

Innovationsreport

Digitalisierte Landwirtschaft: Wie gelingt effektive, effiziente und selbstbestimmte Datennutzung?



Foto: Agrotech Valley Forum e.V.

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

 **EXPERIMENTIERFELD
AGRO-NORDWEST**

Innovationsreport

Digitalisierte Landwirtschaft: Wie gelingt effektive, effiziente und selbstbestimmte Datennutzung?

Experimentierfeld Agro-Nordwest

Autorinnen

Dr. Lydia Illge

l.illge@izt.de

Zoe Willim

z.willim@izt.de

Sabrina Linsmaier

s.linsmaier@izt.de

Berlin, 2022

IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung
www.izt.de

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Digitalisierung der Landwirtschaft: Einordnung und Fokus	7
3	Welche digitalen Daten sind für Landwirtschaftsbetriebe nützlich bzw. erforderlich?	9
4	Wie können digitale Daten für Landwirtschaftsbetriebe effizient und effektiv bereitgestellt und verwertet werden?	12
5	Wie lassen sich Datensouveränität und Datentransparenz sichern?	15
6	Fazit: Erfolgs- und Akzeptanzfaktoren für eine effektive, effiziente und selbstbestimmte Datennutzung und -verarbeitung in einer digitalisierten Landwirtschaft	17
	Literatur	18

Abbildungen

Abbildung 1:	Themen der IZT-Workshopreihe im Projekt „Agro-Nordwest“ und Fokus dieses Innovationreports.....	6
Abbildung 2:	Einordnung der Innovationsreports in die IZT-Forschungsformate im Projekt „Agro-Nordwest“	7
Abbildung 3:	Einordnung der Digitalisierung in die landwirtschaftliche Entwicklungsgeschichte.....	8
Abbildung 4:	Anwendungsbereiche digitaler Daten in der Landwirtschaft.....	10
Abbildung 5:	Arten digitaler Daten in der Landwirtschaft	11
Abbildung 6:	Datenbasierte Wertschöpfungskette einer digitalisierten Landwirtschaft (Pflanzenproduktion).....	12

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Fragestellung

Die aktuell stattfindende, teils noch in einer frühen Innovationsphase befindliche Digitalisierung der Landwirtschaft in Deutschland ist mit der Erwartung verbunden, dass die landwirtschaftlichen Produktionsprozesse deutlich präziser, wirksamer und effizienter werden und dass die Qualität der landwirtschaftlichen Produkte sowie auch die landwirtschaftlichen Erträge gesteigert werden. Gleichzeitig sind die Veränderungsprozesse in der Landwirtschaft in Richtung „Digital Farming“ mit Kosten, betrieblichen Veränderungen und Unsicherheiten für die Landwirtschaftsbetriebe und Lohnunternehmen verbunden. Investitionen in smarte Landwirtschaftsmaschinen, Software und Systeme werden nur dann getätigt und betriebliche Veränderungen werden nur dann umgesetzt, wenn ein betrieblicher Mehrwert erwartet wird.

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) fördert mit 14 bundesweiten digitalen Experimentierfeldern die Digitalisierung in der Landwirtschaft. Die Projekte sollen dabei helfen, digitale Technologien im Pflanzenbau und in der Tierhaltung zu erforschen und deren Eignung für die Praxis zu überprüfen. Im Rahmen des Experimentierfeldes „Agro-Nordwest“, an dem zahlreiche Forschungspartner und Betriebe entlang der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette beteiligt sind (www.agro-nordwest.de), führte das IZT eine Workshop-Reihe durch, um die Nutzenpotentiale (für die Betriebe, aber auch für die natürliche Umwelt), die zu erwartenden Veränderungen (im Landwirtschaftssektor und in den mit ihm verbundenen Wirtschaftsbereichen) sowie auch mögliche Innovationshemmnisse und Risiken zu erörtern. Auf dieser Basis wurden Lösungsansätze diskutiert, um die Digitalisierung der Landwirtschaft zu beschleunigen. Die im Zeitraum 2021 bis 2022 durchgeführte Workshop-Reihe umfasst insgesamt acht digitale Veranstaltungen zu folgenden Themen:

Abbildung 1: Themen der IZT-Workshopreihe im Projekt „Agro-Nordwest“ und Fokus dieses Innovationreports

1.	Betrieblicher Nutzen smarter Landmaschinen, Software und Systeme: Welche Erwartungen und Erkenntnisse gibt es zum betrieblichen Mehrwert? Welchen Nutzen schätzen Landwirtschaftsbetriebe besonders?	
2.	Betriebliche Kosten und Wirtschaftlichkeit smarter Landmaschinen, Software und Systeme: Sind Investitionskosten eine zentrale Innovationshürde? Welche Rolle spielen Betriebskosten? Digitalisierung vor allem für große Landwirtschaftsbetriebe?	
3.	Ökologische Effekte smarter Landmaschinen, Software und Systeme: Erfüllen sich die Erwartungen? Gibt es nicht intendierte Nebenfolgen?	
4.	Digitalisierte Landwirtschaft zwischen Dateneffizienz und Daten-Overload: Wie können Daten effizient und effektiv bereitgestellt und verwertet werden? Wie lassen sich Transparenz und Datensouveränität sichern?	
5.	Sicherheit und Kompatibilität smarter Landmaschinen, Software und Systeme: Welche neuen Sicherheitslösungen braucht es? Wie sind die derzeitigen Standardisierungsbemühungen zu bewerten und weiterzuentwickeln?	
6.	Neue Produktnutzungssysteme, Wirtschaftsakteure und Geschäftsmodelle im Umfeld einer digitalisierten Landwirtschaft: Wie verändern sich die Landwirtschaft und ihre Wertschöpfungskette? Entstehen neue Abhängigkeiten? Wie lässt sich Resilienz schaffen?	
7.	Zwischen Arbeitsplatzabbau und neuen, qualifizierten Arbeitsplätzen: Welche neuen Beschäftigungsprofile und Arbeitsbedingungen entstehen? Welche Handlungsbedarfe erwachsen?	
8.	Beschleunigte Digitalisierung der Landwirtschaft: Welche politischen Rahmenbedingungen sind wirksam bzw. erforderlich?	

Quelle: eigene Darstellung

Die im vorliegenden Innovationsreport „Digitalisierte Landwirtschaft: Wie gelingt effektive, effiziente und selbstbestimmte Datennutzung?“ diskutierten Fragestellungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

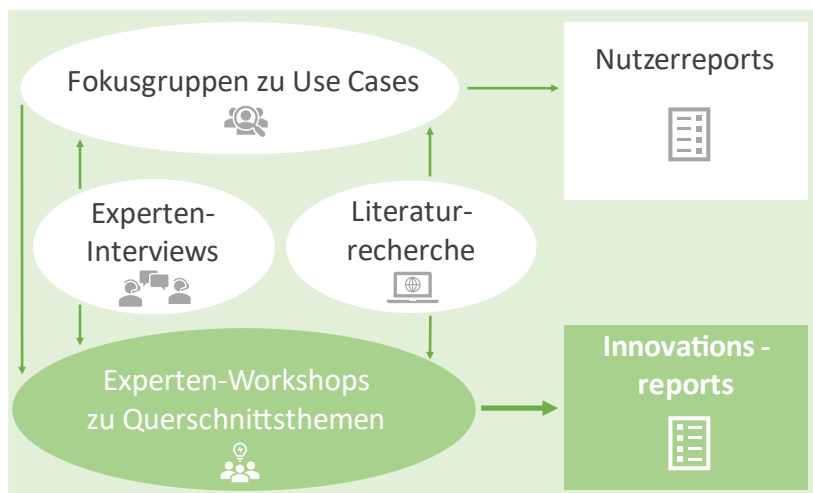
- Welche Daten sind für Landwirtschaftsbetriebe von besonderem Nutzen?
- Wie können Daten durch Sensorik, Datenplattformen und Farmmanagementsysteme effizient und effektiv bereitgestellt und verwertet werden?
- Wie lassen sich dabei Transparenz und Datensouveränität sichern?

1.2 Vorgehensweise und Aufbau des Innovationsreports

Ausgehend von ausgewählten Anwendungsbereichen des Experimentierfeldes Agro-Nordwest (thematischer Fokus auf Informationsgewinnung mittels Kameras bzw. Sensorik, teilflächenspezifische Bodenbearbeitung und GPS-gesteuerte, autonome Fahrzeugbewegung im Pflanzenbau sowie auf

autonome Fütterung in der Tierhaltung) und erweitert um eine Literaturanalyse sowie Experteninterviews mit breiterem Anwendungsfokus wurde eine Auswertung der (a) potenziell nützlichen bzw. erforderlichen digitalen Daten sowie (b) Möglichkeiten ihrer Bereitstellung in der Landwirtschaft vorgenommen. Innerhalb des Experimentierfeldes Agro-Nordwest wurden außerdem Einzel- und Gruppengespräche durchgeführt – und für die Fragestellungen des vorliegenden Workshop-Reports ausgewertet. Außerdem flossen Erkenntnisse aus Fokusgruppen-Diskussionsrunden „Autonome Fütterung“, „Drohneinsatz“, „Feldrobotik“, „Klee grasmanagement“ und „NIRS“ mit Landwirtschaftsbetrieben in die Auswertung ein.

Abbildung 2: Einordnung der Innovationsreports in die IZT-Forschungsformate im Projekt „Agro-Nordwest“



Quelle: eigene Darstellung

Der Innovationsreport ist im Wesentlichen entlang der zentralen Fragestellungen gegliedert (siehe Kapitel Kapitel 1). Dies bedeutet im Einzelnen: Nach einer historischen Einordnung und begrifflichen Klärung der „Digitalisierung der Landwirtschaft“, wie sie dem vorliegenden Innovationsreport zugrunde liegt (Kapitel 2) wird ausgeführt, welche digitalen Daten für Landwirtschaftsbetriebe nützlich bzw. (z.B. gesetzlich) erforderlich sind (Kapitel 3). Auf dieser Basis wird anschließend – unter besonderer Berücksichtigung von Sensorik, Farmmanagementsystemen und Datenplattformen – herausgearbeitet, wie digitale Daten für Landwirtschaftsbetriebe effizient und effektiv bereitgestellt und verarbeitet werden können (Kapitel 4). Der Innovationsreport endet mit einem Fazit zu den Erfolgs- und Akzeptanzfaktoren für eine effektive, effiziente und selbstbestimmte Datennutzung und -verarbeitung in einer digitalisierten Landwirtschaft (Kapitel 5).

2 Digitalisierung der Landwirtschaft: Einordnung und Fokus

Die Digitalisierung bringt für die gesamte Gesellschaft – und so auch für die Landwirtschaft – grundlegende strukturelle Veränderungen mit sich. Hieraus erwächst die Herausforderung, die Landwirtschaft in Deutschland für die auf sie zukommenden Veränderungen „fit zu machen“. Gleichzeitig wird die Digitalisierung als Lösungsansatz angesehen, um den vielfältigen Herausforderungen an die Landwirtschaft (Stichworte: Wettbewerb und Preisdruck auf internationalen Märkten, Arbeitskräftemangel, natürliche Optimierungsgrenzen, Nitratbelastungen) erfolgreich zu begegnen, indem die

Arbeitsbedingungen verbessert, der Arbeitskräftebedarf verringert, negative Umwelteffekte minimiert und Produktivitätssteigerungen erzielt werden können. Die Digitalisierung der Landwirtschaft ordnet sich wie folgt in die landwirtschaftliche Entwicklungsgeschichte ein, deren Phasen sich zeitlich überlappen (siehe Abbildung 3):

Abbildung 3: Einordnung der Digitalisierung in die landwirtschaftliche Entwicklungsgeschichte



Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Martinéz 2016, S. 14–17, unter Verweis auf Brakensiek et al. 2016; Spoerer und Streb 2013; Springer Gabler Verlag 2018.

Das Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (BMEL) betont zum einen die „Überführung von Informationen von einer analogen in eine digitale Speicherung“ und zum anderen die „Automation von Prozessen und Geschäftsmodellen durch das Vernetzen von digitaler Technik, Informationen und Menschen“ (BMEL 2021, S. 7). Bereiche bzw. „Schlagworte“ der Digitalisierung umfassen demnach unter anderem die Sensorik, Robotik, Automation, künstliche Intelligenz und Big Data.

Hardwareseitig ist die Digitalisierung der Landwirtschaft im Pflanzenbau u.a. anhand von autonom fahrenden (größeren) Landwirtschaftsfahrzeugen oder (häufig eher kleinen) Feldrobotern, Drohnen (typischerweise mit Kameras bzw. Sensorik für unterschiedliche Zwecke, aber auch Applikationstechniken für Dünge- und Pflanzenschutzmittel) sichtbar. Software dient der Verarbeitung von (teils sehr

umfangreicher bzw. detaillierter) Datenmengen, die z.B. mit Hilfe von Sensoren gewonnen wurden und nun von (teils selbstlernenden) Programmen verarbeitet und ausgewertet werden.

Die systemische Dimension von digitalen Anwendungen in der Landwirtschaft äußert sich beispielsweise in Multi-Agenten-Systemen, bestehend aus unterschiedlichen Hard- und Softwarekomponenten (z.B. Feldroboter-Schwarmflotten, siehe Salah und Chen 2018) sowie den sie bedienenden bzw. steuernden landwirtschaftlichen Beschäftigten. Die technischen Komponenten „kooperieren“ untereinander und mit den landwirtschaftlichen Beschäftigten, indem sie Informationen bzw. Daten austauschen und verwerten. So werden landwirtschaftliche (Routine-) Tätigkeiten und Management-Entscheidungen unterstützt oder vollständig durch die Technik übernommen (Stichwort: Algorithmen). Farmmanagementinformationssysteme (FMIS) sind ein typisches Beispiel für derartige entscheidungsunterstützende Tools.

Ein zentrales Element einer digitalisierten Landwirtschaft, welches ebenfalls auf der systemischen Ebene angesiedelt ist, besteht in einer intelligenten Vernetzung über die gesamte landwirtschaftliche Wertschöpfungskette hinweg, also auch mit den der Landwirtschaft vor- und nachgelagerten Wirtschaftssektoren. Eine solche systemische (datenbasierte) Vernetzung der Landwirtschaft existiert aktuell weitgehend noch nicht, entwickelt sich aber sukzessive und kann als langfristig erwartbar angesehen werden (Stichwort „Landwirtschaft 4.0“, Gandorfer et al. 2017).

3 Welche digitalen Daten sind für Landwirtschaftsbetriebe nützlich bzw. erforderlich?

Insgesamt lässt sich feststellen, dass digitale Daten in Landwirtschaftsbetrieben gegenwärtig primär für Zwecke der Dokumentation, des Monitoring und die Planung landwirtschaftlicher Managementprozesse genutzt wird (Munz et al. 2020). Dabei dienen die von Landwirtschaftsbetrieben genutzten digitalen Daten zum einen dazu, die *landwirtschaftlichen Arbeiten* in ihrer Durchführung zu unterstützen bzw. zu verbessern (Arbeitserleichterung/-vereinfachung bzw. qualitativ bessere Durchführung/Ergebnisse). Zum anderen fließen digitale Daten bzw. Informationen in *landwirtschaftliche Entscheidungsprozesse* ein (z.B. Unterstützung von betrieblichen Entscheidungen über Zeitpunkte von Düngung, Aussaat, Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz und Ernte oder über ausgebrachte Mengen von Pflanzenschutzmitteln) bzw. übernehmen (ggf. zukünftig) die Entscheidungen gänzlich.

Zu den typischen **Anwendungsbereichen** digitaler Daten in der Landwirtschaft gehören u.a. (vgl. Wissenschaftliche Dienste 2018; Zscheischler et al. 2021, 153f.; Eckelmann 2020; Oetzel 2007; Schulze-Harling 2020):

Abbildung 4: Anwendungsbereiche digitaler Daten in der Landwirtschaft

Anbauplanung, Applikationskarten im Bereich Pflanzenschutz, Düngebedarfsermittlung und -dokumentation, Teilflächenmanagement (Präzisionslandwirtschaft), Ertragsprognosen, Drohnennutzung im Weinanbau oder zur Ausbringung von Schlupfwespen (Maiszünsler) Fernerkundung/Luftbilder (auch zur Detektion von Rehkitzen, Wildschäden und Unkrautnestern), Hof- und Feldüberwachung, Leitspur- und Maschinenmanagement/Flottenmanagement, Monitoring (mittels GPS) Betrieb und Feineinstellung ((teil-)autonomer) Landwirtschaftsfahrzeuge für (teilautonome) Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz, Bewässerung, Ernte	  
Fütterungs- und Herdenmanagement (beispielsweise im Zusammenhang mit Fütterungssystemen): Berechnungen der Futtermittelzusammensetzung/Rationsberechnung, Bewertung der Tiergesundheit, Fruchtbarkeit, Lebensleistung, Klauenpflege; Optimierung der Haltungsbedingungen (Temperatur, Beleuchtung, Lüftung etc.) sowie gesundheitlichen Versorgung der Tiere; Entscheidungen/Planungen zur zukünftiger Tierhaltung; Standort-Tracking der Tiere	
Planung und Durchführung von Transport, Sortierung der Ernte nach Qualität, Verkauf der Ernte, Preisgestaltung, Auswahlentscheidungen zum zukünftigem Anbau Lagerplanung/Lagerbuch, Pacht- und Flächenverwaltung, Buchhaltung und Controlling, Arbeitsdokumentation für Lohnunternehmer, Auftragserfassung, Nachweise zur Auftragsabarbeitung, Rechnungsmanagement, Deckungsbeitragsrechnung, Zeit- und Maschinenplanung/ Ressourcenplanung Einkaufs- und Verkaufsentscheidungen (Auswahl Händler, Zeitpunkte, benötigte Vorleistungen/Produkte, Preisverhandlung bzw. -gestaltung)	  
Dokumentationen/Nachweise für behördliche und/oder betriebliche Zwecke (z.B. Düngemiteleininsatz, Bodenschutz, Wasserbelastung), Qualitätssicherung und Rückverfolgung von Agrarprodukten	

Quelle: eigene Darstellung

Je nach angestrebtem Verwendungszweck (wie in der obigen Abbildung 4 aufgezählt) sind die in der nachfolgenden Abbildung 5 dargestellten digitalen Daten für Landwirtschaftsbetriebe von Nutzen:

Abbildung 5: Arten digitaler Daten in der Landwirtschaft



Quelle: eigene Darstellung

Beispiele für diese Daten umfassen (Michelsen und Urhahn 2019, S. 86–88; Kehl et al. 2021, S. 67); Mooney 2018, S. 11):

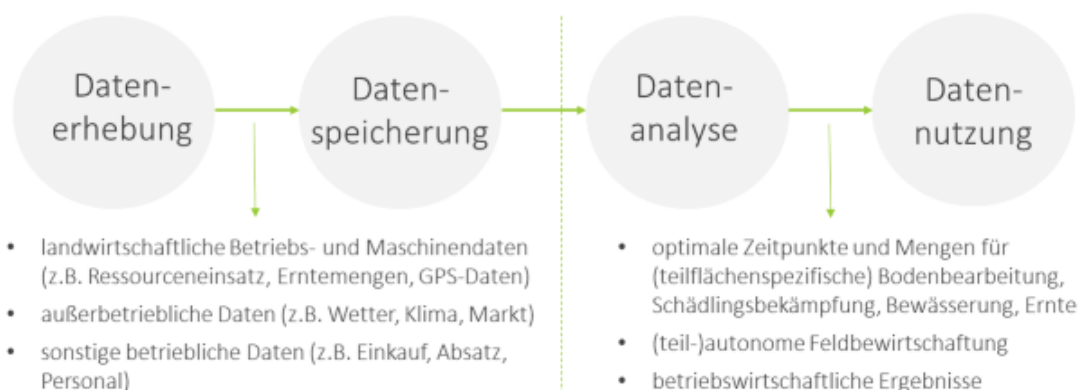
- *Bodendaten*: Bodenanalysen zum Nährstoffgehalt, pH-Wert und andere Bodeneigenschaften
- *geografische Informationen über den Standort*: Höhe über dem Meeresspiegel, Hangneigung und Sonneneinstrahlung
- *Wetter- und Klimadaten*: aktuelle Wetterdaten, um Bewässerungs- und Düngungspläne anzupassen; langfristige Klimadaten, um saisonale Trends zu erkennen
- *Pflanzendaten*: Informationen zu Pflanzenarten, Sorten und Anbauzyklen; Aussaat- und Erntedaten (z.B. Standorte der Reihen bzw. einzelnen Pflanzen); Daten über den Gesundheitszustand der Pflanzen (z.B. Größe/Wachstum, Schädlingsbefall, Qualitätszustand)
- *Maschinendaten*: Betriebsstunden und Wartungsprotokolle für landwirtschaftliche Maschinen, GPS-Daten zur Verfolgung von Feldarbeiten
- *Ressourceneinsatzdaten*: Aufzeichnungen über den Einsatz von Pestiziden, Herbiziden und Fungiziden; Schädlingsbekämpfungspläne
- *Ertragsdaten*: Erntemengen, Qualitätsbewertungen, Lagerungs- und Vermarktungsdaten
- *Tierdaten*: Gesundheitszustand, Gewicht und Größe von Tieren, Fütterungsdaten, Milchleistungsdaten
- *Marktdaten*: Anbieter, Preisvergleiche, Angebotsmengen; Daten über die Marktentwicklungen (z.B. Marktpreisentwicklung bei Düngemitteln, Saatgut und für die eigenen Produkte)

Aus der Auflistung wird deutlich, dass die Daten thematisch vielfältig sind und äußerst umfangreich sein können, insbesondere wenn sie über längere Zeiträume und mit hoher Häufigkeit (bzw. geringer zeitlicher Frequenz) erhoben werden. Auch die Datenherkunft ist unterschiedlich. Der Großteil der Daten bezieht sich auf den einzelnen Landwirtschaftsbetrieb (z.B. seine Ressourcen, Aktivitäten, Ergebnisse). Hinzu kommen auch allgemeine Daten (z.B. Wetter/Klima, allgemeine Pflanzeigenschaften, Marktdaten). Auf der Auswertungsebene können Daten anderer Landwirtschaftsbetriebe als Benchmarks dienen.

4 Wie können digitale Daten für Landwirtschaftsbetriebe effizient und effektiv bereitgestellt und verwertet werden?

Im Modell der datenbasierten Wertschöpfungskette einer digitalisierten Landwirtschaft spielen die Prozessschritte der Datenerhebung, -speicherung, -analyse und -nutzung eine zentrale Rolle (siehe Abbildung 6). Die erhobenen Daten werden i.d.R. gespeichert (dauerhaft oder zeitweise), um für Auswertungen bzw. zukünftige Nutzungen zur Verfügung zu stehen. Die Daten können aber auch ohne Speicherung unmittelbar in die (teil-)autonome Umsetzung landwirtschaftlicher Aktivitäten auf dem Feld einfließen, beispielsweise GPS-Daten für den Betrieb von (teil-)autonomen Landwirtschaftsfahrzeugen oder Feldrobotik. Bei der **Datenerhebung** kommt der **Sensorik** eine entscheidende Rolle zu. Sie kann als eine Schlüsseltechnologie für die Digitalisierung der Landwirtschaft insgesamt angesehen werden (vgl. Ruckelshausen 2019). Beispiele umfassen Sensoren von Feldrobotern oder auch die Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS-Technologie) zur Erfassung der Güllequalität. Eine weitere technologische Herausforderung besteht im Management von Daten aus unterschiedlichen Quellen (Ruckelshausen 2019). Diesem Zweck dienen **Datenplattformen**, beispielsweise in Gestalt von Farmmanagementinformationssystemen (**FMIS**).

Abbildung 6: Datenbasierte Wertschöpfungskette einer digitalisierten Landwirtschaft (Pflanzenproduktion)



Quelle: eigene Darstellung, unter Verwendung von Dewenter und Lüth 2018; Kehl et al. 2021

Nachfolgend wird auf Sensorik, Datenplattformen und FMIS vertiefend eingegangen, um Möglichkeiten einer effektiven und effizienten Datennutzung durch Landwirtschaftsbetriebe und entsprechende Optimierungsbedarfe aufzuzeigen.

4.1 Sensorik

Die Einsatzzwecke von Sensorik in einer digitalisierten Landwirtschaft sind vielfältig. Gemessen werden physikalische Größen wie Feuchtigkeit, Temperatur, Niederschlag, Lichtintensität und Windgeschwindigkeit sowie der Gehalt an chemischen Stoffen in Luft, Boden und Pflanzen. Weitere Einsatzbereiche von Sensorik umfassen die Qualitätsprüfung und -dokumentation landwirtschaftlicher Erzeugnisse sowie die Positionsbestimmung von Landmaschinen mittels Satelliten (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Arten und Einsatzzwecke von Sensorik in Pflanzenbau und Tierhaltung

Art	Messung	Verwendung
Bodenfeuchtesensoren	Feuchtigkeitsgehalt im Boden	Steuerung der Bewässerung von Pflanzen
Temperatursensoren	Temperatur in Boden, Luft, Gewächshäusern	Planung von Aussaat- und Ernteterminen, Schutz vor Frost
Lichtsensoren	Lichtintensität	Anbau von Pflanzen in Gewächshäusern, Steuerung von Beleuchtungssystemen
Spektraloptische Sensoren	Boden- und Pflanzenzustandsparameter, Pflanzenstoffwechsel, Reflexionen des Erntegutes oder von Gülle	Ersetzen aufwändige Laboranalysen, z.B. nicht-invasive Bestimmung der Pflanzengesundheit oder des Trockenmassegehalts und wertbestimmende Parameter des Erntegutes; Bestimmung des Nährstoffgehaltes in Güllefässern
Windgeschwindigkeitssensoren	Windgeschwindigkeit auf dem Feld	Vermeidung von Winddrift beim Einsatz von Pestiziden
GPS-Sensoren	Ortung von Landmaschinen anhand ihrer Position, Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit	(teil-)autonome Durchführung von Feldarbeiten (Pflügen, Düngen, Ernten)
Tiergesundheitssensoren	Aktivität, Körpertemperatur, Futteraufnahme der Tiere	Überwachung des Gesundheitszustands in der Tierhaltung
Luftqualitätssensoren	Luftqualität in Ställen und Gewächshäusern; Lachgasemissionen auf Feldern	Optimierung der Bedingungen für Pflanzenwachstum und Tiergesundheit; Klimaschutz
Nährstoffmesssensoren	Nährstoffgehalt im Boden und in Pflanzen	gezielte Düngung, Verbesserung der Erntequalität

Quelle: eigene Darstellung, unter Verwendung von Noack 2018; Brunner 2018; Fraunhofer IFF o.J.; Bockholt 2021

Durch eine Vernetzung von Sensoren und Aktoren (z.B. Traktoren, Ernterobotern, Präzisionsbewässerungssystemen, Drohnen für Scans und Sprühaktionen) können Daten in Echtzeit ausgewertet werden, um auf dieser Basis landwirtschaftliche Maschinen und Prozesse zu optimieren. Dabei spielt autonome Feldrobotik eine zunehmende Rolle. Entscheidend für ihre breite Einsetzbarkeit und Akzeptanz ist die

Robustheit der Sensordatengenerierung, die im landwirtschaftlichen Einsatz durch veränderliche Störquellen wie Staub, Feuchtigkeit, Sonnenlicht oder Vibrationen beeinträchtigt wird. Aus den potentiell störenden Umweltfaktoren bei der Datenerhebung erwachsen auch Herausforderungen an die Zusammenführung (und Analyse) der Sensordaten. Vor diesem Hintergrund stellen selbstlernende Algorithmen einen Ansatz dar, um einen zuverlässigen Betrieb von Feldrobotik auf Basis robuster Sensordaten zu ermöglichen (Ruckelshausen 2019). Algorithmen ermöglichen es, Muster, Zusammenhänge und Abweichungen zu erkennen (maschinelles Lernen) und auf dieser Basis Vorhersagen abzuleiten. So können u.a. potentielle Ausfälle oder Verschleiß frühzeitig erkannt und nach Möglichkeit vermieden werden.

4.2 FMIS und Datenplattformen

Formate bzw. Tools, die dazu dienen, den Landwirtschaftsbetrieben die erhobenen digitale Daten in einer geeigneten Form verfügbar zu machen – oder diese Daten zu analysieren (und die Analyseergebnisse verfügbar zu machen), rangieren von eher kleinen, hochspezialisierten Apps bis hin zu umfangreichen Systemen, die eine Vielzahl an Themen und Informationsbedarfen der Landwirtschaftsbetriebe abdecken. Beispiele sind digitale Ackerschlagkarteien, GIS-Anwendungen sowie Agrar-Apps verschiedenster Art, die u.a. als **Farmmanagementinformationssysteme (FMIS)** bezeichnet werden (Schulze-Harling 2020; Eckelmann 2020).¹ Häufig wird auch der Begriff der digitalen **Datenplattform** verwendet. In der Begriffsverwendung von FMIS und Datenplattformen finden sich in der Literatur (sowohl im wissenschaftlichen Bereich als auch in Praxis-Veröffentlichungen) zwar Überschneidungen. Es können aber auch unterschiedliche Schwerpunktsetzungen ausgemacht werden: Während FMIS als Systeme/Apps auf die Bedarfe einzelner Nutzer (Landwirtschaftsbetriebe) ausgerichtet sind (und entsprechend von ihnen erworben und genutzt werden), beziehen sich Datenplattformen meist auf eine Vielzahl an Akteuren mit teils unterschiedlichen Rollen (z.B. Datenquellen, Datennutzer). Bei ihnen steht häufig der Datenaustausch im Vordergrund (z.B. zwischen Landwirtschaftsbetrieben und Behörden oder zwischen Betrieben entlang der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette). Datenplattformen können auch Akteure wie Nutztierhalter, Tierärzte, Futtermittelanbieter und Landeskontrollverbände vernetzen (Doluschitz/Gindele 2019, S. 111). Dabei sollen Datenplattformen die Anforderungen eines End-to-End-Datenmanagements erfüllen und Komplettlösungen für das Erfassen, Verarbeiten, Analysieren und Präsentieren der Daten darstellen (Bartels et al. 2020).

Eine besondere Herausforderung für die Nutzerakzeptanz von FMIS bzw. Datenplattformen liegt darin, ein System zu schaffen, das von seinen (potentiellen) Nutzern als offen wahrgenommen wird und das über einen einfachen Zugang verfügt (z. B. durch offene Standards). Insbesondere mögliche Lock-in-Effekte mit Blick auf verwendete Standards stellen eine Akzeptanzhürde dar. Eine weitere Herausforderung besteht in der **Interoperabilität** der verschiedenen Komponenten, die datentechnisch zu verbinden sind (Engelhardt et al. 2017). Interoperabilität steht für die Fähigkeit von Systemen und Geräten

¹ Im Innovationsreport „Produktnutzungssysteme, Wirtschaftsakteure und Geschäftsmodelle im Umfeld einer digitalisierten Landwirtschaft“ werden FMIS als Geschäftsmodelle vertiefend untersucht.

(teils von unterschiedlichen Herstellern), miteinander zu kommunizieren und Daten auszutauschen.²

Da Landwirtschaftsbetriebe betriebliche Daten unterschiedlicher Art an Behörden übermitteln müssen, wird in staatlichen Datenplattformen (bzw. einer **zentralen** staatlichen Datenplattform) ein besonderes Unterstützungs- und Entlastungspotential für die Landwirtschaftsbetriebe und Behörden gesehen (Kehl et al. 2021; Vogel 2020). Denkbar sind vor allem Funktionsbereiche wie der einer Antragsplattform (d.h. Schnittstelle für Landwirtschaftsbetriebe zu staatlichen Stellen für agrarbezogene Anträge), einer Melde- und Dokumentationsplattform (d.h. Dienste zur Erfüllung von betrieblichen Melde- und Dokumentationspflichten), einer Informationsplattform für die Landwirtschaftsbetriebe (d.h. einfache Verfügbarmachung öffentlicher Daten) und einer verwaltungsinternen Datenvernetzung zwischen Behörden (Bartels et al. 2020). Hierzu sind gemeinsame Daten- und Schnittstellenstandards für die herstellerübergreifende Einbindung notwendig (Kehl et al. 2021).

5 Wie lassen sich Datensouveränität und Datentransparenz sichern?

Datensouveränität in der digitalisierten Landwirtschaft bezieht sich auf die Fähigkeit von Landwirten, die Kontrolle über die Daten, die in ihren Betrieben generiert werden, zu behalten. Sie umfasst sowohl rechtliche als auch organisatorische und technische Aspekte, die sicherstellen, dass Landwirte bestimmen können, wer ihre Daten nutzt, wie lange und für welche Zwecke (Kalmar und Rauch 2020b; Kehl et al. 2021). Landwirte besitzen Datensouveränität, wenn sie die Möglichkeit haben, die Nutzung ihrer Daten durch Dritte zu genehmigen oder abzulehnen. Dies schließt auch das Recht ein, eine einmal erteilte Zustimmung zu widerrufen oder zu ändern.

Durch das Teilen von Daten mit Cloud-Anbietern kann auf Seiten der Landwirtschaftsbetriebe aber die Entscheidungsfreiheit – und somit Datensouveränität – eingeschränkt werden (Rähm und Welcherling 2019). Eine einseitige Kontrolle über die landwirtschaftlichen Daten gekoppelt mit einer starken Marktmacht weniger Daten-Dienstleistungsunternehmen und enger Kundenbindung kann zu einer ökonomischen Asymmetrie führen, die einen Lock-In-Effekt hervorruft (Kliem et al. 2022). Dieser Effekt kann z.B. darin bestehen, dass die Wahlmöglichkeiten eines Landwirtschaftsbetriebs bezogen auf nutzbare Farmmanagementsysteme (rechtlich oder technisch) eingeschränkt werden (Vogel 2020; Kehl et al. 2021).

Datentransparenz trägt zu Datensouveränität bei. Sie impliziert, dass Landwirte nachvollziehen können müssen, was mit ihren Daten geschieht und welche Konsequenzen die Nutzung hat (Kalmar und Rauch 2020b, 2020a). Ein Mangel an Transparenz, z.B. hinsichtlich der Nutzungsbedingungen, der algorithmischen Abläufe und der Verwendung von Daten, kann dagegen zu einem Risiko für die Nutzer (d.h. die Landwirtschaftsbetriebe) werden und asymmetrische Abhängigkeitsverhältnisse schaffen (Härtel 2019, S. 584).

In der Literatur wird die Bedeutung klarer Regelungen und Mechanismen betont, um die Datensouveränität zu gewährleisten. Dazu gehören **rechtliche Rahmenbedingungen**, die den Zugang zu und die

² Auf die Thematik der Interoperabilität wird im Innovationsreport „Interoperabilität und Sicherheit digitaler Landwirtschaftstechnologien“ detailliert eingegangen.

Nutzung von landwirtschaftlichen Daten regeln, sowie **technische Lösungen**, die die sichere und transparente Verwaltung dieser Daten ermöglichen (Zscheischler et al. 2021). Datensouveränität kann darüber hinaus auch mittels **Aus- und Weiterbildung** von Mitarbeitenden in Landwirtschaftsunternehmen erreicht werden (Martínez 2018).

Zu den rechtlichen Rahmenbedingungen gehören vor allem die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) aus dem Jahr 2018 (mit nachträglichen Änderungen) und der Data Governance Act (DGA) der EU aus dem Jahr 2022. Die Datenschutz-Grundverordnung schützt die Rechte der betroffenen Personen in Bezug auf ihre personenbezogenen Daten. Dies umfasst das Recht auf Information, Zugang, Berichtigung und Löschung von Daten (Datenschutz). Der **Data Governance Act** zielt darauf ab, die gemeinsame Nutzung von Daten zu erleichtern und gleichzeitig die Rechte der Dateninhaber zu schützen. Er soll sicherstellen, dass Daten nur mit Zustimmung der betroffenen Personen genutzt werden und dass transparente Mechanismen zur Datenverwaltung vorhanden sind. Der Data Governance Act beinhaltet auch, dass Datenvermittlungsdienste neutral agieren müssen und die Daten nicht für eigene Zwecke nutzen dürfen. Diese Regelung stärkt die Position der Landwirte und schützt ihre Daten vor Missbrauch. Entscheidend für die Wirksamkeit des Data Governance Acts in einer digitalisierten Landwirtschaft in Deutschland ist seine konkrete Umsetzung auf nationaler Ebene, die noch aussteht.

Auf der rechtlichen Ebene ist auch das Konzept der **Datenhoheit** angesiedelt. Das Konzept der Datenhoheit steht für das Recht bzw. die Befugnis zur Verarbeitung und Speicherung von Daten (Verfügungsbefugnis; vgl. (Vogel 2020)). Datenhoheit ist demnach vom Datenbesitz/-eigentum zu unterscheiden. Für Landwirtschaftsbetriebe geht es konkret um die Frage, inwieweit sie durch eigene Tätigkeiten erzeugte Daten selbst erfassen, verarbeiten, weitergeben bzw. nutzen können (Bartels et al. 2020, S. 46). Der oben erwähnte Data Governance Act stellt nicht nur Grundsätze dafür dar, wie Datenhoheit *grundsätzlich* geregelt ist. Er fungiert auch als eine Grundlage bzw. Bezugspunkt für *individuelle Vereinbarungen* zwischen Landwirtschaftsbetrieben und digitalen Dienstleistern – und erleichtert individuelle Vereinbarungen auf diese Weise. So können beide Seiten die Datenhoheit der Landwirtschaftsbetriebe sicherstellen, indem sie beispielsweise vereinbaren, dass die Daten lediglich austauscht werden und eine über die vereinbarte Nutzung hinausgehende Verarbeitung ausgeschlossen ist (Rähm und Welcherling 2019). Geregelt werden können auch die Informationspflichten der Dienstleister. Dazu gehört beispielsweise, die Verwendung der bereitgestellten Daten verständlich darzustellen.

Eine technische Voraussetzung für Datensouveränität ist die **digitale Durchgängigkeit der Daten**. Dies bedeutet, dass Daten flexibel und mehrfach in verschiedenen Systemen genutzt werden können (siehe auch **Interoperabilität**, wie in Kapitel 4.2 erläutert), ohne dass die Kontrolle über sie verloren geht.

Da die Mitarbeitenden in vielen Landwirtschaftsbetrieben (noch) nicht über das notwendige Wissen verfügen, um effektive Datenbearbeitungs- und Datenschutzstrategien zu entwickeln und in die praktische Arbeit zu integrieren, erwächst ein Bedarf an Wissensaneignung. Dies kann durch **Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen** – im weitesten Sinne – erreicht werden. Daneben stellt das Thema der Datenverarbeitung auch ein Handlungsfeld für digitale **Beratungsunternehmen** dar, um gemeinsam mit den Landwirtschaftsbetrieben geeignete Lösungen zu entwickeln (Martínez 2018). Zu den Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen gehören neben den klassischen Schulungsformaten auch zunehmend Online-Schulungen und Lern-Apps. Es besteht weiterhin ein Handlungs- und Unterstützungsbedarf für Bildungseinrichtungen und staatliche Institutionen, um praxistaugliche Lernformen und praxisnahe betriebliche Datenverarbeitungslösungen (in Verbindung mit den Daten-Dienstleistern) zu entwickeln.

6 Fazit: Erfolgs- und Akzeptanzfaktoren für eine effektive, effiziente und selbstbestimmte Datennutzung und -verarbeitung in einer digitalisierten Landwirtschaft

Landwirtschaftsbetrieben stehen unterschiedlichste und umfangreiche Daten zur Verfügung, die etwa dabei helfen die Effizienz des Arbeitsprozesses zu steigern, Ressourcen einzusparen oder die Dokumentation einfacher und schneller zu gestalten. Um diese Potenziale auszuschöpfen und die Daten ideal nutzen zu können, müssen sie zunächst einmal erhoben bzw. gemessen werden, um sie im Anschluss (bei Bedarf) zu speichern und nutzbringend auszuwerten. Dazu dienen z.B. Farmmanagementinformationssysteme, die von zahlreichen digitalen Datendienstleistern entwickelt wurden (und werden) und den Landwirtschaftsbetrieben angeboten werden. Insgesamt erfordert eine effektive, effiziente und selbstbestimmte Datennutzung in den Landwirtschaftsbetrieben eine ausgewogene Herangehensweise, die sowohl den Schutz der Nutzungsrechte bezogen auf betriebliche Daten (aus Perspektive der Landwirtschaftsbetriebe) als auch die Förderung digitaler Innovationen in der Landwirtschaft (aus Perspektive der digitalen Dienstleistungsunternehmen) angemessen berücksichtigt. Letztendlich ist es diese Ausgewogenheit, die – auch allein aus der landwirtschaftsbetrieblichen Perspektive – optimal ist.

Eine effektive, effiziente und selbstbestimmte Nutzung digitaler Daten in der Landwirtschaft hängt von einer Kombination aus technologischen, rechtlichen und bildungsbezogenen Maßnahmen Erfolgs- und Akzeptanzfaktoren ab. Wenn diese Faktoren gemeinsam betrachtet und umgesetzt werden, können die Vorteile der Digitalisierung voll ausgeschöpft werden:

- Eine robuste und zuverlässige technologische Infrastruktur ist essenziell. Dazu gehören Sensoren, **Datenplattformen und Farmmanagementinformationssysteme (FMIS)**, die eine präzise Datenerhebung, -speicherung und -analyse ermöglichen. Die Integration von Sensorik und Algorithmen zur Verarbeitung der Daten spielt eine zentrale Rolle, um die Effizienz und Genauigkeit der landwirtschaftlichen Prozesse zu steigern.
- Die Fähigkeit verschiedener Systeme und Geräte, miteinander zu kommunizieren und Daten auszutauschen, ist ein weiterer wichtiger technologischer Erfolgsfaktor. **Interoperabilität** ermöglicht eine nahtlose Integration und Nutzung von Daten über verschiedene Plattformen hinweg, was die Effizienz und Flexibilität der Datennutzung erhöht.
- Indem Landwirte die Kontrolle über ihre Daten behalten (**Datenhoheit**), wird eine Voraussetzung für ihren souveränen, d.h. selbstbestimmten und betrieblich vorteilhaften Umgang mit diesen Daten geschaffen. Sie umfasst rechtliche und organisatorische Aspekte (in Verbindung mit den beiden o.g. technischen Faktoren), die sicherstellen, dass Landwirte bestimmen können, wer ihre Daten nutzt, wie lange und für welche Zwecke. Datensouveränität stärkt das Vertrauen der Landwirte in digitale Technologien und fördert deren Akzeptanz.
- **Datentransparenz** ist entscheidend, damit Landwirte nachvollziehen können, was mit ihren Daten geschieht und welche Konsequenzen die Nutzung hat. Klare (rechtlich-organisatorische) Regelungen und (datentechnische) Mechanismen zur Sicherstellung der Datentransparenz tragen zur Akzeptanz digitaler Technologien bei.

- Die **Aus- und Weiterbildung** und **Beratung** der Mitarbeitenden in Landwirtschaftsunternehmen sind notwendig, um das Wissen und die Fähigkeiten zur effektiven Nutzung und zum Schutz von Daten zu entwickeln. Schulungen, Online-Kurse und Lern-Apps können dabei helfen, die Kompetenzen der Landwirte zu stärken und die Akzeptanz digitaler Technologien zu erhöhen.
- Staatliche Unterstützung, z.B. in Form von **Förderungen** von **Schulungen** und **Beratungen**, die Setzung eines **rechtlichen Rahmens** für Nutzungsvereinbarungen zwischen Landwirtschaftsbetrieben und digitalen Dienstleistern, und das Ermöglichen von Entscheidungsfreiheit und Flexibilität bei der Auswahl von Anbietern durch **Daten- und Hardware-Standards** für mehr Interoperabilität können landwirtschaftliche Betriebe maßgeblich bei der Implementierung von effektiven und effizienten Datenerfassungs- und -verarbeitungssystemen unterstützen. Auf diese Weise kann die Akzeptanz und Nutzung digitaler Technologien in der Landwirtschaft maßgeblich beschleunigt werden.

Literatur

- Bartels, Nedo; Dörr, Jörg; Fehrmann, Jens; Gennen, Klaus; Groen, Eduard C.; Härtel, Ines et al. (2020): Abschlussbericht Machbarkeitsstudie. Machbarkeitsstudie zu staatlichen digitalen Datenplattformen für die Landwirtschaft. Hg. v. Fraunhofer IESE. Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Digitalisierung/machbarkeitsstudie-agrar-datenplattform.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 13.04.2022.
- BMEL (2021): Digitalisierung in der Landwirtschaft. Chancen nutzen – Risiken minimieren. Bonn. Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/digitalpolitik-landwirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=18, zuletzt geprüft am 21.09.2021.
- Bockholt, Karl (2021): Nahinfrarotspektroskopie. Wie analysiert ein NIRS-Sensor die Gülle? (agrar-heute). Online verfügbar unter <https://www.agrarheute.com/technik/analysiert-nirs-sensor-guelle-578797>, zuletzt geprüft am 02.04.2022.
- Brakensiek, S.; Kießling, R.; Troßbach, W.; Zimmermann, C. (Hg.) (2016): Grundzüge der Agrargeschichte. Köln.
- Brunner, Raimund (2018): Sensoren für eine effizientere Landwirtschaft. Fraunhofer IPM. Online verfügbar unter <file:///C:/Users/guest/Downloads/JAB-2018-sensoren-lachgas-landwirtschaft.pdf>, zuletzt geprüft am 02.04.2022.
- Dewenter, Ralf; Lüth, Hendrik (2018): Datenhandel und Plattformen. Gutachten. Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung. Online verfügbar unter https://www.abida.de/sites/default/files/ABIDA_Gutachten_Datenplattformen_und_Datenhandel.pdf, zuletzt geprüft am 15.08.2022.

- Eckelmann, M. (2020): Marktübersicht deutschsprachiger Farmmanagement Informationssysteme (FMIS). Online verfügbar unter https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Master_Dokument_Marktuebersicht.pdf.
- Engelhardt, Sebastian von; Wangler, Leo; Wischmann, Steffen (2017): Eigenschaften und Erfolgsfaktoren digitaler Plattformen. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Hg. v. iit-Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Berlin. Online verfügbar unter https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/autonomik-studie-digitale-plattformen.pdf?__blob=publicationFile&v=6, zuletzt geprüft am 22.04.2022.
- Fraunhofer IFF (o.J.): Intelligente Sensorik für eine nachhaltige und effiziente Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.iff.fraunhofer.de/de/geschaeftsbereiche/logistik-fabrikssysteme/spektralsensorik-fuer-die-landwirtschaft.html>.
- Gandorfer, Markus; Schleicher, Sebastian; Heuser, Sebastian; Pfeiffer, Johanna; Demmel, Markus (2017): Landwirtschaft 4.0 - Digitalisierung und ihre Herausforderungen. In: Georg Wendl (Hg.): Ackerbau – technische Lösungen für die Zukunft. Landtechnische Jahrestagung 2017. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Freising-Weihenstephan, S. 9–19.
- Härtel, Ines (2019): Agrar-Digitalrecht für eine nachhaltige Landwirtschaft 4.0. In: *Natur und Recht* (41), S. 577–586. DOI: 10.1007/s10357-019-3571-y.
- Kalmar, Ralf; Rauch, Bernd (2020a): Umfrageergebnisse: Datensouveränität in der Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.iese.fraunhofer.de/blog/datensouveraenitaet-landwirtschaft/>, zuletzt geprüft am 22.04.2022.
- Kalmar, Ralf; Rauch, Bernd (2020b): Wie schafft man Datensouveränität in der Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.iese.fraunhofer.de/blog/wie-schafft-man-datensouveraenitaet-in-der-landwirtschaft/>, zuletzt geprüft am 22.04.2022.
- Kehl, Christoph; Meyer, Rolf; Steiger, Saskia (2021): Digitalisierung der Landwirtschaft: gesellschaftliche Voraussetzungen, Rahmenbedingungen und Effekte. Teil II des Endberichts zum TA-Projekt. TAB-Arbeitsbericht Nr. 194. Hg. v. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Berlin. Online verfügbar unter <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000142951/146338637>, zuletzt geprüft am 25.07.2022.
- Kliem, Lea; Wagner, Josephin; Olk, Christopher; Keßler, Luisa; Lange, Steffen; Krachunova, Tsvetelina; Bellingrath-Kimura, Sonoko (2022): Digitalisierung der Landwirtschaft. Chancen und Risiken für den Natur- und Umweltschutz. Schriftenreihe des IÖW 222/22. Hg. v. Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung. Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung; Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. Berlin. Online verfügbar unter https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/Schriftenreihen/IOEW_SR_222__Digitalisierung_der_Landwirtschaft.pdf, zuletzt geprüft am 12.09.2022.
- Martínez, José (2016): Chancen und Risiken der Digitalisierung in der Landwirtschaft - die rechtliche Dimension. In: *Przegląd Prawa Rolnego/Agricultural Law Review* (19), S. 13–44. Online

verfügbar unter <http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-4ae5f9fa-478e-4ea1-be57-e45200688bab>, zuletzt geprüft am 20.09.2021.

- Martinéz, José (2018): Rechtliche Herausforderungen der Digitalisierung der Landwirtschaft – am Beispiel des Dateneigentums und -schutz. In: H.-Wilhelm-Schaumann-Stiftung (Hg.): 27. Hülseberger Gespräche 2018. Landwirtschaft und Digitalisierung. Hamburg, S. 143–155. Online verfügbar unter https://www.schaumann-stiftung.de/cps/schaumann-stiftung/ds_doc/27_huelseberger_gespraech_broschuere.pdf, zuletzt geprüft am 22.04.2022.
- Michelsen, Lena; Urhahn, Jan (2019): Agrarkonzerne und Big Data. Auswirkungen der Digitalisierung in der Landwirtschaft auf kleinbäuerliche Erzeugerinnen und Erzeuger sowie Landarbeiterinnen und Landarbeiter weltweit. In: AgrarBündnis e.V. (Hg.): Der kritische Agrarbericht 2019. "Landwirtschaft für Europa", S. 86–90. Online verfügbar unter https://www.kritischer-agrarbericht.de/fileadmin/Daten-KAB/KAB-2019/KAB2019_86_90_Michelsen_Urhahn.pdf, zuletzt geprüft am 25.04.2022.
- Mooney, Pat (2018): Blocking the chain. Konzernmacht und Big-Data-Plattformen im globalen Ernährungssystem. Hg. v. ETC Group, Global Change - Local Conflict? (GLOCON), INKOTA-netzwerk e.V. und Rosa-Luxemburg-Stiftung Gesellschaftsanalyse und politische Bildung e.V. Berlin, Val David. Online verfügbar unter <http://shop.inkota.de/file/1841/download?token=KOkmRgAv>, zuletzt geprüft am 13.04.2022.
- Munz, Jana; Gindele, Nicola; Doluschitz, Reiner (2020): Exploring the characteristics and utilisation of Farm Management Information Systems (FMIS) in Germany. In: *Computers and Electronics in Agriculture* (170). DOI: 10.1016/j.compag.2020.105246.
- Noack, Patrick Ole (2018): Einsatz von Multi- und Hyperspektralsensoren in der Landwirtschaft. In: DGPF (Hg.): 38. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF und PFGK18, Bd. 27. München. Online verfügbar unter https://www.dgpf.de/src/tagung/jt2018/proceedings/proceedings/papers/16_PFGK18_Noack.pdf, zuletzt geprüft am 02.04.2022.
- Oetzel, Kai (2007): Elektronische Dokumentation mit agroXML. In: Stefan Böttinger, Ludwig Theuvsen, Susanne Rank und Marlies Morgenstern (Hg.): Agrarinformatik im Spannungsfeld zwischen Regionalisierung und globalen Wertschöpfungsketten. Referate der 27. GIL Jahrestagung, 05. - 07. März 2007 in Stuttgart, Germany. Bonn: Ges. für Informatik (GI-Edition Proceedings, 101), S. 163–166. Online verfügbar unter <https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/22881>.
- Rähm, Jan; Welcherling, Peter (2019): Daten säen, Daten ernten. Digitalisierung der Landwirtschaft. Hg. v. Deutschlandfunk. Online verfügbar unter <https://www.deutschlandfunk.de/digitalisierung-der-landwirtschaft-daten-saen-daten-ernten-100.html>, zuletzt aktualisiert am 10.11.2019, zuletzt geprüft am 26.04.2022.
- Ruckelshausen, A (2019): Feldrobotik in der Landwirtschaft - Vision oder Realität? Agrartage Rheinland 2019. Kurzfassung der Vorträge. Online verfügbar unter [https://www.bbs-landwirtschaft.de/Internet/global/themen.nsf/ALL/ED589AB67C4BAB3FC12583840047437C/\\$FILE/Prof.%20Dr.%20Arno%20Ruckelshausen%20-%20Feldrobotik%20in%20der%20Landwirtschaft%20AT%202019.pdf](https://www.bbs-landwirtschaft.de/Internet/global/themen.nsf/ALL/ED589AB67C4BAB3FC12583840047437C/$FILE/Prof.%20Dr.%20Arno%20Ruckelshausen%20-%20Feldrobotik%20in%20der%20Landwirtschaft%20AT%202019.pdf), zuletzt geprüft am 20.09.2022.

- Salah, K; Chen, X (2018): Cooperative robotic systems in agriculture. In: Dan Zhang und Bin Wei (Hg.): Robotics and Mechatronics for Agriculture. Boca Raton, London, New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, S. 131–156.
- Schulze-Harling, Maike (2020): Digitalisierung. Farmmanagementsysteme im Überblick. Online verfügbar unter <https://www.topagrar.com/technik/news/farmmanagementsysteme-im-ueberblick-12404106.html>, zuletzt geprüft am 20.04.2022.
- Spoerer, M; Streb, J (Hg.) (2013): Neue deutsche Wirtschaftsgeschichte des 20. Jahrhunderts. München.
- Springer Gabler Verlag (Hg.) (2018): Gabler Wirtschaftslexikon. Stichwort: Automatisierung. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/automatisierung-27138/version-250801>, zuletzt geprüft am 21.11.2021.
- Vogel, Paul (2020): Datenhoheit in der Landwirtschaft 4.0. Rechtliche Aspekte der Verfügungsbefugnis über Betriebsdaten und denkbare Regelungsansätze zur Stärkung der Datenhoheit. In: Markus Gandorfer, Andreas Meyer-Aurich, Heinz Bernhardt, Franz Xaver Maidl, Georg Fröhlich und Helga Floto (Hg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Fokus: Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier. 40. GIL-Jahrestagung. Freising, 17.-18. Februar 2020 (Lecture Notes in Informatics (LNI) - Proceedings, 299), S. 331–336.
- Wissenschaftliche Dienste (2018): Bereitstellung landwirtschaftlich relevanter Daten für die digitale Landwirtschaft. WD 5 - 3000 - 088/18. Hg. v. Deutscher Bundestag. Online verfügbar unter <https://www.bundestag.de/resource/blob/566908/80cb58a5112b960f86ac90e2e61aea42/WD-5-088-18-pdf-data.pdf>, zuletzt geprüft am 13.04.2022.
- Zscheischler, Jana; Brunsch, Reiner; Griepentrog, Hans W.; Tölle-Nolting, Christine; Rogga, Sebastian; Berger, Gert et al. (2021): Kapitel 4: Landwirtschaft, Digitalisierung und digitale Daten. In: Roland W. Scholz, Markus Beckedahl, Stephan Noller und Ortwin Renn (Hg.): DiDaT Weißbuch. Verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Daten – Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, S. 7–8. Online verfügbar unter <https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/9783748924111/didat-weissbuch>, zuletzt geprüft am 01.12.2021.

