

Ralf Bill

## Technisierte Landwirtschaft – Digitalisierung in der Landwirtschaft

*Stichworte: Agri-Business, Landwirtschaft 4.0, Farming, Nachhaltigkeit*

### **EINLEITUNG**

Der digitale Wandel ist in vollem Gang und verändert alle gesellschaftlichen Bereiche von der Wirtschaft über die Verwaltung bis hin zu Gesellschaft und Bildung. Dabei sind die technologischen Entwicklungen rasant und verändern die Art wie wir kommunizieren, arbeiten, lernen und leben. Eine Vorreiterrolle bei der Digitalisierung nimmt seit langem die Landwirtschaft ein. Hier rollen bereits nahezu voll digitalisierte vernetzte Traktoren und Erntemaschinen autonom über den Acker, die ihre Daten in der Farm-Management-Software für die Landwirte direkt aufbereitet bereitstellen. Ausgestattet mit entsprechender Software können Landwirte ihre Einsatzmaschinen per Cloud Computing gleichzeitig verfolgen und koordinieren. Dem Landwirt kommt damit zunehmend eine steuernde und überwachende Rolle zu.

### **LANDWIRTSCHAFT UND AGRI-BUSINESS**

Zur Landwirtschaft oder Agrarwirtschaft zählen verschiedene Zweige wie z. B. Acker-, Obst-, Gemüse-, Wein- oder Hopfenbau, die Grünlandnutzung sowie die Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung. Neu hinzu kommen sind die Aquakultur und die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe durch landwirtschaftliche Betriebe. Im Jahr 2018 machte die Bruttowertschöpfung der Landwirtschaft in Deutschland mit rund 18,7 Milliarden € einen Anteil von rund 0,62 % an der gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung Deutschlands aus (Quelle de.statista.com).

Das Agri-Business umfasst neben den beschriebenen Landwirtschaftsbranchen insbesondere die vorgelagerten Wirtschaftsbereiche und die nachgelagerten Sektoren. Vorgelagerte Wirtschaftsbereiche liefern die von landwirtschaftlichen Betrieben benötigten Produktionsmittel wie Saatzucht, Dünge- und Pflanzenschutzmittel, aber auch die Landtechnik, die Futtermittel und die Tierzucht



gehören dazu. Nachgelagerte Sektoren schließen dann die Weiterverarbeitung in der Ernährungswirtschaft mit ein, so z. B. Getreide-, Vieh-, Obst- und Gemüse-großhandel, Getreide- und Mahlmühlen, Schäl- und Ölmühlen, Schlachthöfe und Zerlegebetriebe oder Molkereien. Die Fisch-, Obst- und Gemüseverarbeitung, Mälzereien, Gewürzwerke, Kellereien, Zuckerfabriken und die Lebensmittel-industrie sind hier ebenfalls zu nennen. Das gesamte Agri-Business erbrachte 2018 einen Produktionswert von geschätzten 499 Milliarden € oder 8 % des gesamtwirtschaftlichen Produktionswerts. Gemessen an der volkswirtschaftli-chen Bruttowertschöpfung beträgt der Anteil des Agri-Business knapp 7 %.

Von der gesamten Wertschöpfungskette des Agri-Business wollen wir uns in diesem Beitrag auf den landwirtschaftlichen Produktionsprozess, also die Land-wirtschaft im engeren Sinne und darin auch überwiegend auf den Pflanzenbau, konzentrieren.

## **LANDWIRTSCHAFT 4.0**

Wie kommt es zur Technisierung in der Landwirtschaft? Analog zum Begriff Industrie 4.0 kann man auch in der Landwirtschaft vier Phasen unterscheiden. Nachdem die Menschheit über Jahrtausende Landwirtschaft manuell betrieben haben, startet mit der Mechanisierung durch die Dampfpflüge Ende des 18. Jahr-hunderts die *Landwirtschaft 1.0*, auch in Mecklenburg-Vorpommern. Die Ein-führung des Verbrennungsmotors und die Elektrifizierung Ende 1900 manifes-tieren die *Landwirtschaft 2.0*. Traktoren gehören nun zum üblichen Bild in der Landwirtschaft. Ab den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts hält die Elektronik und Informationstechnik Einzug in die Landwirtschaft. Programmierbare Steue-rungen und Bordrechner sind die Grundlage für die Anfang der Neunzigerjahre startenden Precision Farming-Technologie, und damit die *Landwirtschaft 3.0*. Die zunehmende Vernetzung und durchgängige Digitalisierung führt zum *Smart Farming* oder *Digital Farming*, der heutigen *Landwirtschaft 4.0*.

## **PRECISION FARMING**

*Precision Farming* (Pflanzenbau) oder die informationsgeleitete teilschlag-spezifische Pflanzenproduktion ist heute in landwirtschaftlichen Betrieben weit verbreitet. Precision Farming bedeutet die Anpassung der Landbewirtschaftungsmaßnahmen an die Variabilität der Standort- und Bestandesparameter, welche mit Hilfe der Satellitennavigation (Global Navigation Satellite Systems

GNSS) erfasst, durch in landtechnischen Geräten integrierte Sensorik und Aktorik gesteuert und in Geo-Informationssystemen (GIS) eingebunden werden. Moderne Landmaschinen sind durchgängig mit GNSS und Korrektursignal ausgerüstet und können dank Lenkhilfen und Spurführung zentimetergenau gesteuert werden. Dadurch werden Pflanzenschutzmittel, Dünger und anderes präzise und bedarfsgerecht auf den Feldern ausgebracht. Die Vorteile für den Landwirt liegen auf der Hand: vollständig aufeinander abgestimmte Prozesse ohne Rüstzeiten und ohne mehrfache Feldüberfahrten entlasten die Umwelt und sparen Zeit, Kraftstoff und Betriebsmittel. Rentabilität (Ökonomie) und Ressourcenschonung (Ökologie) lassen sich so gut miteinander vereinen. Moderne Landwirtschaft leistet somit einen wichtigen Beitrag zur Einsparung von Betriebsmitteln und zur Erhöhung der Ertragsicherheit und -qualität mit der Zielsetzung einer nachhaltigen und umweltgerechten Landwirtschaft. Dabei steht fest, dass für diese Technologien in Gebieten mit heterogenen Standorten und großflächiger Bewirtschaftung die größten Renditemöglichkeiten einschließlich dem ökologischen Nutzen bestehen. Insofern ist Mecklenburg-Vorpommern prädestiniert für Precision Farming.

Meist startet der Landwirt mit der Ertragskartierung. Damit weiß er, was er wo auf seinem Acker geerntet hat. Über die Jahre erhält er so Informationen, wo ertragsstabile und wo ertragschwache Zonen sind. Die Schlagvermessung ist dann meist der nächste Schritt, denn die Subventionsbeiträge durch die Europäische Union verlangen nach einem genauen Nachweis der Flächen. Das Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem InVeKoS ist ein wesentliches Kontrollinstrument für die Agrarausgaben der Europäischen Union, welches heute GIS-basiert – und damit digital – durchgeführt wird. Für die Bearbeitung der landwirtschaftlichen Flächen etabliert sich alle Jahre wieder der Precision Farming Kreislauf von der Bodenbearbeitung, Aussaat über die Düngung und den Pflanzenschutz bis zur Ernte (Abbildung 7).

Im *Precision Livestock Farming* (Tierhaltung) gehören Melkroboter, Spaltenreiniger, Lüftungssysteme und Fütterungsautomaten zum Stand der Technik im Stall. Prozessdaten der technischen Anlagen im Stall als auch tierspezifische Daten (zum Beispiel Bewegungsmuster, Stress und Tieraktivität, Vokalisation) werden durch eine Vielzahl von Sensoren heute erfasst. Das Tier selbst rückt beim Gesundheits- und Verhaltensmonitoring in den Vordergrund. Tierwohl wird zunehmend wichtiger.

Die Wirtschaftlichkeit dieser Precision-Technologien wird von dem Verhältnis zwischen höherem Investitionsbedarf und laufenden Kosten im Verhältnis zu den eingesparten Kosten bzw. höheren oder hochwertigeren Erträgen bestimmt.

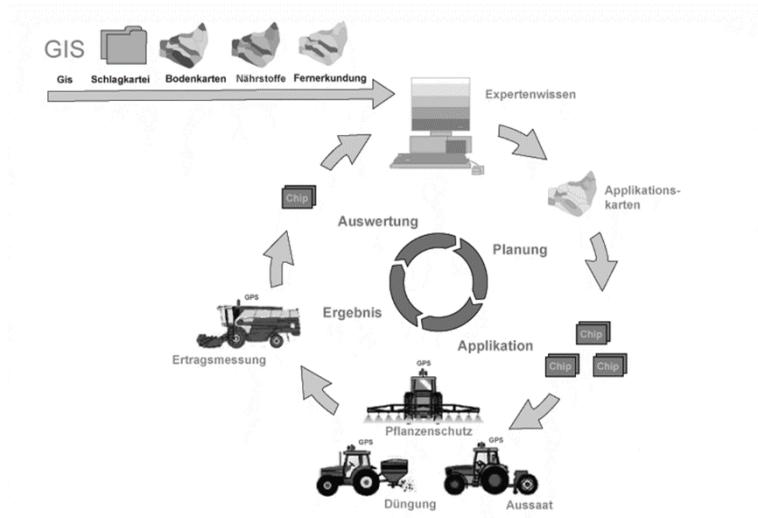


Abbildung 7: Der Precision-Farming-Kreislauf im Pflanzenbau

Sensortechnik, Elektronik und Software machen bei Landmaschinen nach Angaben des Vereins Deutscher Ingenieure heute rund 30 Prozent der Wertschöpfung aus. Zum Vergleich: In der Autobranche liegt diese Quote erst bei 10 Prozent (DLG, 2019). Weltweit wächst der Markt für Präzisionslandwirtschaft nach einer Studie von Roland Berger aus 2015 jährlich um 12 Prozent.

## ROSTOCKER FORSCHUNG ZU PRECISION FARMING

In der Forschung hat sich die Professur für Geodäsie und Geoinformatik schon Mitte der Neunzigerjahre auf die Datengewinnung und -beschreibung für Precision Farming konzentriert, u. a. in den großen BMBF-Verbundprojekten preagro I und II. Aus Bilddaten vom Satelliten über die Luftbildbefliegung konnten so wertvolle Bestandsinformationen generiert werden (Grenzdörffer,

2001, Panten, 2001). Maschinelles Lernen wird heute eingesetzt, um Bodennährstoffe und -feuchtemuster mittels on-field-VIS-NIR-Spektroskopie zu bestimmen (Morellosa et al., 2016). Das Relief (Digitale Geländemodelle), heute in hoher Qualität digital deutschlandweit verfügbar, spielt eine wichtige Rolle. Vor knapp 20 Jahren mussten diese DGMS noch selbst durch Befahrung mit hochgenauem Real-time Kinematic DGNSS erzeugt und ausgewertet werden (Schmidt, 2003). Korduan, 2003 hat sich mit dem Bedarf und der Standardisierung von Metainformationen im Precision Farming auseinandergesetzt.

Seit über 10 Jahren nutzen wir intensiv Drohnen, besser Unmanned Aerial Systems – UAS oder UAV – Unmanned Aerial Vehicles (Grenzdörffer, Bill, 2013), die mit Kameras bestückt sind, um Bestandsinformationen zu generieren und sogar Aussagen zu Einzelpflanzen zu erhalten (Bodenbedeckungsgrad, Bestandesdichte, Erkennung u. a.), und dies auch im Grünland zur Schädelpflanzenbekämpfung mittels Deep Learning (Zacharias, 2018).

Über einen langen Zeitraum beschäftigen wir uns mit der Integration der Precision Farming-Technologie in betriebliche Farmmanagement-Informationssysteme (Fountas et al., 2015). Dies baut im Wesentlichen auf interoperablen Services (Nash et al., 2010, 2012), Geodateninfrastrukturen und Prozessierungsketten auf (Nash, Korduan, Bill, 2009). Die dafür notwendige Standardisierung wie auch die Formalisierung durch Ontologien und regelbasierte Systeme und deren Erweiterung um raumbezogene Aspekte (Nash et al., 2010a, b, c, 2011, 2013) wurden im Rahmen von EU-Projekten untersucht. Ziel ist, dass Maschinen eigenständige Entscheidungen treffen können, z. B. wann und wo wie viel gedüngt werden darf, ein Thema, welches auch immer wieder in den Medien erscheint und im Zusammenhang mit Neufassungen von Düngemittelverordnungen eine wichtige Rolle für den Landwirt spielt (Nash et al., 2011, Nikkilä et al., 2012, 2013).

Der Aufbau von Forschungsdateninfrastrukturen sowie die Integration von Sensorik im Feld (Peets et al., 2016) wird zunehmend wichtiger und steht im gerade startenden EU-Projekt AddFerti – Eine datengetriebene Plattform für die teilflächenspezifische Düngung und Bewässerung (<http://addferti.auf.uni-rostock.de/>) im Fokus.

## SMART FARMING BZW. DIGITAL FARMING

Aktuell etabliert sich *Smart bzw. Digital Farming*. Maschinen und Geräte verarbeiten die Informationen selbstständig, echtzeitnah und treffen teilautonome Entscheidungen. Der Landwirt überwacht und korrigiert gegebenenfalls die Entscheidung. Vorhandene Precision-Technologien, unterstützt durch Sensorik/ Geodaten und Fernerkundung, werden erweitert um mobile und stationäre Robotik, das Internet of Things (IoT) oder die Mensch-Maschine-Kommunikation, das Cloud Computing und die Nutzung künstlicher Intelligenz, um Big Data Analysen zu betreiben (Abbildung 8). Insofern werden in der Landwirtschaft sehr zeitnah generelle Entwicklungen in der Informationstechnik aufgegriffen und adaptiert. Sie tragen zur Optimierung und Transparenz von Produktionsprozessen im landwirtschaftlichen Betrieb bei und unterstützen automatische und autonome Verfahren entlang der kompletten Wertstoffkette.

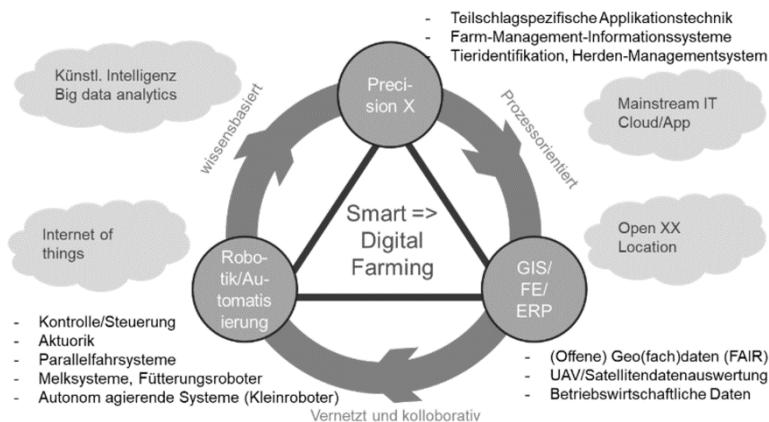


Abbildung 8: Landwirtschaft 4.0 – digital, vernetzt und intelligent

## LANDWIRTSCHAFT 4.0 – CHANCEN UND RISIKEN DER DIGITALISIERUNG

Nachdem wir uns nun die Technikseite intensiver angeschaut haben, wollen wir uns nun mit den Chancen und Risiken der Digitalisierung in der Landwirtschaft auseinandersetzen.

Aus Sicht des Landwirts wird die Automation von Prozessen und Geschäftsmodellen durch das just-in-time Vernetzen digitaler Technik, Informationen und Menschen über die gesamte Wertschöpfungskette zunehmende Bedeutung erfahren. Nach einer Frage der Rentenbank (2018) erachteten 80 % der befragten 401 Landwirte die Digitalisierung in der Landwirtschaft als sinnvoll bzw. sehr sinnvoll. Dies deckt sich auch mit einer Befragung im Auftrag des Digitalverbands Bitkom e.V., unterstützt vom Deutschen Bauernverband (DBV), unter 521 landwirtschaftlichen Betrieben. Daraus ging hervor, dass bereits 53 % und damit mehr als die Hälfte der landwirtschaftlichen Betriebe digitale Lösungen in ihren Betrieben verwenden. Der Großteil der landwirtschaftlichen Betriebe sieht in der Digitalisierung also eher eine Chance als ein Risiko.

Bisher wird die Digitalisierung vor allem von den Landtechnikherstellern vorangetrieben, wodurch zunehmend die Schere zwischen hochproduktiven High-Tech-Maschinen und niedrig automatisierten Verfahrensabläufen sichtbar wird. Prädestiniert für die Umsetzung von Landwirtschaft 4.0 sind in erster Linie die Landwirte selbst, Lohnunternehmer, Berater und auf Landwirtschaft spezialisierte Elektronik- und Softwarehersteller.

*Was spricht nun für die Digitalisierung/Technisierung?* Aus Sicht der Informationstechnik ergibt sich eine einfachere Kommunikation zwischen Landwirtschaft und Verbraucher. Die eingesetzte Technik wird kleiner, intelligenter und effizienter. Aus Sicht der Umwelt lassen sich dadurch Umweltauflagen einfacher erfüllen. Ein schonender Umgang mit den natürlichen Ressourcen und eine umweltfreundlichere angepasste Ausbringung von Düngemitteln und Pestiziden ist möglich. Für den Verbraucher ergibt sich eine transparente Nachverfolgung des landwirtschaftlichen Geschehens (oftmals mit dem Schlagwort „Gläserne Produktion“ versehen), da sämtliche Maßnahmen digital dokumentiert sind. Für die Produktion folgen Mehrwerte durch eine erhöhte Wertschöpfung, bessere Produktqualität, Steigerung der Flächenerträge sowie eine deutliche Verringerung des Produktionsmittelaufwands. Dies führt auch zu Auswirkungen in den vor- und nachgelagerten Wertschöpfungssektoren, so zum Beispiel erleichtert die gläserne Produktion die Einhaltung von Standards und die Vergabe von Umweltlabels.

*Was spricht gegen die Digitalisierung/Technisierung?* Gegen die Digitalisierung lassen sich Argumente anbringen, die wir in allen Bereichen der Digitalisierung

– und damit nicht nur in der Landwirtschaft – sehen. Fragen zur Datensicherheit, zur Datenhoheit und -souveränität, der Abhängigkeit von Netzen und Infrastrukturen bei auch in Deutschland noch immer vorhandenen mangelhaften Breitbandversorgungen auf dem Land, fehlende Standards und Schnittstellen. Die Gefahr, dass sich die Daten auf wenige Großkonzerne konzentrieren, die dann in Serviceleistungen (All-in-one) auch ihre neuen Geschäftsmodelle sehen, besteht.

Die Digitalisierung ist gleichzeitig Treiber der Agrarwende, eventuell zusätzlicher Motor für das Höfesterben und den Verlust an Arbeitsplätzen. Durch Konzentration auf wenige Kulturarten besteht zudem die Gefahr der Verringerung der Agro-Biodiversität. Hohe Investitionskosten bei nicht immer nachgewiesener Wirtschaftlichkeit sowie in bestimmten Applikationen auch die fehlende Praxisreife bzw. die mangelnde Kompatibilität zwischen den Technologien sind weitere Hemmnisfaktoren. Definitiv besteht hier einerseits ein großer Aus- und Weiterbildungsbedarf sowie andererseits eine verstärkte Bewusstseins-schaffung in der Gesellschaft.

## **SPANNUNGSFELD LANDWIRTSCHAFT – MARKT – VERBRAUCHER**

Bisher haben wir das Ganze mehr aus der Sicht des Landwirts oder Technikers betrachtet. Wie sieht der Verbraucher/die Gesellschaft das Thema? Wir alle wollen mit Nahrungsmitteln versorgt werden (Gewährleistung der Ernährungssicherheit), aber bitte unter Beachtung von Tierschutz, Klimaschutz, Bodenschutz, Trinkwasserschutz, Biodiversitätsschutz und vielen anderen Schutzaspekten. Landwirtschaft soll nach Möglichkeit eher nicht sichtbar sein und vor allem keine Auswirkungen auf unsere Umwelt haben. Zudem soll sich der Landwirt mehr als Naturschützer und Landschaftspfleger einbringen und Beiträge zur Entwicklung des ländlichen Raums leisten.

Der Agrar-Atlas (<https://www.boell.de/de/agraratlas>) zeigt, dass kaum etwas von den fast 60 Milliarden Euro, die die EU jährlich für die europäische Landwirtschaft ausgibt, für gesunde Lebensmittel, den Schutz von Umwelt, Klima und Biodiversität oder den Erhalt von kleinen und mittleren Betrieben verwendet wird. Im Gegenteil, von 80 Prozent der Gelder profitieren nur 20 Prozent der Betriebe. Aber der Atlas beweist auch, dass es falsch wäre, die Förderung der

Agrarpolitik einfach abzuschaffen. Denn der Umbau zu einer nachhaltigen und global gerechten Landwirtschaft ist nicht umsonst zu haben.

Das Thünen-Institut hat 2016 im Auftrag des BMEL eine Folgenabschätzung zur Digitalisierung in der Landwirtschaft durchgeführt (Thünen-Institut, 2016):

- Der größte Nutzen wird durch die potenzielle Steigerung der Produktivität sowie durch die Einsparung von Arbeitszeit und Betriebsmitteln gesehen.
- Erhöhte Nachhaltigkeit kann durch den geringeren Einsatz von Dünger, Pflanzenschutzmitteln und Kraftstoff sowie Verbesserungen beim Tierwohl erreicht werden. Die bisher ermittelten Einsparungen bei Dünger, Pflanzenschutzmitteln und Kraftstoff liegen jedoch im niedrigen einstelligen Prozentbereich.
- In den kommenden zehn bis fünfzehn Jahren werden keine Auswirkungen auf die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe und damit auf die Agrarstruktur durch die Digitalisierung erwartet. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass in der Landwirtschaft tendenziell eher Arbeitsplätze verloren gehen, wobei der Rückgang insbesondere im Bereich der niedrig qualifizierten Tätigkeiten erwartet wird. Durch neue Produkte und Dienstleistungen können wiederum Hightech-Arbeitsplätze in der Landtechnikindustrie entstehen.
- Insbesondere für größere Betriebe erscheint der Einsatz digitaler Techniken wirtschaftlich. Auch kleinere Betriebe könnten profitieren, wenn sie Techniken überbetrieblich einsetzen.
- Die Forschungsförderung sollte zum Ziel haben, Innovationen aus dem Bereich der digitalen Agrartechnologien zu fördern, um die Ressourceneffizienz zu steigern.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die digitale Transformation in der Landwirtschaft bietet enorme Chancen und stellt die Landwirtschaft gleichzeitig vor große Herausforderungen. Sie kann einen wesentlichen Beitrag zur Prozessorganisation und Arbeitsteilung leisten. Landwirtschaftliche Betriebe, Lohnunternehmen und Maschinenringe können

die Produktionsverfahren optimieren und effizienter gestalten. Landtechnik-, Pflanzenschutz- und Dünger- sowie Futtermittelhersteller und Landwirtschaftsberater sind in der Lage, ihre Serviceleistungen noch individueller und effizienter zu gestalten. Die Kosten für Produkte, Betriebsmittel und Dienstleistungen können durch den Einsatz digitaler Systeme verringert werden. Dazu kommen positive Begleiteffekte wie eine bessere Rückverfolgbarkeit der Produkte sowie eine umfassendere Prozessdokumentation.

Digitalisierung, Landwirtschaft 4.0 und Big Data führen zu einer Kostensenkung und Effizienzsteigerung der landwirtschaftlichen Produktion. Dadurch wird die Landwirtschaft konkurrenzfähiger und kann dem Wettbewerbsdruck auch auf dem Weltmarkt besser standhalten. Sowohl landwirtschaftliche Familienbetriebe als auch mittelständische und große Betriebe profitieren von der technischen Entwicklung und können nebeneinander existieren (Kunisch, 2017).

Die gesellschaftliche Akzeptanz der Landwirtschaft kann durch Transparenz und Dokumentation, hohe Qualität und akzeptables Preis-Leistungsverhältnis der Nahrungsmittel und ein vielseitiges Angebot (konventionell, ökologisch, vegan, Paleo, „Frei von...“, DiY Food, etc.) an Lebensmitteln erreicht werden.

## LITERATURVERZEICHNIS

Deutscher Bauernverband e. V., Bitkom e. V.: Digitalisierung in der Landwirtschaft (2016)

DLG e. V. [Hrsg.] (2019): DLG-Merkblatt 447 Digitalisierung in der Landwirtschaft, DLG-Ausschuss für Digitalisierung, Arbeitswirtschaft und Prozesstechnik und Prof. Dr. Hans W. Griepentrog, Universität Hohenheim.

Fountas, S., Carli, G., Sørensen, C.G., Tsiropoulos, Z., Cavalaris, C., Vatsanidou, A., Liakos, B., Canavari, M., Wiebensohn, J., Tisserye, B. (2015): Farm management information systems: Current situation and future perspectives. In: Computers and Electronics in Agriculture. Nr. 115, S. 40 - 50.

Grenzdörffer, G. (2001): Konzeption, Entwicklung und Erprobung eines digitalen flugzeuggetragenen Fernerkundungssystems für Precision Farming (PFIFF). Dissertation an der Universität Rostock. DGK Reihe C Heft 552.

Grenzdörffer, G., Bill, R. (Hrsg.): UAV-g 2013: ISPRS Archives. Proceedings der UAV-g. Copernicus

Korduan, P. (2003): Metainformationssysteme für Precision Agriculture. Dissertation an der Universität Rostock.

Kunisch, M. (2017): Digitalisierung, Landwirtschaft 4.0 und Big Data in der Landwirtschaft. Vortrag auf dem ATH Seminar WS 2016/2017, Hohenheim

Morellosa, A., Pantazia, X.-E., Moshou, D., Alexandridis, T., Whetton, R., Tziotziou, G., Wiebensohn, J., Bill, R., Mouazen, A.M (2016): Machine learning based prediction of soil total nitrogen, organic carbon and moisture content by using VIS-NIR spectroscopy. In: Biosystems Engineering. 2016, S. 1 - 13.

Nash, E., Korduan, P., Bill, R. (2009): Applications of open geospatial web services in precision agriculture: a review. Precision Agric (2009) 10:546–560. DOI 10.1007/s11119-009-9134-0

Nash, E., Nikkilä, R., Wiebensohn, J., Walter, K., Bill, R. (2011): Interchange of Geospatial Rules - Towards Georules Interchange Format (GeoRIF)?. In: gis.Science. 24, Nr. 3, S. 82 - 94.

Nash, E., Wiebensohn, J., Nikkilä, R., Pesonen, L., Seilonen, I., Oetzel, K., Kluger, S., Sorensen, C., Fountas, S., Vatsanidou, A. (2010): A service-oriented architecture for knowledge about agricultural production standards: REF165. In: Cemagref (Hrsg.): AgEng 2010 International Conference on Agricultural Engineering: Towards Environmental Technologies.

Nash, E., Wiebensohn, J., Nikkilä, R., Vatsanidou, A., Fountas, S., Bill, R. (2010): Ontology engineering to support assessment of compliance to agricultural production standards: REF166. In: Cemagref (Hrsg.): AgEng 2010 International Conference on Agricultural Engineering: Towards Environmental Technologies. Clermont-Ferrand, 2010.

Nash, E., Wiebensohn, J., Nikkilä, R. (2010): Formal Representation of Agricultural Production Standards. In: Proceedings of the XVIIth World Congress of CIGR 2010. Québec City, Canada, 2010.

Nash, E., Wiebenson, J., Nikkilä, R., Vatsanidou, A., Fountas, S., Bill, R. (2011): Towards automated compliance checking based on a formal representation of agricultural production standards. In: Computers and Electronics in Agriculture. 78 2011, Nr. 1, S. 28 - 37.

Nikkilä, R., Wiebenson, J., Nash, E., Seilonen, I., Koskinen, K. (2012): A service infrastructure for the representation, discovery, distribution and evaluation of agricultural production standards for automated compliance control. In: Computer and Electronics in Agriculture. 80 2012, S. 80 - 88.

Nikkilä, R., Nash, E., Wiebenson, J., Seilonen, I., Koskinen, K. (2013): Spatial inference with an interchangeable rule format. In: International Journal of Geographical Information Science (IJGIS). 27, Nr. 6, S. 1210 - 1226.

Panten, K. (2001): Ein Beitrag zur Fernerkundung der räumlichen Variabilität von Boden- und Bestandesmerkmalen. Dissertation an der Universität Rostock. <http://d-nb.info/996826106/34>

Peets, S., Mouazen, A., Blackburn, K., Kuang, B., Wiebenson, J. (2012): Methods and procedures for automatic collection and management of data acquired from on-the-go sensors with application to on-the-go soil sensors. In: Computer and Electronics in Agriculture. 81 2012, S. 104 - 112.

Rentenbank (2018): Geschäftsbericht. Rentenbank-Befragung „Digital Farming 2018“ Umfrage bei 401 Landwirten

Schmidt, F. (2003): Hochgenaue Digitale Geländemodelle - Untersuchungen zur Erstellung, Analyse und Anwendung in der Landwirtschaft. Dissertation an der Universität Rostock. [http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/schriften/doc/schmidt2003\\_diss.pdf](http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/schriften/doc/schmidt2003_diss.pdf)

Thünen-Institut (2016): Folgenabschätzung Digitalisierung Landwirtschaft

Zacharias, P. (2018): Offene Verwaltungsdaten zur Analyse des Befallspotenzials von Grünlandbeständen mit Schadpflanzen am Beispiel von Kreuzkräutern. In: gis.science.Nr. 1, S. 22-31.