben lag die Verbreitung der Smartphones bei über 90 %. Jedoch zeichnet sich auch über die Beiträge hinweg das Bild ab, dass noch Potential besteht die Nutzungsraten zu erhöhen. So kannten nicht alle Smartphone Nutzer entsprechende Apps im Pflanzenschutz oder

Herdenmanagement von Milchkühen. Ebenso verwendeten nicht alle Landwirte, die die entsprechenden Apps kennen, diese auch. Die Ergebnisse aus den Kapiteln III, IV und V stützen sich gegenseitig und implizieren zum einen, dass der Gebrauch einer App im Pflanzenschutz oder Herdenmanagement von Milchkühen einen klaren und unmittelbar erkennbaren Nutzen für den Landwirt haben muss. Zum anderen lassen die Ergebnisse auch den Schluss zu, dass der Inhalt bzw. die Anwendungsgebiete der Apps möglicherweise nicht den Erwartungen aller Landwirte entsprechen. Daher sollten Folgestudien diesen Aspekt stärker in den Fokus rücken.

Weiterhin implizieren die Ergebnisse der genannten drei Kapitel, dass die Bedienung der entsprechenden Apps möglichst einfach und schnell sowie unabhängig vom Bildungs- und vorherigen Kenntnisstand zu erlernen sein sollte. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass alle vier Studien in Deutschland mit einer relativ guten Infrastruktur und einem relativ hohen Bildungsstand durchgeführt wurden. Daher sind die Ergebnisse am ehesten auf andere west-europäische Länder übertragbar, was aber auch validiert werden müsste. Landwirte außerhalb West-Europas z. B. in Nord-Amerika oder insbesondere in Asien oder Afrika, wirtschaften und leben allerdings unter anderen Bedingungen. Folgestudien sollten sich auch auf Länder in diesen Regionen fokussieren, da die Ergebnisse und Einflussfaktoren aufgrund der anderen Arbeits- und Lebensumstände anders ausfallen könnten. Zudem sind dort möglicherweise andere Ergebnisse zu erwarten, da die Ansprüche und Erwartungen der Landwirte an Apps und Smartphones sich von denen west-europäischer bzw. deutscher Landwirte deutlich unterscheiden können.

Die vier Beiträge der vorliegenden kumulativen Dissertation liefern erste, aufschlussreiche Erkenntnisse zu unterschiedlichen Fragestellungen hinsichtlich des Einsatzes von Smartphones im Rahmen der Digitalisierung in der Landwirtschaft. Die Schlussfolgerungen der kumulativen Dissertation bieten neben Anknüpfungspunkten für weitere Studien auch Implikationen für die landwirtschaftliche Praxis. Die Ergebnisse der Studien sind daher von hoher Bedeutung für politische Entscheidungsträger im Rahmen der Digitalisierung in der Landwirtschaft sowie für Hersteller und Anbieter von Smartphones, Apps und Technologien der Präzisionslandwirtschaft, die eine Integration mit Smartphones erlauben. Darüber hinaus sind die Ergebnisse von Interesse für Unternehmen des vor- und nachgelagerten Bereichs, die Smartphone-kompatible Produkte und Dienstleistungen anbieten. Aufgrund der dynamischen Entwicklung in diesem Bereich sowie der

zunehmenden Bedeutung von Smartphones als Baustein in der digitalen Landwirtschaft sind aktuelle Studien notwendig, um das Entscheidungs- und Nutzungsverhalten der Landwirte zu verstehen. Die vorliegende Dissertation hat dabei erste Schritte in diese Richtung unternommen und liefert primäre grundlegende Einblicke in die Smartphone Nutzung in der landwirtschaftlichen Primärproduktion in Deutschland, die zur Abschätzung zukünftiger Entwicklungen in diesem Bereich, aber auch zur Entwicklung weiterer Forschungsvorhaben von Nöten sind.

## Literatur

- BMEL (2016). Landwirtschaft verstehen. Im Fokus: Chancen der Digitalisierung. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. <https://www.bmel.de/Shared-Docs/Downloads/Broschueren/Landwirtschaft-verstehen-Chancen-Digitalisierung.html>. Abgerufen am 15.07.2019.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
- DBV (2018). Konjunkturbarometer: Immer mehr Landwirte beklagen zu langsames Internet. Deutscher Bauernverband. <https://www.bauernverband.de/konjunkturbarometer-immer-mehr-landwirte-beklagen-zu-langsamem-internet>. Abgerufen am 27.08.2018.
- Evans K.J., Terhorst A. & Hang B. H. (2017). From data to decisions: Helping crop producers build their actionable knowledge. *Critical Reviews in Plant Sciences* 36(2), 71-88.
- Hoffmann, C., Grethler, D. & Doluschitz, R. (2013). Mobile Business: gute Voraussetzungen in landwirtschaftlichen Betrieben. *LANDTECHNIK - Agricultural Engineering*, 68(1), 18–21.
- Hoffmann, C., Al Askari, A., Hoang, K. & Doluschitz, R. (2014). Entwicklungstrends bei landwirtschaftlichen Applikationen-ein Zwischenfazit. *LANDTECHNIK - Agricultural Engineering*, 69(5), 250–255.
- Matthews K.B., Schwarz G., Buchan K., Rivington, M. & Millder D. (2008). Wither agricultural DSS?. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61(2), 149–159.
- Paxton, K. W., Mishra, A. K., Chintawar, S., Roberts, R. K., Larson, J. A., English, B. C., Lambert, D. M., Marra, M. C., Larkin, S. L., Reeves, J. M. & Martin, S. W. (2011): Intensity of precision agriculture technology adoption by cotton producers. *Agricultural and Resource Economics Review*, 40(1), 133–144.
- Pierpaoli, E., Carli, G., Pignatti, E. & Canavari, M. (2013). Drivers of precision agriculture technologies adoption: A literature review. *Procedia Technology*, 8, 61–69.



- Rose, D.C., Parker, C., Fodey, J., Park, C., Sutherland, W.J. & Dicks L.V. (2018). Involving stakeholders in agricultural decision support systems: Improving user-centered design. *International Journal of Agricultural Management* 6(3-4), 80-89.
- Rose, D. C., Sutherland, W. J., Parker, C., Lobley, M., Winter, M., C., Morris, S., Twinning, Ffoulkes, C., Amano, T. & Dicks, L.V. (2016). Decision support tools for agriculture: Towards effective design and delivery. *Agricultural Systems*, 149(November 2016), 165–174.
- Shalloo, L., Cromie, A. & McHugh, N. (2014). Effect of fertility on the economics of pasture-based dairy systems. *Animal*, 8(Suppl.1), 222–231
- Tey, Y. S. & Brindal, M. (2012). Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: A review for policy implications. *Precision Agriculture*, 13(6), 713–730.
- Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B. & Davis, F.D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.

## Publikationsliste

### Beiträge in referierten wissenschaftlichen Zeitschriften:

- Michels, M., Fecke, W., Feil, J-H., Mußhoff, O., Pigisch, J. und Krone, S. (2019): Smartphone adoption and use in agriculture – Empirical evidence from Germany. *Precision Agriculture*, pp. 1 – 23.
- Michels, M., Bonke, V. und Mußhoff, O. (2019): Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. *Journal of Dairy Science*, Vol. 102 Issue 10, pp. 9422 – 9434.
- Michels, M., Weller von Ahlefeld, P. J. und Mußhoff, O. (2019): Akzeptanz und Nutzung von Navigationssoftware durch landwirtschaftliche Lohnunternehmen – Eine Anwendung des Technologieakzeptanzmodells. *Landtechnik – Agricultural Engineering*, Vol 74 Issue 4, pp. 81 – 99.
- Michels, M., Fecke, W., Feil, J-H., Mußhoff, O., Pigisch, J. und Krone, S. (2019): Eine empirische Analyse der Internetnutzungsintensität in der deutschen Landwirtschaft. *German Journal of Agricultural Economics*, Vol. 68 Issue 1, pp. 1 – 14.
- Michels, M., Möllmann, J. und Mußhoff, O. (2019): German Farmers’ Perspectives on Direct Payments in the Common Agricultural Policy. *EuroChoices*, pp. 1 – 5.
- Michels, M., Möllmann, J. und Mußhoff, O. (2019): Understanding the intention to use commodity futures contracts. *Agricultural Finance Review*, Vol. 79 Issue 5, pp. 582 – 597.
- Michels, M., Fecke, W., Weller von Ahlefeld, P. J., Mußhoff, O., Heckmann, A. und Beneke, F. (2019): Sind Landwirte bereit für eine Schulung zur Digitalisierung zu bezahlen?. *Berichte über Landwirtschaft-Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, Vol. 97 Issue 1, pp. 1 – 19.
- Michels, M., und Mußhoff, O. (2020): Eine empirische Analyse der Nutzungsintensität von Smartphones in der deutschen Landwirtschaft. *German Journal of Agricultural Economics* (akzeptierter Beitrag).
- Bonke, V., Fecke, W., Michels, M. und Mußhoff, O. (2018): Willingness to pay for smartphone apps facilitating sustainable crop protection. *Agronomy for Sustainable Development*, Vol. 38 Issue 5, Article 51, pp. 1 – 10.
- Möllmann, J., Michels, M. und Mußhoff, O. (2019): German farmers’ acceptance of subsidized insurance associated with reduced direct payments. *Agricultural Finance Review*, Vol. 79 Issue 3, pp. 408-424.
- Weller von Ahlefeld, P. J. und Michels, M. (2019): Die Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik 2013 – Ein Literaturüberblick zur Umsetzung und Effektivität der Greening-Maßnahmen. *Berichte über Landwirtschaft – Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, Vol. 97 Issue 1, pp. 1 – 26.

Möllmann, J., Michels, M., von Hobe, C. F., und Mußhoff, O. (2018): Status quo des Risikomanagements in der deutschen Landwirtschaft: Besteht Bedarf an einer Einkommensversicherung?. *Berichte über Landwirtschaft-Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, Vol. 96 Issue 3, pp. 1 – 26.

Fecke, W., Michels, M., von Hobe, C.-F. und Mußhoff, O. (2018): Wie kommunizieren Landwirte in Zeiten der Digitalisierung?. *Berichte über Landwirtschaft– Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, Vol. 95 Issue 2, pp. 1 – 18.

Tagungsbeiträge:

Michels, M., Möllmann, J. und Mußhoff, O. (2019): Can the Technology Acceptance Model predict Farmers' Intention to use Commodity Futures Contracts? Paper presented at the 28. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie (ÖGA), Wien, Österreich, September 26-28, 2018

Michels, M., Fecke, W., Weller von Ahlefeld, P. J., Mußhoff, O., Heckmann, A. und Beneke, F. (2019): Zahlungsbereitschaft deutscher Landwirte für eine Schulung zur Digitalisierung. Paper presented at the 39. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft e. V. (GIL), Wien, Österreich, Februar 18-19, 2019.

Michels, M., Bonke, V. und Mußhoff, O. (2019): Adoption of herd management smartphone apps in German dairy farming. Paper presented at the 59. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e. V. (GeWiSoLa), Braunschweig, Deutschland, September 25-27, 2019.

Michels, M., Bonke, V., Fecke, W. und Mußhoff, O. (2019): Sustainability in crop protection – Willingness to pay for crop protection smartphone apps. Paper presented at the 29. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie (ÖGA), Innsbruck, Österreich, September 19-20, 2019.

Diskussionspapiere:

Michels, M., Bonke, V. und Mußhoff, O. (2019): Understanding the adoption smartphone apps in crop protection – An application of the unified theory of acceptance and use of technology. Diskussionsbeitrag des Departments für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung Nr. 1905, Georg-August Universität Göttingen.

Veröffentlichungen in Tagungsbänden:

Michels, M., Fecke, W., Weller von Ahlefeld, P. J., Mußhoff, O., Heckmann, A. und Benke, F. (2019): Zahlungsbereitschaft deutscher Landwirte für eine Schulung zur Digitalisierung. In: Meyer-Aurich et al. (Hrsg.). Digitalisierung in kleinstrukturierten Regionen, Lectures Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2019.

- Michels, M., Bonke, V., Fecke, W. und Mußhoff, O. (2019): Sustainability in crop protection – Willingness to pay for crop protection smartphone apps. In: Grötzer et al (Hrsg.). Perspektiven wertebasierter Wertschöpfungsketten. Tagungsband 2019, Österreichische Gesellschaft für Agrarökonomie (ÖGA), Wien, Österreich.
- Michels, M., Möllmann, J. und Mußhoff, O. (2018): Can the Technology Acceptance Model predict Farmers' Intention to use Commodity Futures Contracts? In: Hambrusch et al. (Hrsg.). Methoden für eine evidenzbasierte Agrarpolitik – Erfahrungen, Bedarf und Entwicklungen, Tagungsband 2018, Österreichische Gesellschaft für Agrarökonomie (ÖGA), Wien, Österreich
- Von Hobe, C.-F., Michels, M., Fecke, W., Mußhoff, O. und Weller von Ahlefeld, P. J. (2019): Wie kommunizieren Landwirte in Zeiten der Digitalisierung?. In: Meyer-Aurich et al. (Hrsg.). Digitalisierung in kleinstrukturierten Regionen, Lectures Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2019.
- Möllmann, J., Michels, M. und Mußhoff, O. (2018): Subsidized insurance as an alternative to direct payments in Germany. In: Hambrusch et al. (Hrsg.). Methoden für eine evidenzbasierte Agrarpolitik – Erfahrungen, Bedarf und Entwicklungen, Tagungsband 2018, Österreichische Gesellschaft für Agrarökonomie (ÖGA), Wien, Österreich.
- Weller von Ahlefeld, P. J. und Michels, M. (2019): Zur Effektivität der Greening-Maßnahmen. In: Grötzer et al (Hrsg.). Perspektiven wertebasierter Wertschöpfungsketten. Tagungsband 2019, Österreichische Gesellschaft für Agrarökonomie (ÖGA), Wien, Österreich.

### Sonstiges

- Odening, M., Filler, G., Barnett, B., Witzke, K., Mußhoff, O., Möllmann, J., Michels, M. (2018): Agrarpolitische Optionen zur Reduzierung von Preis- und Ertragsrisiken. In: Rentenbank (Ed.): Innovative Agrarpolitik nach 2020. *Schriftenreihe der Landwirtschaftlichen Rentenbank*, Band 34, pp. 43-74.
- Michels, M., Weller von Ahlefeld, P. J. und Mußhoff, O. (2019): Bedarfsgerechte Schulung. *B&B Agrar* 1/2019
- Michels, M., Weller von Ahlefeld, P. J. und Mußhoff, O. (2019): Sind Sie fit für die Digitalisierung? *DLG-Mitteilungen* 4/2019
- Weller von Ahlefeld, P. J., Michels, M. und Mußhoff, O. (2019): Digitale Landwirtschaft – Was darf eine Schulung zur Digitalisierung kosten? *land* 1/2019

## **Auszeichnungen**

- 2019 – Auszeichnung für die beste Präsentation (Best-Presentation-Award) auf der 29. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie in Innsbruck, Österreich für den Beitrag „Sustainability in crop protection – Willingness to pay for crop protection smartphone apps“ (Zusammenarbeit mit Vanessa Bonke, Wilm Fecke und Prof. Dr. Oliver Mußhoff)
- 2019 – Auszeichnung für den besten Beitrag (Best-Paper-Award) auf der 59. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e. V. in Braunschweig, Deutschland für den Beitrag „Adoption of herd management smartphone apps in German dairy farming“ (Zusammenarbeit mit Vanessa Bonke und Prof. Dr. Oliver Mußhoff)

## **Erklärung über den geleisteten Eigenanteil an der Arbeit**

Hiermit erkläre ich den geleisteten Anteil an den in die Dissertationsschrift aufgenommenen Beiträgen.

Im ersten Beitrag mit dem Titel „*Smartphone adoption and use in agriculture – Empirical evidence from Germany*“ der in Zusammenarbeit mit Herrn Wilm Fecke, Herrn Prof. Dr. Jan-Henning Feil, Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff, Frau Johanna Pigisch und Frau Saskia Krone entstanden ist, sind folgende Bereiche von mir übernommen worden: Idee und Konzeption des Beitrags, Durchführung der Berechnung sowie Interpretation der Ergebnisse unter Beratung von Herrn Wilm Fecke, Herrn Prof. Dr. Jan-Henning Feil und Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff. Das Verfassen und die Überarbeitung des Beitrags erfolgte unter Beratung von Herr Wilm Fecke, Herrn Prof Dr. Jan-Henning Feil, Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff, Frau Johanna Pigisch und Frau Saskia Krone.

Im zweiten Beitrag mit dem Titel „*Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management*“ der in Zusammenarbeit mit Frau Vanessa Bonke und Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff entstanden ist, sind folgende Bereiche von mir übernommen worden: Idee und Konzeption des Beitrags, Durchführung der Befragung, Berechnung sowie die Interpretation der Ergebnisse unter Beratung von Frau Vanessa Bonke und Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff. Das Verfassen und Überarbeiten des Beitrags erfolgte ebenfalls unter Beratung von Frau Vanessa Bonke und Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff.

Im dritten Beitrag mit dem Titel „*Willingness to pay for smartphone apps facilitating sustainable crop protection*“, der in Zusammenarbeit mit Frau Vanessa Bonke, Herrn Wilm Fecke und Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff entstanden ist, sind folgende Bereiche von mir übernommen worden: Idee und Konzeption des Beitrags sowie die Durchführung der Befragung in enger Zusammenarbeit mit Herrn Wilm Fecke unter der Beratung von Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff. Die Durchführung der Berechnungen sowie die Interpretation der Ergebnisse erfolgten in enger Zusammenarbeit mit Frau Vanessa Bonke und Herrn Wilm Fecke. Das Verfassen des Beitrags erfolgt durch Frau Vanessa Bonke und Herrn Wilm Fecke unter meiner und Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoffs Beratung. Außerdem wurde die Überarbeitung des Beitrags in enger Zusammenarbeit mit Frau Vanessa Bonke und Herrn Wilm Fecke unter der Beratung von Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff vorgenommen.

Im vierten Beitrag mit dem Titel „*Understanding the adoption of smartphone apps in crop protection – An application of the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*“ der in Zusammenarbeit mit Frau Vanessa Bonke und Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff entstanden ist, sind folgende Bereiche von mir übernommen worden: Idee und Konzeption des Beitrags, Durchführung der Befragung, Berechnung sowie die Interpretation der Ergebnisse in enger Zusammenarbeit mit Frau Vanessa Bonke unter Beratung von Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff. Das Verfassen des Beitrags erfolgte in ebenfalls in enger Zusammenarbeit mit Frau Vanessa Bonke und unter Beratung von Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff.

## **Eidesstattliche Erklärungen**

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass:

1. diese Arbeit weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits anderen Prüfungsbehörden vorgelegen hat.
2. ich mich an keiner anderen Hochschule um einen Doktorgrad beworben habe.

Göttingen, den .....

.....

(Unterschrift)

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass diese Dissertation selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt wurde.

Göttingen, den .....

.....

(Unterschrift)