
Landwirtschaft 4.0 – Digitalisierung und ihre Herausforderungen

Dr. Markus Gandorfer, Sebastian Schleicher, Sebastian Heuser,
Johanna Pfeiffer und Dr. Markus Demmel

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,
Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Zusammenfassung

Digitalisierung ist einer der Megatrends in der Landwirtschaft und im Agribusiness und betrifft alle Akteure landwirtschaftlicher Wertschöpfungsketten. Aufgrund der vielfältigen Entwicklungen ist jedoch eine Systematisierung digitaler Technologien in der Landwirtschaft schwierig. Ein möglicher Ansatzpunkt zur Systematisierung besteht darin, Smart Farming als Überkategorie für die beiden Bereiche digitale Entscheidungsunterstützung/Management sowie Precision Farming zu verstehen. Digitale Entscheidungsunterstützung/Management subsummiert dann die drei Gruppen Farm-Management-Informationssysteme, Agrar-Apps sowie digitale Marktplätze. Automatisierung, Agrarrobotik und Teilflächenbewirtschaftung hingegen sind eher zum Bereich Precision Farming zu zählen. Digitale Datenplattformen könnten zukünftig das Bindeglied zwischen den einzelnen Technologiegruppen darstellen und damit zu einer vernetzten Landwirtschaft 4.0 führen.

Trotz der enormen Medienpräsenz des Themas Digitalisierung in der Landwirtschaft zeigen aktuelle Befragungsergebnisse, dass die Verbreitung digitaler Technologien in Bayern, von wenigen Ausnahmen abgesehen, noch sehr begrenzt ist. Mit Hilfe einer Medienanalyse konnten wichtige Akzeptanzhemmnisse für diese zurückhaltende Investitionsbereitschaft identifiziert werden. Zu diesen zählen insbesondere der oftmals hohe Investitionsbedarf und die damit verbundene fragliche Wirtschaftlichkeit, Inkompatibilität, fehlende Entscheidungsalgorithmen sowie die mangelnde Anwenderfreundlichkeit. Aspekte wie Datenschutz und Datenhoheit gewinnen dagegen erst in den letzten Jahren an Bedeutung. In diesem Kontext scheint es langfristig wichtig, dass ein transparenter Markt für betriebliche Daten entsteht. Landwirtschaftliche Betriebe müssen unmittelbar davon profitieren, wenn Dritte ihre Daten nutzen wollen, damit Landwirtschaft 4.0 Realität wird. Schließlich zeigt die Anwendung von ADOPT (Adoption and Diffusion Outcome Prediction Tool) am Fallbeispiel teilflächenspezifische Stickstoffdüngung mit Sensortechnik, dass insbesondere die Bereiche Bedienerfreundlichkeit und Investitionsbedarf Schlüsselbereiche darstellen, um die Verbreitung dieser Technologie in der Praxis zu erhöhen. Deshalb wird die Projektgruppe Digitalisierung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft unter anderem ein Konzept für den überbetrieblichen Einsatz von Sensoren zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung erarbeiten und einen Leitfaden entwickeln, der einen möglichst einfachen Einstieg in die Technologie erlaubt.

1 Einleitung

Digitalisierung ist einer der Megatrends in der Landwirtschaft und im Agribusiness und betrifft alle Akteure landwirtschaftlicher Wertschöpfungsketten - vom vorgelagerten Bereich über Produktion, Handel, Verarbeitung und Lebensmitteleinzelhandel bis zum Konsumenten. Neben diesen Akteuren sind aber auch die Bereiche Forschung, Bildung, Beratung und die Verwaltung von den rasanten Entwicklungen im Bereich Landwirtschaft 4.0 sowie der Digitalisierung maßgeblich betroffen.

Zur Illustration zeigt Abbildung 1 aktuelle Fragestellungen bzw. Herausforderungen für die verschiedenen Akteure in landwirtschaftlichen Wertschöpfungsketten exemplarisch auf.

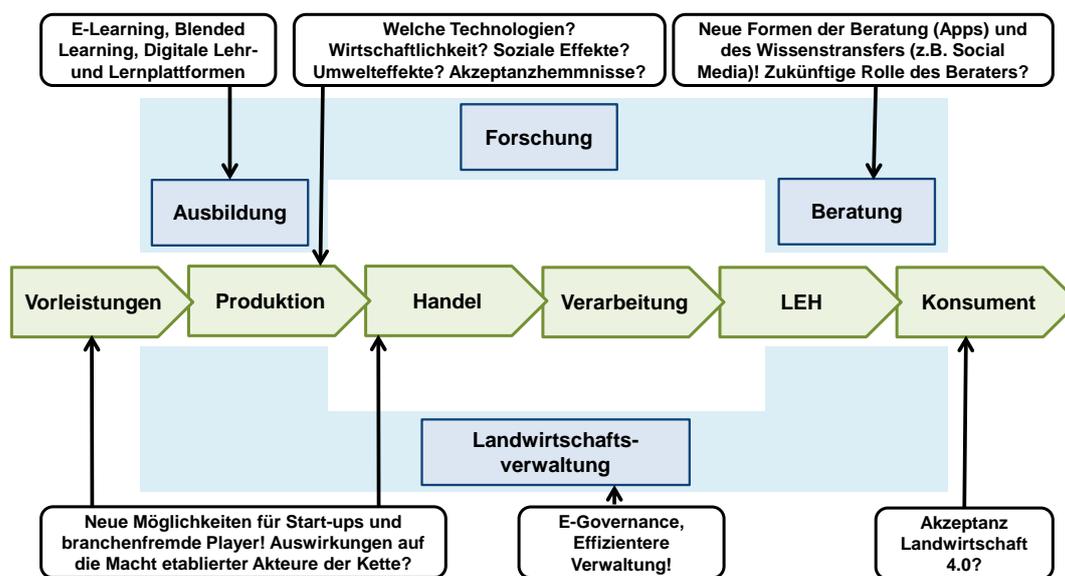


Abb. 1: Einfluss der Digitalisierung und Landwirtschaft 4.0 auf die Akteure landwirtschaftlicher Wertschöpfungsketten. Quelle: Wertschöpfungskette verändert nach BUROSE (2014)

Was aber bedeutet eigentlich Landwirtschaft 4.0? Ein zentrales Kernelement von Landwirtschaft 4.0 ist die intelligente Vernetzung von Produktionsprozessen nicht nur auf dem landwirtschaftlichen Betrieb, sondern über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg - also auch im vor- und nachgelagerten Bereich. Die Lenkung dieser vernetzten Produktionsprozesse soll zudem vom Konsumenten- bzw. Gesellschaftsinteresse aus erfolgen (VGL. INNOVATIONSINITIATIVE DES LEIBNIZ-FORSCHUNGSVERBUNDS „NACHHALTIGE LEBENSMITTELPRODUKTION & GESUNDE ERNÄHRUNG“ (2016)).

2 Systematik Digitalisierung im Pflanzenbau

Um die verschiedenen Teilbereiche der Digitalisierung im Pflanzenbau erläutern zu können, bedarf es einer gewissen Systematik. Vor nahezu 20 Jahren hat AUERNHAMMER (1999) eine einprägsame Gliederung mit den damals relevanten Technologien entwickelt. Unter dem Oberbegriff „Präziser Ackerbau“ (Precision Farming) verstand AUERNHAMMER (1999) die vier Teilbereiche Dokumentation, Teilflächenbewirtschaftung, Flottenmanagement und Feldrobotik. Aufgrund umfangreicher Entwicklungen haben die digitalen Technologien im Zeitverlauf an Vielfalt und Komplexität gewonnen. Ein Ansatzpunkt zur

Systematisierung (siehe Abb. 2) besteht heute darin, Smart Farming als Überkategorie für die beiden Bereiche digitale Entscheidungsunterstützung/Management sowie Precision Farming zu verstehen. Digitale Entscheidungsunterstützung/Management subsummiert dann die drei Gruppen Farm-Management-Informationssysteme (FMIS), Agrar-Apps sowie digitale Marktplätze. Wohingegen Automatisierung, Agrarrobotik und Teilflächenbewirtschaftung zum Bereich Precision Farming zu zählen sind. Digitale Datenplattformen könnten zukünftig das Bindeglied zwischen den einzelnen Technologiegruppen darstellen und damit zu einer vernetzten Landwirtschaft 4.0 führen.

3 Einsatz Digitaler Technologien in Deutschland und Bayern

Wissenschaftlich belastbare Informationen zum Einsatzumfang digitaler Technologien sind für die deutsche bzw. bayerische Landwirtschaft nur sehr eingeschränkt verfügbar beziehungsweise meist nicht aktuell. So haben beispielsweise REICHARDT und JÜRGENS (2009) im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundforschungsprojekts *preagro* im Zeitraum von 2001 bis 2006 Landwirte befragt, die bereits Precision Farming Technologien nutzten. Ein wesentliches Ergebnis dieser Befragungen war, dass zwar relativ viele der befragten Landwirte Technologien zur digitalen und georeferenzierten Erfassung von Boden- und Ertragsheterogenität einsetzten, diese Informationen aber nur sehr begrenzt in Form eines teilflächenspezifischen Managements umgesetzt wurden. Wie sich das Verhältnis zwischen „Datensammeln“ und „Datennutzung“ zur verbesserten Entscheidungsfindung aktuell darstellt, ist empirisch nicht belegbar und stellt daher ein wichtiges Forschungsfeld dar. Es kann aber gemutmaßt werden (vgl. Abschnitt 4. Akzeptanzhemmnisse), dass sich dieses Verhältnis noch nicht grundlegend zum Besseren verändert hat.

Auf die Frage: „Nutzen Sie digitale Anwendungen im Sinne von Landwirtschaft 4.0?“ haben bei einer im Jahr 2016 durchgeführten repräsentativen Befragung von 521 Landwirten und Lohnunternehmen in Deutschland 53 % der Befragten mit „ja“ geantwortet (Bitkom Research zitiert in ROHLER und KRÜSKEN, 2016). Für nur 16 % der Befragten ist der Einsatz solcher Technologien kein Thema. Mit direktem Bezug zu Bayern ist die von ROOSEN und GROß im Februar/März 2017 durchgeführte Befragung von 92 bayerischen Landwirten (ROOSEN und GROß, 2017) die jüngste und belastbarste Quelle (vgl. Abb. 3). Wie Abbildung 3 illustriert, kann die Situation insgesamt als eher zurückhaltend beschrieben werden. Am häufigsten werden von bayerischen Betrieben in der Außenwirtschaft demnach digitale Ackerschlagkarteien und Agrar-Apps eingesetzt, wohingegen der Einsatz von verschiedenen Technologien zur Teilschlagbewirtschaftung im Bereich von 10 bis 13 % anzusiedeln ist. Komplexere Farm-Management Software setzten 11 % der Befragten ein. Regelspurverfahren bzw. intelligente landwirtschaftliche Maschinen nutzten 17 % bzw. 20 % der Befragten. Diesen beiden Kategorien sind vermutlich Spurführungssysteme zuzuordnen, die, wie auch aus anderen Quellen (z.B. SCHÖFBECK und GANDORFER, 2012) bekannt ist, aufgrund vielfältiger Vorteile eine relativ große Akzeptanz besitzen. Auch die Ergebnisse zur zukünftigen Investitionsneigung zeigen für die befragten bayerischen Landwirte ein eher zurückhaltendes Bild. So gaben 17 % der Befragten an, dass sie sicher in eine Ertragskartierung investieren möchten. Ertragskartierung ist damit die Technologie, in die am meisten Landwirte investieren möchten (vgl. Abb. 3).

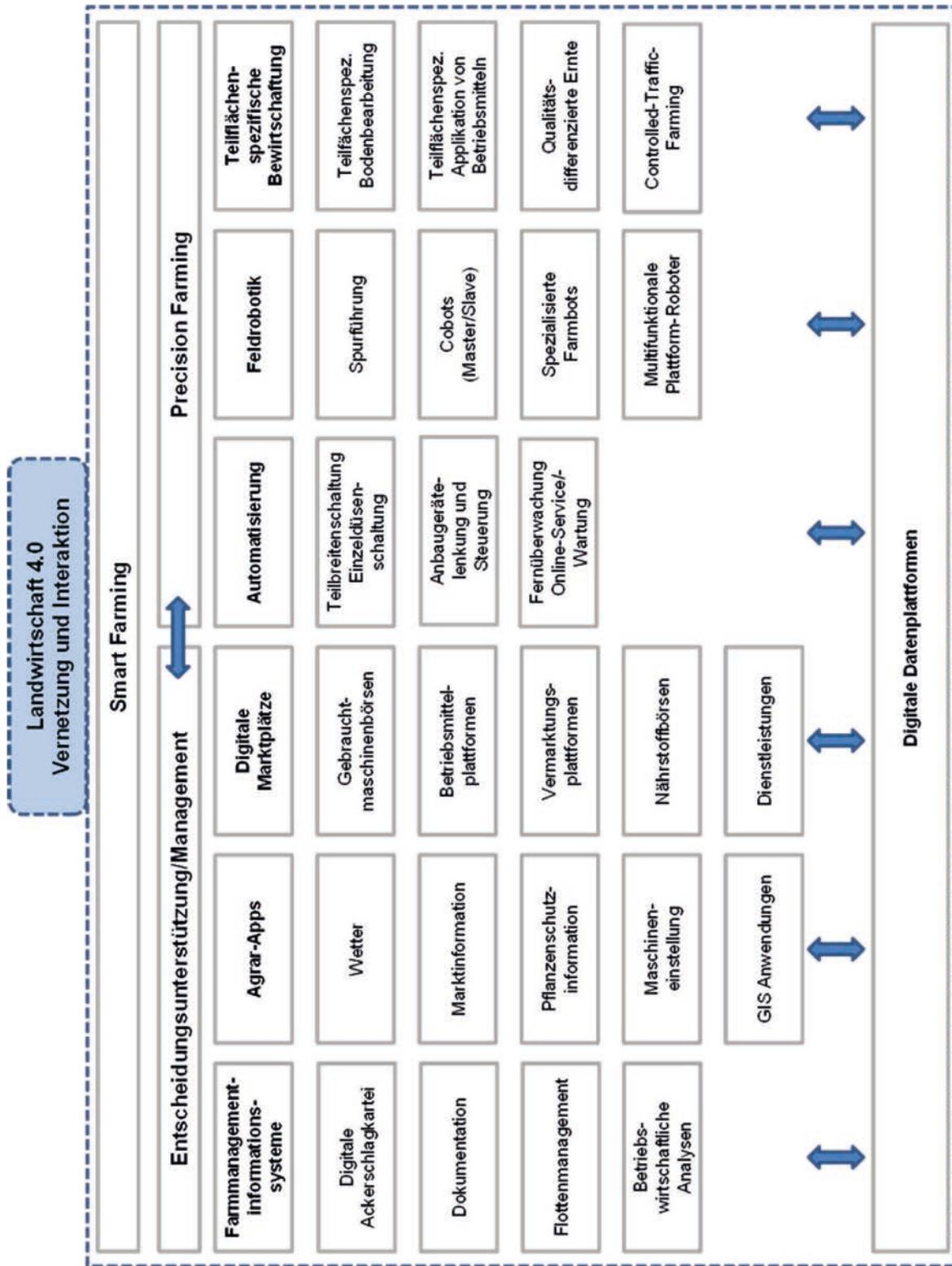


Abb. 2: Systematik Landwirtschaft 4.0 – Smart Farming – Precision Farming

Diese Ergebnisse relativieren das positive Bild, das durch die Ergebnisse der vorher dargestellten Bitkom Research Befragung gewonnen wurde. ROOSEN und GROß (2017, S. 193) kommen daher zum Schluss, dass „vor allem kostengünstige sowie einfach zu handhabende digitale Lösungen genutzt werden“.

Damit bleibt festzuhalten, dass das Thema Digitalisierung und Landwirtschaft 4.0 eine enorme Präsenz in den Fachzeitschriften und auf diversen Veranstaltungen besitzt, es gibt auch kaum ein landwirtschaftsnahes Gremium (Verbände, wissenschaftliche Beiräte, etc.) das sich diesem Thema nicht in Form eines Positionspapieres oder einer Stellungnahme angenommen hätte. Dies darf aber nicht darüber hinweg täuschen, dass der tatsächliche Praxiseinsatz aktuell noch als gering einzustufen ist, insbesondere in kleinstrukturierten Agrarregionen, wie sie in Bayern vorherrschen. Es stellt sich damit die Frage nach den relevanten Akzeptanzhemmnissen.

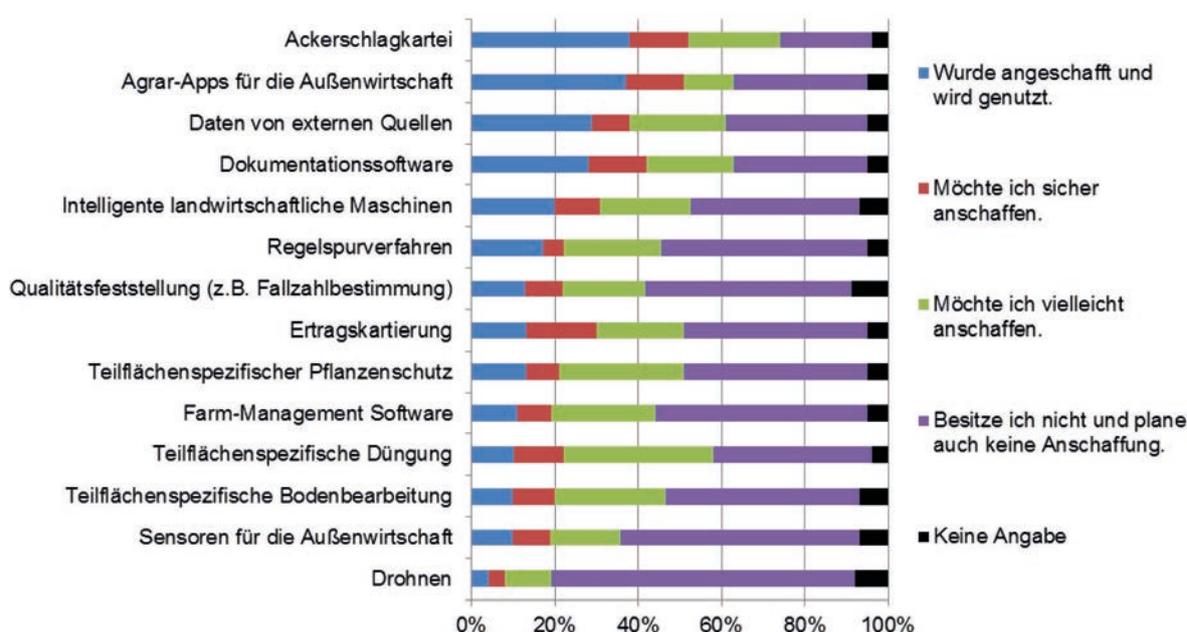


Abb. 3: Welche digitalen Anwendungen und Technologien benutzen Sie bzw. planen Sie innerhalb der nächsten zwölf Monate anzuschaffen? Befragung von 92 bayerischen Landwirten. Quelle: Abbildung verändert nach ROOSEN und GROß (2017)

4 Akzeptanzhemmnisse

Wie bereits beschrieben bleibt der tatsächliche Einsatz digitaler Technologien in der Landwirtschaft hinter den Erwartungen zurück und es stellt sich die Frage, welche Faktoren dafür verantwortlich sind. Dieses Wissen ist essentiell, wenn es darum geht, Strategien zu entwickeln, um den Einsatz innovativer digitaler Anwendungen zu befördern. Akzeptanzhemmnisse für den Bereich Precision Agriculture bzw. Precision Farming werden zwar seit längerer Zeit mit verschiedenen methodischen Ansätzen untersucht (z. B. BRAMLEY 2009; AUBERT ET AL. 2012), allerdings liegen kaum aktuelle wissenschaftlichen Untersuchungen für Deutschland bzw. Bayern vor. Um diese Lücke zu schließen, wurde eine Medienanalyse durchgeführt. Für die Medienanalyse wurden drei landwirtschaftliche Fachzeitschriften ausgewählt, die das ganze Spektrum der Landwirtschaft behandeln. Dabei wurden als deutschlandübergreifende Zeitschriften „top agrar“ und „dlz agrarmagazin“

ausgewählt. Weiterhin wurde das „Bayerische Landwirtschaftliche Wochenblatt“ analysiert. Als Analysezeitraum wurde die Zeitspanne vom 01.01.2008 bis zum 30.06.2017 festgelegt. Mit einer thematisch bezogenen Key-Wordliste konnten insgesamt 240 Artikel in den drei Fachzeitschriften im Untersuchungszeitraum identifiziert werden. In 46 der insgesamt 240 Fachbeiträge werden Akzeptanzhemmnisse thematisiert. Die Analyse der wissenschaftlichen Literatur ergab folgende Kategorien für die Akzeptanzhemmnisse: „Datenhoheit“, „Datenschutz“, „fehlende Entscheidungsalgorithmen“, „fehlende Marktkenntnis“, „fehlendes IT-Know-how“, „fragliche Wirtschaftlichkeit“, „hoher Investitionsbedarf“, „Inkompatibilität“, „komplizierte Bedienung“, „technische Störanfälligkeit“, „Unfallgefahr“ und „unzureichender Breitbandausbau“, die für die Zuordnung genutzt werden. Zu beachten ist, dass in der Mehrzahl der analysierten Artikel mehrere Akzeptanzhemmnisse genannt werden. Um Veränderungen im Zeitverlauf diskutieren zu können, werden die beiden gleichgroßen Zeiträume 2009-2012 sowie 2013-2016 im Folgenden getrennt betrachtet und verglichen.

Die Ergebnisse der Medienanalyse zeigen, dass der *hohe Investitionsbedarf* sowie die damit einhergehende *fragliche Wirtschaftlichkeit* im Zeitraum 2009-2012 ein wesentliches Hemmnis darstellten. Ähnliches gilt für die Hemmnisse *fehlendes IT-Know-how*, *Inkompatibilität* und *komplizierte Bedienung* (siehe Abb. 4). Bei einem Vergleich der beiden Untersuchungszeiträume fällt auf, dass mit Ausnahme der *Inkompatibilität* sowie *fehlender Entscheidungsalgorithmen* eine gewisse Verbesserung stattgefunden hat, wobei der *hohe Investitionsbedarf* nach wie vor eine große Bedeutung besitzt. *Inkompatibilität* hat tendenziell sogar an Bedeutung gewonnen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich im Zuge von Landwirtschaft 4.0 und der damit einhergehenden Vernetzung nicht nur Kompatibilitätsprobleme zwischen Traktor, Bedienterminal und Anbaugerät ergeben, sondern vermehrt zwischen Maschinen bzw. Sensoren und Farm-Management-Informationssystemen sowie Digitalen Plattformen. Anders ausgedrückt, durch die angestrebte Vernetzung ergeben sich heute wesentlich mehr Möglichkeiten für Inkompatibilität und dies spiegelt sich auch in den Ergebnissen der Medienanalyse wieder. Zu beobachten ist auch, dass *Datenschutz/Datenhoheit* vor allem in den letzten Jahren thematisiert wurde. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass sogenannte Cloud-Anwendungen sowie Datenplattformen, auf denen Daten unterschiedlichen Ursprungs zusammengeführt werden, noch relativ neu sind. Überraschend ist die geringe Bedeutung des Hemmnisses *unzureichender Breitbandausbau* und damit auch kritisch zu hinterfragen.

Die dargestellten Ergebnisse der Medienanalyse zu vorhandenen Akzeptanzhemmnissen liefern wertvolle Erkenntnisse für die Branche. Probleme wie *technische Störanfälligkeit*, *komplizierte Bedienung* sowie *fehlendes IT-Know-how* scheinen abzunehmen. Sowohl auf die Reduzierung von Kompatibilitätsproblemen als auch auf zufriedenstellende Konzepte für Datenschutz und Datenhoheit ist jetzt besonders zu fokussieren. In diesem Kontext scheint es langfristig wichtig, dass ein transparenter Markt für betriebliche Daten entsteht. Landwirtschaftliche Betriebe müssen von der Weitergabe ihrer Daten unmittelbar profitieren, damit Landwirtschaft 4.0 Realität wird. Ein Baustein für einen solchen Markt könnten digitale Datenplattformen sein.

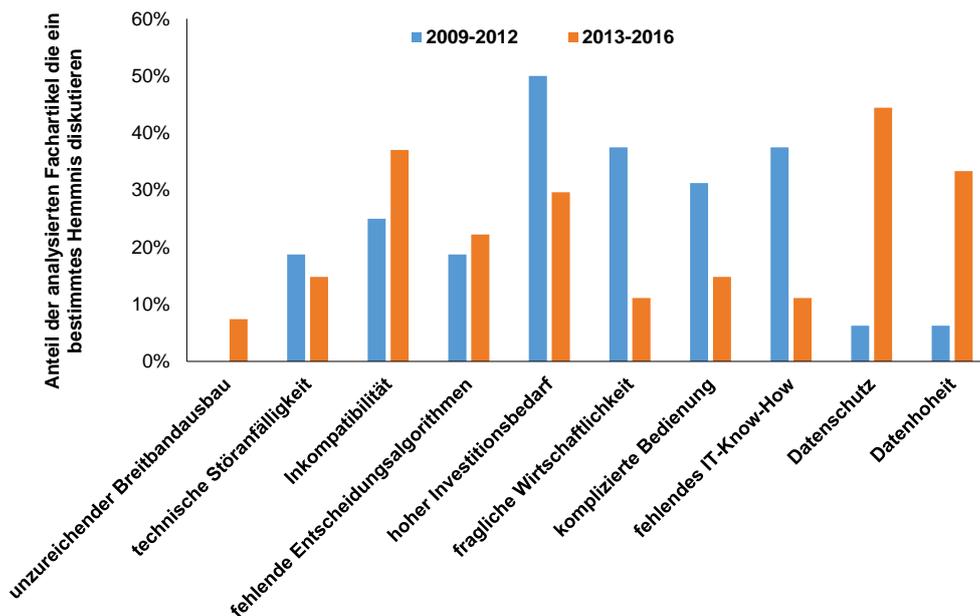


Abb. 4: Medienanalyse zu Akzeptanzhemmnissen

Exkurs: Akzeptanzhemmnis hoher Investitionsbedarf am Beispiel von RTK-Lenkssystemen

Am Beispiel von RTK-Lenkssystemen zeigt Abbildung 5 exemplarisch die Bedeutung des hohen Investitionsbedarfs für viele Smart-Farming-Technologien. Selbst unter Berücksichtigung des seit dem 01.10.2017 kostenfreien RTK-Korrektursignals von SAPOS (Landwirtschaftlicher Fahrzeugpositionierungsservice: LFPS) ist eine größere Flächenausstattung notwendig, um die Gewinnschwelle zu erreichen. Aus Befragungen (z. B. SCHÖFBECK und GANDORFER, 2012) wird jedoch deutlich, dass Nutzer von Lenkssystemen die Aspekte Arbeitsentlastung, höhere Arbeitsqualität und Ausdehnung der Arbeitszeit in die Nacht wesentlich wichtiger einschätzen als die Reduzierung der variablen Kosten. Dies hat zur Konsequenz, dass oftmals auch Betriebe mit geringerer Flächenausstattung in solche Smart-Farming-Technologien investieren.

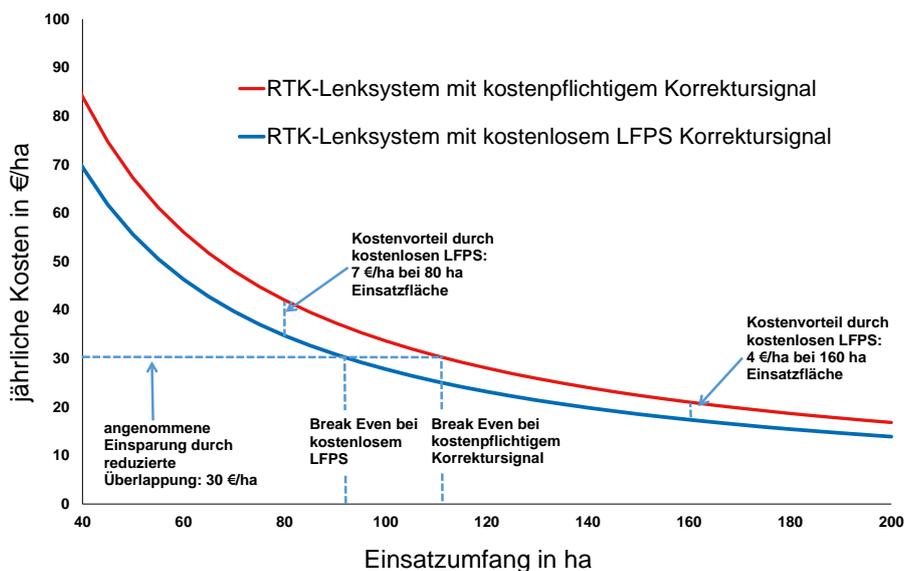


Abb. 5: Break-Even-Analysen RTK-Lenkssystem. Quelle: GANDORFER ET AL. (2017)

5 Ausblick: Ansatzpunkte zur Steigerung des Einsatzes von digitalen Technologien in der landwirtschaftlichen Praxis

In welcher Geschwindigkeit und in welchem Umfang digitale Innovationen in der landwirtschaftlichen Praxis eingesetzt werden, wird von vielen Faktoren und Wirkungszusammenhängen determiniert, die weit über die oben dargestellten Akzeptanzhemmnisse hinausgehen. Mit ADOPT (**A**doption and **D**iffusion **O**utcome **P**rediction **T**ool) steht ein Prognosemodell für den landwirtschaftlichen Sektor zur Verfügung, das diese Faktoren und deren Interaktion berücksichtigt (KUEHNE ET AL., 2017). ADOPT prognostiziert dabei die Dauer bis zur Übernahme und den maximalen Verbreitungsgrad von Innovationen in der landwirtschaftlichen Praxis nach der Markteinführung. Die Entwickler des Modells haben es mit sechs in Australien bereits am Markt eingeführten Innovationen (automatische Lenksysteme, Bt Baumwolle, Lupinenanbau, neue Weizensorte, No-Till, Salzbuschanbau) validiert. Die Differenz zwischen vorhergesagtem und tatsächlichem Verbreitungsgrad lag dabei zwischen 0 und 8 %, hinsichtlich des Zeitraums betrug diese Differenz 0 bis 5 Jahre. ADOPT richtet sich insbesondere an Politik, Beratung und Wissenschaft. Durch die Anwendung von ADOPT soll ein besseres quantitatives Verständnis dafür entwickelt werden, welche Faktoren die Einführung von Innovationen in die landwirtschaftliche Praxis beeinflussen. ADOPT berücksichtigt 22 Variablen, die vier Bereichen (siehe Abb. 6) zuzuordnen sind. Die Parametrisierung von ADOPT für eine zu untersuchende Innovation erfolgt über 22 zu beantwortende Fragen. Detaillierte Informationen zu ADOPT finden sich bei KUEHNE ET AL. (2017).

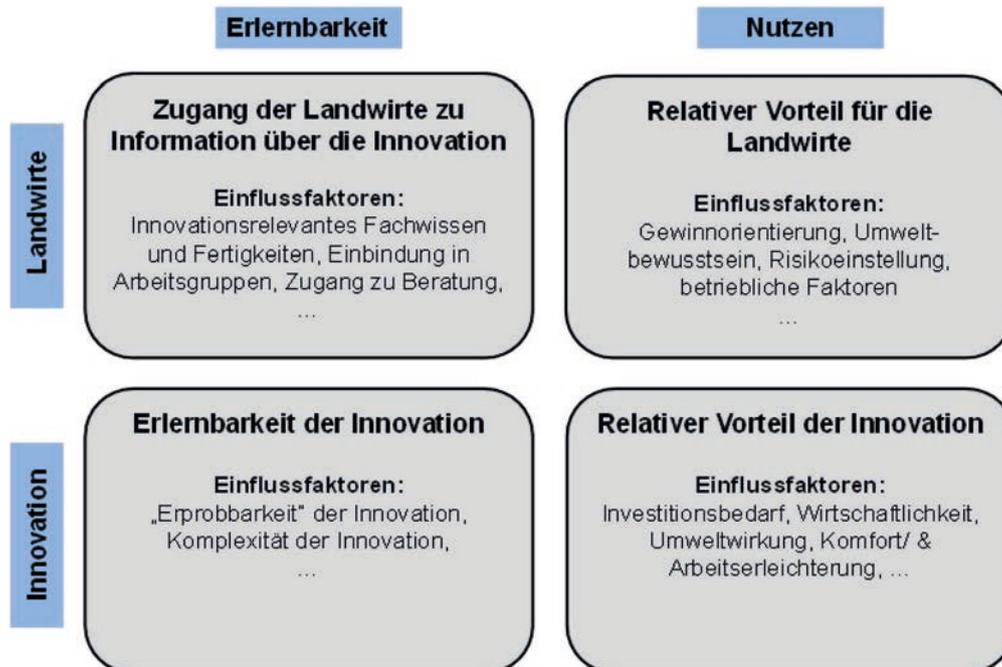


Abb. 6: Theoretischer Rahmen von ADOPT (Adoption and Diffusion Outcome Prediction Tool). Quelle: Abbildung in Anlehnung an KUEHNE ET AL. (2017)

Im Folgenden werden die Ergebnisse einer beispielhaften Anwendung von ADOPT zur Vorhersage der Einführung und Verbreitung von Sensorsystemen zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung in Bayern dargestellt. Es handelt sich dabei um eine allgemeine nicht produktspezifische Analyse. Entsprechende Technologien sind ungefähr seit dem

Jahr 2000 für die Praxis verfügbar. Die Parametrisierung von ADOPT erfolgte mit Hilfe von Literaturangaben sowie mit Informationen aus Expertengesprächen. Die Ergebnisse der ADOPT-Anwendung für Sensoren zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung ergibt, dass für die definierte Ausgangssituation mit einer maximalen Verbreitung von 14 % zu rechnen ist, die 17 Jahre nach Markteinführung erreicht werden sollte (Tab. 1). Ein Vergleich dieser Prognoseergebnisse mit den von ROOSEN und GROß (2017) ermittelten Einsatzumfängen einer teilflächenspezifischen Düngung von etwa 10 % zeigt zwar, dass ADOPT den Einsatzumfang überschätzt, insgesamt ist die Prognosegüte von ADOPT jedoch als sehr gut einzuschätzen. Ausgehend von diesen Ergebnissen stellt sich die Frage, mit welchen Maßnahmen der Verbreitungsgrad umweltschonender Sensorik zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung erhöht werden kann. Diese Frage kann mit Hilfe von Szenario-Analysen bearbeitet werden. In der Ausgangssituation wird bei der dargestellten ADOPT-Anwendung angenommen, dass durch den Einsatz eines Sensorsystems zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung ein „mittlerer“ (Arbeits-) Mehraufwand im Vergleich zur üblichen einheitlichen Düngung entsteht. Dieser entsteht beispielsweise (in Abhängigkeit des eingesetzten Systems) durch notwendige Kalibrierungen, evtl. auch durch technische Störungen oder Kompatibilitätsprobleme (vgl. Abschnitt 4 Akzeptanzhemmnisse). Würde es gelingen, diesen Mehraufwand drastisch zu reduzieren, so wie in Szenario 1 (vgl. Tab. 1) dargestellt, dann würde sich der mit ADOPT prognostizierte maximale Verbreitungsgrad von 14 % auf 43 % erhöhen.

Tab. 1: Anwendung von ADOPT auf Sensoren zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung in Bayern

| | Ausgangssituation | Szenario 1: einfachere Handhabung | Szenario 2: reduzierter Investitionsbedarf |
|--|---|---|---|
| Definition der Szenarien* | | | |
| Investitionsbedarf (Frage 14) | hoch | hoch | mittel |
| Anwenderfreundlichkeit (Frage 22) | Im Vergleich zur einheitlichen Düngung mittlerer Mehraufwand (z. B. Kalibrierung, etc.) | Im Vergleich zur einheitlichen Düngung kein Mehraufwand | Im Vergleich zur einheitlichen Düngung mittlerer Mehraufwand (z. B. Kalibrierung, etc.) |
| ADOPT Prognoseergebnisse | | | |
| Prognostizierter maximaler Einsatzumfang | 14 % | 43 % | 38 % |
| Prognostizierte Jahre bis maximaler Verbreitungsgrad erreicht wird | 17 | 16 | 15 |

**es werden hier nur die beiden Variablen (der insgesamt 22 Variablen) dargestellt, die sich zwischen den Szenarien unterscheiden*

Ein weiterer Hebel ist der Investitionsbedarf, der schließlich auch die Wirtschaftlichkeit wesentlich beeinflusst. Wie Szenario 2 zeigt, würde ein reduzierter Investitionsbedarf (von hoch auf mittel) den Verbreitungsgrad von 14 % in der Ausgangssituation auf 38 % beträchtlich erhöhen.

Die Reduzierung des Investitionsbedarfes lässt sich beispielsweise durch eine gemeinschaftliche Beschaffung (Maschinengemeinschaft) erreichen. Deshalb wird die Projektgruppe Digitalisierung der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft ein Konzept für den überbetrieblichen Einsatz von Sensoren zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung erarbeiten, erproben und darauf aufbauend einen Leitfaden entwickeln, der einen möglichst einfachen Einstieg in diese Technologie erlaubt.

6 Zielsetzung der Projektgruppe Digitalisierung in der Landwirtschaft

Die Projektgruppe Digitale Landwirtschaft wird sich vielen weiteren der im Beitrag aufgeworfenen Fragestellungen widmen und dazu beitragen, dass gerade auch die bayerischen Betriebe an den Vorteilen der Landwirtschaft 4.0 partizipieren können. So beinhaltet das Arbeitsprogramm eine detaillierte Marktanalyse und Bewertung der verfügbaren Technologien vor dem Hintergrund der in Bayern vorherrschenden Strukturen. Besonders vielversprechende Ansätze werden auf den Lehr-, Versuchs- und Fachzentren der LfL sowie auf Pilotbetrieben erprobt und bewertet. Dies gilt auch für Technologien, für die das verfügbare Wissen nicht ausreichend bzw. nicht belastbar ist. Zusätzlich wird sich die Projektgruppe weiterhin mit Akzeptanzhemmnissen auf Seiten der Landwirtschaft sowie mit der gesellschaftlichen Akzeptanz der Digitalisierung in der Landwirtschaft beschäftigen.

7 Danksagung

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Förderung des Forschungsvorhabens D/17/01.

8 Literaturverzeichnis

AUERNHAMMER, H. (1999). Informationstechnologie in der Landnutzung. AgTecCollection: Institut für Landtechnik TUM / Zeichenbüro, TU München 2009. URL: <http://mediatum.ub.tum.de/?id=733135> (abgerufen am 02.10.2017)

AUBERT, B. A.; SCHROEDER, A.; GRIMAUDO, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*, 54, 510-520

BRAMLEY, R. G. V. (2009). Lessons from nearly 20 years of precision agriculture research, development, and adoption as a guide to its appropriate application. *Crop and Pasture Science*, 60, 197-217

BUROSE, F. (O. J.): Kompetenznetzwerk Ernährungswirtschaft. URL: http://www.ernaehrungswirtschaft.ch/aktuell/aktuell_details/jetzt-werden-die-faeden-auch-interkantonal-gespannt-das-kompetenznetzwerk-ernaehrungswirtschaft-erweitert-seinen-perimeter-77.html (abgerufen am 26.9.2017)

GANDORFER, M.; NOACK, P.O., SCHLEICHER, S. (2017): Kostenloses RTK-Korrektursignal von SAPOS: Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von RTK-Lenksysteme. Erscheint im Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblatt

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, S. 115-125

Innovationsinitiative des Leibniz-Forschungsverbunds „Nachhaltige Lebensmittelproduktion & gesunde Ernährung“ (2016). Positionspapier der Innovationsinitiative Landwirtschaft 4.0. URL:

https://www.atb-potsdam.de/fileadmin/docs/Temporaer/170518_Positionspapier_Landwirtschaft_4.0_f.pdf (abgerufen am 04.10.2017)

REICHARDT, M.; JÜRGENS, C. (2009). Adoption and future perspective of precision farming in Germany: results of several surveys among different agricultural target groups. *Precision Agriculture*, 10, 73-94

ROOSEN, J.; GROß, S. (2017). Agrar- und Ernährungswirtschaft. In: Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. (Hrsg.), *Neue Wertschöpfung durch Digitalisierung* (S. 175-209). München

ROHLEDER, B.; KRÜSKEN, B. (2016). Digitalisierung in der Landwirtschaft. URL: https://www.bitkom-research.de/WebRoot/Store19/Shops/63742557/5819/BD75/5F7A/C381/3D6E/C0A8/2BBA/AC38/Digitalisierung_in_der_Landwirtschaft.pdf (abgerufen am 26.09.2017)

SCHÖFBECK, J.; GANDORFER, M. (2012). Lenksysteme. Hohe Zufriedenheit. *Neue Landwirtschaft*, 6/2012, 50-52